



**PALMA FORRAGEIRA CULTIVADA SOB  
DIFERENTES ESPAÇAMENTOS E ADUBAÇÕES QUÍMICA**

**JOÃO ABEL DA SILVA**

**2012**

**JOÃO ABEL DA SILVA**

**PALMA FORRAGEIRA CULTIVADA SOB  
DIFERENTES ESPAÇAMENTOS E ADUBAÇÕES QUÍMICA**

Tese apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração em Produção de Ruminantes, para obtenção do título de “Doutor”.

Orientador: D.Sc. Paulo Bonomo

Coorientadores:

D.Sc. Aureliano José Vieira Pires

D.Sc. Sérgio Luiz Rodrigues Donato

ITAPETINGA  
BAHIA - BRASIL

2012

H381a Silva, João Abel Da  
Palma forrageira cultivada sob diferentes  
espaçamentos e adubações química / João Abel da  
Silva, 2012.  
78f.: il.; color.  
Orientador (a): Paulo Bonomo.  
Tese(doutorado) – Universidade Estadual  
do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação  
em Zootecnia, 2012.  
Inclui referências bibliográficas.  
1. Plantas forrageiras – Nutrientes digestíveis.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA – UESB**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

*Área de Concentração em Produção de Ruminantes*

*Campus de Itapetinga-BA*

**TERMO DE APROVAÇÃO**

**Título:** “Palma forrageira cultivada sob diferentes espaçamentos e adubações química”

**Autor:** João Abel da Silva

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de **Doutor** em **Zootecnia**, área de concentração em **Produção de Ruminantes**, pela Banca Examinadora:



Prof. Dr. Paulo Bonomo – UESB

Presidente



Prof. Dr. Fabiano Ferreira da Silva – UESB



Prof. Dr. Raul Castro Carrielo Rosa – EMBRAPA



Prof. Dr. Aureliano José Vieira Pires – UESB



Prof. Dr. Sérgio Luiz Rodrigues Donato – IF Baiano *Campus* Guanambi

Data da defesa: 10 de fevereiro de 2012

Aos meus pais Ana Rita Cotrim (Naninha) e Abel Elízio da Silva (Bilim) pelo exemplo de honestidade, dedicação e por terem me proporcionado a companhia de 15 irmãos.

Aos meus irmãos mais velhos, Manoel, Elízia, Osmar, Elina, Antônio, Elcina, Elvira, Abel, Elzira, Eugênia, Gilberto e Paulo, que de diferentes maneiras dedicaram partes de suas vidas ao meu processo de formação.

## **DEDICO**

A todos os produtores que acreditam e buscam no cultivo da palma forrageira mais uma alternativa de vencer as limitações impostas pela seca e manter os seus rebanhos vivos e produtivos.

## **OFEREÇO**

## AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Paulo Bonomo pela orientação, confiança, amizade e toda ajuda dedicada.
- Ao Prof. Sergio Luiz Rodrigues Donato pela coorientação, presteza, esforço e exemplo de dedicação sempre presente em todos os seus trabalhos.
- Ao Prof. Aureliano José Vieira Pires pela coorientação e toda ajuda disponibilizada.
- À amiga e colega Professora Aureluci Alves de Aquino pela disponibilidade para inúmeras ajudas e pela qualidade dos seus trabalhos.
- À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – Campus Itapetinga, em especial aos professores do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pela oportunidade da realização do Curso de Doutorado.
- À EPAMIG (Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais/Centro Tecnológico do Norte de Minas) pela realização das análises laboratoriais, nas pessoas de Polyanna Mara de Oliveira (Chefe da Unidade Epamig Norte de Minas), Mauricio Gomes Cardoso (Chefe do Laboratório de Solos) e Marina de Jesus Soares (Secretaria do Laboratório de Solos).
- Ao Laboratório de Solos da UESB – Campus Vitória da Conquista, na pessoa do Professor Carlos Henrique Farias de Amorim, pela realização das análises de solo.
- Ao Instituto Federal Baiano – *Campus* Guanambi, na pessoa do Professor Carlos Elízio Cotrim e demais diretores que viabilizaram a realização desse projeto.
- Aos companheiros de viagem Paulo Emilio, Maria do Socorro e Mariana pelo exemplo de compromisso e descontração que conseguiam transformar um viagem de 800 Km em dois curtos momento de humor, repetido semanalmente durante quase 3 anos.
- Ao colega professor e fazendeiro Paulo Emilio pelo fornecimento de parte dos cladódios para plantio.
- Aos meus irmãos mais novos, Carlos, Elízio e Edilma pela companhia na caminhada acadêmica e pelo incentivo.
- À minha sobrinha Paula Patrícia pelas constante ajudas com informática.
- Ao colega Ancilon Araújo Junior (Coordenador Geral de Produção e Pesquisa) pela presteza e boa vontade que atendia as nossa solicitações.
- Ao Professor Fabiano Ferreira da Silva por sempre apresentar-se bem humorado, passar confiança e acreditar na nossa dedicação.
- Aos senhores Antonio Meira, Renato, Zé de Delício, Negão, Zezão, Branco, Eldinho, Adalberto, Souza, Bui, Nô, Quinca, Tobias e todos aqueles que contribuíram com atividades de preparo do solo, plantio, tratos culturais e colheita do experimento.
- A Fagner Araujo, Benedilson Trindade, Benevaldo Trindade e meu filho Murillo Cotrim, pelas inúmeras ajudas nas coletas de dados.
- A minha filha Isadora e meu filho Murillo Cotrim pelo incentivo e atenção em sempre saber coma andava cada etapa do doutorado.
- Ao meu cunhado Gileno Pereira Cotrim pela confiança, incentivo, colaboração e constante acompanhamento durante a nossa graduação.
- Em especial à Ivanice de Fátima, esposa e companheira, pela incentivo, confiança e tolerância com a minha constante ausência durante a construção desse projeto e pela retirada de espinhos apos os levantamentos.
- Enfim, a todos aqueles que contribuíram de alguma forma para o êxito deste trabalho, seja pela ajuda direta ou por uma palavra de incentivo e amizade.

Muito obrigado!

## RESUMO

SILVA, J.A. **Palma forrageira cultivada sob diferentes espaçamentos e adubações química.** Itapetinga-BA: UESB, 2011. 87 f. (Tese – Doutorado em Zootecnia, Área de Concentração em Produção de Ruminantes).\*

Objetivou-se com o presente estudo avaliar crescimento, produção, teores de nutrientes em cladódios e composição bromatológica da palma forrageira cultivada sob diferentes espaçamentos e adubações química. O experimento foi conduzido sobre Latossolo Vermelho-Amarelo no Sudoeste Baiano, município de Guanambi, entre setembro de 2009 e maio de 2011. Adotou-se delineamento em blocos casualizados, com 12 tratamentos e três repetições, em esquema fatorial 3x4: três espaçamentos: 1,00 x 0,50 m; 2,00 x 0,25 m e 3,00 x 1,00 x 0,25 m) e quatro adubações química: (000,000,000; 200,150,100; 200,150,000 e 000,150,000 kg ha<sup>-1</sup> N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O.). Procederam-se as seguintes avaliações: crescimento entre 90 e 390 dias após o plantio (DAP), produção e crescimento aos 620 DAP; teores de nutrientes em cladódios aos 390 e 620 DAP, e, também características bromatológicas na colheita. Para teores em cladódios avaliados: Nitrogênio, fósforo, potássio, enxofre, cálcio, magnésio, boro, ferro, manganês, zinco, sódio e cobre foram constatadas as respectivas médias 1,25; 0,08; 2,51; 0,30; 1,75; 0,77 (dag kg<sup>-1</sup>) e 15,82; 12,22; 37,88; 444,02; 42,36; 40,21 (mg kg<sup>-1</sup>) aos 390 DAP. 1,75; 0,12; 2,49; 0,37; 2,68; 1,25 (dag kg<sup>-1</sup>) e 22,43; 4,55; 45,20; 1.354,28; 65,37; 40,44 (mg.kg<sup>-1</sup>) aos 620 DAP. No estudo bromatológico determinou-se em g kg<sup>-1</sup>: matéria seca 82,3; proteína 97,4; nitrogênio total 15,6; fibra em detergente neutro 318,8; fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína 291,6; fibra em detergente ácido 177,6; hemicelulose 141,2; celulose 157,2; lignina 20,8; matéria mineral 131,3; extrato etéreo 28,6; nitrogênio insolúvel em detergente ácido 1,3; nitrogênio insolúvel em detergente neutro 3,2. Frações dos nitrogenados: nitrogênio não protéico 153,2; proteína verdadeira de degradação rápida e intermediária 624,9; proteína verdadeira de degradação lenta 133,3. Frações de carboidratos: carboidratos totais 742,4; carboidratos não-fibrosos 606,7; fibra disponível 325,8 e fibra indigerível 67,5. Avaliando crescimento e produção, altura da planta, número médio de cladódios e índice de área de cladódios foram dependentes de espaçamento e adubação dos 90 aos 390. Aos 620 DAP houve interação para produção de matéria verde e seca e diferença a P(<0,05) para número de cladódios, áreas e índice de área de cladódios. As adubações com NPK e NP, em espaçamento de 1,0 x 0,5 m, aumentam a produção de matéria seca. Para teores de nutrientes em cladódios, não ocorreram interações entre as adubações e espaçamentos. Adubações com NPK e NP reduzem teores de Ca e Na e aumentam teores de N, P, S e Mn. Adubação com NP reduz teor de K e adubação contendo P promove aumento no teor desse nutriente. As extrações de potássio e nitrogênio foram maiores do que as quantidades adicionadas via adubações testadas e as adubações promoveram aumentos em teores de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo. Plantas mais uniformemente distribuídas apresentam menores teores de matéria mineral, maiores teores de matéria orgânica e carboidratos. A adição de adubo com NPK e NP promoveram redução no nitrogênio insolúvel em relação a nitrogênio total, aumentaram o teor de nitrogênio total e proteína resultando em melhor qualidade nutricional da palma.

**Palavras chave:** *Opuntia*, cactácea, fertilização, nutrientes digestíveis .

---

\* Orientador: Paulo Bonomo, D.Sc. – UESB e Coorientadores: Aureliano José Vieira Pires, D.Sc. – UESB e Sérgio Luiz Rodrigues Donato, D.Sc. – IF Baiano, *Campus* Guanambi.

## ABSTRACT

SILVA, J.A. Forage cactus grown under different spacings and chemical fertilizers. Itapetinga-BA: UESB, 2011. 87 s. (Thesis - Doctor Degree in Animal Science, Area of Concentration in Ruminant Production). \*

The objective of this study was to evaluate growth, yield, nutrient contents in cladodes and bromatological composition of forage cactus grown under different spacings and chemical fertilizers. The experiment was led on Red-Yellow Latoground in the Southwest of Bahia, city of Guanambi, along September 2009 and May 2011. It was adopted a randomized block design with twelve treatments and three repetitions, in a 3x4 factorial design: three spacings: 1.00 x 0.50 m, 2.00 x 0.25 m and 3.00 x 1.00 x 0.25 m) and four chemical fertilizers: (000-000-000, 200-150-100, 200-150-000 and 000-150-000 kg.ha<sup>-1</sup> N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O). The following ratings were carried out: growth between 90 and 390 days after planting, production and growth at 620 (DAP); levels of nutrients in cladodes at 390 and 620 days after planting (DAP) and chemical characteristics at harvest. For concentrations in cladodes evaluated: Nitrogen, phosphorus, potassium, sulfur, calcium, magnesium, boron, iron, manganese, zinc, sodium and copper were determined the following averages: 1.25, 0.08, 2.51, 0.30, 1.75, 0.77 (dag.kg<sup>-1</sup>) and 15.82, 12.22, 37.88, 444.02, 42.36, 40.21 (mg.kg<sup>-1</sup>) to 390 DAP. 1.75, 0.12, 2.49, 0.37, 2.68, 1.25 (dag.kg<sup>-1</sup>), 22.43, 04.55, 45.20, 1354.28; 65.37 ; 40.44 (mg.kg<sup>-1</sup>) at 620 DAP. In the bromatological study, it was determined in g kg<sup>-1</sup>: dry matter 82.3, protein 97.4, total nitrogen 15.6, fiber in neutral detergent 318.8, fiber in neutral detergent corrected for ash and protein 291.6; fiber in acid detergent 177.6, hemicellulose 141.2, cellulose 157.2, lignin 20.8, mineral matter 131.3; ether extract 28.6, insoluble nitrogen in acid detergent 1.3, insoluble nitrogen in neutral detergent 3.2 . Fractions of nitrogen: non proteinical nitrogen 153.2; true protein of rapid and intermediate degradation 624.9; true protein of slow degradable 133.3. Carbohydrate fractions: total carbohydrates 742.4, non-fibrous carbohydrates 606.7, fiber available 325.8 and indigestible fiber 67.5. Assessing growth and production, plant height, average number of cladodes and cladode area index were dependent of spacing and fertilizers from 90 to 390. At 620 DAP there was an interaction for the production of green and dry matter and difference P (<0.05) for number of cladodes, areas and cladode area index. The fertilizations with NPK and NP, in spacings of 1.0 x 0.5 m, increase dry matter production. For nutrient contents in cladodes, there were no interactions between fertilizations and spacings. Fertilizations with NPK and NP reduce Ca and Na and increase levels of N, P, S and Mn. Fertilization with NP reduces concentration of K and fertilization containing P promotes an increase in the content of this nutrient. The extractions of potassium and nitrogen were higher than the amounts added via tested fertilizations and fertilization promoted significant increases in levels of nutrients, especially nitrogen and phosphorus. More evenly distributed plants have lower levels of mineral matter, higher levels of organic matter and carbohydrates. The addition of fertilizer with NP and NPK promoted a reduction in insoluble nitrogen in relation to the total nitrogen, it increased the content of total nitrogen and protein resulting in a better nutritional quality of the palm.

Keywords: *Opuntia*, cactus, fertilization, digestible nutrients.

\* Adviser: Paulo Bonomo, D.Sc. – UESB e Co-Advisers: Aureliano José Vieira Pires, D.Sc. – UESB and Sérgio Luiz Rodrigues Donato, D.Sc. – IF Baiano, *Campus Guanambi*.



## LISTA DE FIGURAS

	Página
<b>Figura 2.1</b> - Precipitação e umidade relativa, durante o período de 2009 a 2011	36
<b>Figura 2.2</b> - Altura média da planta de palma em função de dias após o plantio	41
<b>Figura 2.3</b> - Número de cladódios e índice de área de cladódios de palma forrageira submetida a diferentes espaçamentos (A e C) e adubações N-P-K (B e D), em função de dias após o plantio.....	42
<b>Figura 4.1</b> - Precipitação e umidade relativa, durante o período de 2009 a 2011	73

## LISTA DE TABELAS

	Página
<b>Tabela 2.1</b> - Características morfométricas médias avaliadas entre 90 e 390 dias após o plantio, em palma forrageira submetida a diferentes espaçamentos e adubações química.....	39
<b>Tabela 2.2</b> - Características morfométricas médias avaliadas aos 620 dias após o plantio, em palma forrageira submetida a diferentes espaçamentos e adubações química.....	44
<b>Tabela 2.3</b> - Produção de massa verde e de matéria seca ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ), avaliada aos 620 dias após o plantio, em cultura de palma forrageira submetida a diferentes espaçamentos e adubações química.....	45
<b>Tabela 3.1</b> - Médias dos teores de macronutrientes ( $\text{dag kg}^{-1}$ ), aos 390 dias após o plantio, cultivada sob diferentes espaçamentos e adubações química.....	56
<b>Tabela 3.2</b> - Médias dos teores de macronutrientes ( $\text{dag kg}^{-1}$ ), aos 620 dias após o plantio, em tecido de cladódios de palma forrageira cultivada sob diferentes espaçamentos e adubações química.....	56
<b>Tabela 3.3</b> - Médias dos teores de cobre ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) e cálcio ( $\text{dag kg}^{-1}$ ), aos 620 dias após o plantio, em tecido de cladódios de palma forrageira cultivada sob diferentes espaçamentos e adubações química.....	62
<b>Tabela 3.4</b> - Médias dos teores de micronutrientes ( $\text{mg kg}^{-1}$ ), aos 390 após o plantio, em tecido de cladódios de palma forrageira cultivada sob diferentes espaçamentos e adubações química.....	64
<b>Tabela 3.5</b> - Médias dos teores de micronutrientes ( $\text{mg kg}^{-1}$ ), aos 620 após o plantio, em tecido de cladódios de palma forrageira cultivada sob diferentes espaçamentos e adubações química.....	64

<b>Tabela 3.6 -</b>	Médias gerais dos teores de macronutrientes ( $\text{dag kg}^{-1}$ ), micronutrientes ( $\text{mg kg}^{-1}$ ), variação percentual, VM, (%), avaliadas aos 390 e 620 dias após o plantio (DAP), e extração média ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) na colheita, em cladódios de palma forrageira cultivada sob diferentes espaçamentos e adubações química.....	66
<b>Tabela 4.1 -</b>	Teores médios ( $\text{g kg}^{-1}$ ) de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) fibra em detergente ácido (FDA), carboidratos totais (CHT), nitrogênio insolúvel em detergente neutro ( $\text{NIDN}_{\text{NT}}$ ) nitrogênio insolúvel em detergente ácido ( $\text{NIDA}_{\text{MS}}$ ), carboidratos não fibrosos ( $A + B1_{\text{CHTMS}}$ ), nitrogênio total (NT), proteína verdadeira de degradação enzimática rápida e intermediária ( $B1 + B2_{\text{PB}}$ ), proteína verdadeira que apresenta degradação enzimática lenta (B3), matéria orgânica (MO), cinzas (CIN), em tecidos da palma forrageira cultivada sob diferentes espaçamentos e adubações química aos 620 dias após o plantio...	78
<b>Tabela 4.2 -</b>	Teores de médios ( $\text{g kg}^{-1}$ ) de extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína ( $\text{FDN}_{\text{cp}}$ ), celulose (CEL), lignina (LIG), carboidratos não fibrosos ( $A + B1$ ), fibra disponível (B2) e fibra indisponível (C) em tecidos da palma forrageira cultivada sob diferentes espaçamentos e adubações aos 620 dias após o plantio.	82
<b>Tabela 4.3 -</b>	Teores médios de hemicelulose (HEM), nitrogênio insolúvel em detergente neutro em percentagem da matéria seca ( $\text{NIDN}_{\text{MS}}$ ) e nitrogênio não protéico ( $A_{\text{NNP}}$ ), em tecidos de cladódios de palma forrageira cultivada sob diferentes espaçamentos e adubações química, aos 620 dias após o plantio.....	84

## SUMÁRIO

	Página
<b>1. Introdução.....</b>	10
<b>CAPÍTULO 1</b>	
<b>1. Revisão de literatura.....</b>	13
1.1 - Origem e distribuição geográfica.....	13
1.2 - Características botânica.....	14
1.3 - Clima e solo.....	16
1.4 - Plantio.....	18
1.4.1 - Espaçamento.....	20
1.4.2 - Adubação.....	21
1.5 - Pragas e doenças.....	23
1.6 - Tratos culturais.....	23
1.7 - Composição e uso.....	24
<b>2. Referências bibliográficas.....</b>	27
<b>CAPÍTULO 2</b>	
<b>Produtividade e crescimento vegetativo da palma forrageira em diferentes espaçamentos e adubações química .....</b>	33
<b>1. Introdução.....</b>	34
<b>2. Material e Métodos.....</b>	35
<b>3. Resultados e Discussão.....</b>	38
<b>4. Conclusões.....</b>	47
<b>5. Referências Bibliográficas.....</b>	48
<b>CAPÍTULO 3</b>	
<b>Composição mineral em cladódios de palma forrageira sob diferentes espaçamentos e adubações química .....</b>	51
<b>1. Introdução.....</b>	52
<b>2. Material e Métodos.....</b>	53
<b>3. Resultados e Discussão.....</b>	56
<b>4. Conclusões.....</b>	67
<b>5. Referências Bibliográficas.....</b>	68
<b>CAPÍTULO 4</b>	
<b>Composição bromatológica da palma forrageira cultivada em diferentes espaçamentos e adubações química.....</b>	71
<b>1. Introdução.....</b>	72
<b>2. Material e Métodos.....</b>	73
<b>3. Resultados e Discussão.....</b>	76
<b>4. Conclusões.....</b>	85
<b>5. Referências Bibliográficas.....</b>	86

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a faixa territorial considerada como semiárido, abrange uma área de 969.589,4 km<sup>2</sup>, representando 11,39% do território brasileiro e 60% da região Nordeste (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO, 2005). Esta área é caracterizada por apresentar solos rasos de média a alta fertilidade, escassez e irregularidade das chuvas, que causam severos danos à economia regional com custos sociais elevados. O semiárido brasileiro também se estende por Minas Gerais 11% e Espírito Santo 2,5%. É um dos maiores e mais populosos do mundo. Vivem nesta região mais de 20 milhões de pessoas, sendo cerca de 8 milhões em área rural.

O total de chuvas anual no semiárido, dependendo da localidade, situa-se entre 450 e 800 mm, sendo a grande maioria próxima do limite superior, com média em torno dos 750 mm, concentrados entre três a cinco meses seguido por uma estação seca que dura de sete a nove meses. Nos anos mais secos é comum chover menos de 200 mm. Essas condições adversas limitam as atividades agrícolas e tornam a pecuária uma das principais atividades desenvolvidas na região Nordeste do Brasil, com destaque para os rebanhos bovino, ovino e caprino, que no geral são criados extensivamente, alimentando-se da vegetação nativa e apresentando baixos índices de produtividade.

A sazonalidade na produção de forragem, com abundância de alimentos na época chuvosa e escassez no período seco, torna-se um dos grandes entraves ao sucesso da atividade pecuária. Várias alternativas de alimentação suplementar têm sido utilizadas no intuito de minimizar esses danos. Porém, muitas vezes essas tecnologias esbarram em empecilhos não só financeiros como também naturais, por exemplo, a pouca disponibilidade de água nas propriedades agrícolas para suprir a produção de forragens como cana e capins de corte, que obrigatoriamente requerem irrigação.

A alimentação animal é responsável por grande parte dos custos (60 a 70%) da atividade pecuária com ruminantes, sejam esses animais confinados ou criados extensivamente, principalmente quando se utilizam fontes alimentares que têm custo elevado (Martins et al., 2000). De acordo com Oliveira et al. (2010) nesta área, é preciso valorizar as plantas forrageiras que melhor se adaptem às suas condições climáticas. O futuro desses ecossistemas depende do manejo sustentável de sistemas agrícolas fundamentados no uso de cultivos adaptados às suas condições. A geração de tecnologias capazes de contribuir para o processo de transformação desta realidade passa necessariamente pela exploração de culturas mais apropriadas a suportarem as condições

de falta de água, altas temperaturas, solos de baixa fertilidade, que exijam poucos insumos, sejam de fácil manejo no plantio e que forneçam alimento e forragem para a agricultura de subsistência. Esse fato impulsiona e justifica a realização de pesquisas com o objetivo de encontrar fontes alternativas para viabilizar o desenvolvimento de tais localidades.

Devido às suas características morfofisiológicas, a palma forrageira é uma cultura bastante adaptada às condições adversas do semiárido do Nordeste do Brasil, principalmente no que concerne à distribuição irregular das chuvas. Nas duas últimas décadas, o interesse pelo cultivo e o conhecimento dessa forrageira têm crescido muito por parte dos produtores rurais, notadamente aqueles que estão envolvidos com a pecuária leiteira. Em várias bacias leiteiras, a palma deixou de ser uma forrageira estratégica para ter uso rotineiro durante o período da estiagem (Santos et al., 2000). A constância no aparecimento de anos secos faz da palma forrageira um alimento classificado como estratégico para esses períodos, quando o crescimento de outras forrageiras é limitado pelo baixo índice pluviométrico (Cavalcante, 2007). De acordo com Moraes & Vasconcelos (2007), essa planta se destaca como um volumoso suculento muito importante para os rebanhos, especialmente nos períodos de secas prolongadas.

É inegável o potencial significativo da cultura de palma para contribuir no desenvolvimento das zonas áridas e semiáridas, sobretudo, nos países em desenvolvimento, onde a exploração racional e econômica de suas espécies ajudará na conservação do meio ambiente e segurança alimentar dos rebanhos (Chiacchio et al., 2006). A palma forrageira é a opção de cultura xerófila com maior potencial de exploração no Nordeste, constituindo-se em importante recurso forrageiro nos períodos de estiagens, devido ao seu elevado potencial de produção de fitomassa nas condições do semiárido. Destaca-se por ser cultura de elevado valor nutritivo, rústica, resistente à seca, com elevada eficiência de uso de água e amplamente incorporada ao processo produtivo da região (Guimarães Filho et al., 1995).

A razão do maior interesse nas *Opuntias* e, em particular, na *Opuntia ficus-indica* é a importante função que elas podem ter no sucesso dos sistemas de agricultura sustentável em zonas áridas e semi-áridas. Isso se deve a seu alto grau de resistência à seca, às altas temperaturas, a sua adaptabilidade a solos pouco férteis, a sua alta produtividade decorrente de sua elevada eficiência no uso da água. Na medida em que a palma forrageira requer pouca água e energia, adquire uma relevância importante, não apenas em regiões que sofrem de problemas ambientais e de falta de recursos, mas também em áreas

desenvolvidas que se interessam em sistemas de produção intensiva com reduzido impacto ambiental (Barbera, 1995).

A importância da palma é hoje reconhecida por quase a totalidade dos pecuaristas do semiárido. A percepção dessa importância varia no tempo, em função da frequência e da extensão dos períodos de estiagem. Nos casos mais críticos, em que as secas se estendem por mais tempo, a disponibilidade da planta passa a marcar a diferença entre os produtores que podem sobreviver com seus rebanhos de forma própria e aqueles que dependem da palma ou outras forrageiras de terceiros para a manutenção da produção e sobrevivência do rebanho. Segundo Inglese et al. (1995), a palma forrageira é a cactácea de maior importância econômica no mundo, sendo cultivada em todos os continentes, é uma planta de usos múltiplos em diferentes países, como forragem, fruta, verdura, cercas vivas, controle de erosão e conservação de solos, paisagismo, produção de corantes. No Brasil, o uso como forragem é o mais importante.

O Brasil tem hoje a maior área plantada com palma do mundo, cerca de 600 mil hectares, a maioria cultivada com a espécie *Opuntia ficus-indica*, mais conhecida como palma 'Gigante', porém, a produtividade é baixa, cerca de 40 t ha<sup>-1</sup>. No México, país de origem da espécie, os agricultores conseguem colher até 400 toneladas, ou seja, dez vezes mais (Marconato, 2008). Em relação a esta realidade, por falta de informações e ou por falta de acesso a recursos para investimentos, ainda são relativamente poucos os produtores que cultivam a palma nos moldes tecnológicos de forma a obter um melhor rendimento. A situação típica presente no campo, principalmente entre os produtores de menos recursos, caracteriza-se por plantios feitos nos piores locais da propriedade; em solo sem preparo, sem respeitar alinhamento ou espaçamento regular entre plantas, e muitas vezes os tratamentos culturais são resumidos a simples capina ou roçagem das plantas daninhas apenas próximo à colheita. Preparo do solo, controle de pragas e adubação, são inexistentes na maioria das propriedades, resultando em baixas produtividades (DATAMETRICA, 2004).

Os sistemas de exploração da cultura de palma são influenciados por diversos fatores, tais como: condições climáticas, qualidade do solo, tamanho da propriedade, oferta de mão-de-obra, assistência técnica, possibilidade de mecanização, custos de aquisição de insumos, disponibilidade de adubo orgânico, níveis e fontes dos adubos, pragas e doenças, cultivo consorciado ou solteiro e espaçamento utilizado, dentre outros (Dubeux Júnior & Santos, 2005; Farias et al., 2005). O espaçamento tem sido pesquisado com a finalidade de se encontrar a distância entre linhas e plantas que se ajuste melhor aos sistemas de produção adotados pelo produtor. A adubação e espaçamento da palma forrageira, como

estratégia de manejo, são pontos importantes no estabelecimento da cultura, por interferirem na disponibilidade de nutrientes no solo, na arquitetura da planta, na interceptação da radiação, incidência de pragas, processo de colheita etc. Decorrente disso é de se esperar maior crescimento e incremento nas taxas fotossintéticas e no status nutricional da palma o que provavelmente resultará em alterações na sua composição nutricional e no rendimento da cultura, a depender, logicamente de outros fatores como a fertilidade e tipo de solo, quantidade de chuvas, objetivos da exploração e com o consórcio se for o caso. Chiacchio et al. (2006) acreditam na grande diversidade de usos e aplicações desta cultura, que embora seja utilizada na alimentação animal, o seu aproveitamento é aquém do seu enorme potencial de contribuir para melhoria dos índices sociais e econômicos, criando emprego, renda, produção de alimentos e preservação ambiental, aproveitando assim, melhor o semiárido baiano com seus 360 mil km<sup>2</sup> (64% do território estadual). Objetivou-se com este estudo avaliar os efeitos da adubação química e dos diferentes espaçamentos no cultivo da palma forrageira cv Gigante *Opuntia ficus-indica*.

## CAPÍTULO I

### 1. REVISÃO DE LITERATURA

#### 1.1. Origem e distribuição geográfica

A palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill) é uma espécie de múltiplos usos, nativa do México, país que detém a maior riqueza de cultivares (Reyes-Aguero et al., 2005). Originalmente cultivada somente no continente Americano, encontra-se atualmente distribuída em todo o mundo, desde o Canadá (latitude 59°N) à Argentina (latitude 52°S), do nível do mar aos 5.100 m de altitude no Peru. Sabe-se que desde 1520 as *opuntias* mexicanas foram levadas para a Europa, de onde se dispersaram, a partir do Mediterrâneo, para a África, Ásia e Oceania (Hoffmenn, 2001). As plantas do gênero *opuntias* são encontradas na forma nativa, desde abaixo do nível do mar nos desertos da Califórnia, até as regiões montanhosas do Peru a mais de 4.700 m; desde regiões tropicais do México, onde as temperaturas estão sempre acima de 5 °C (41 °F), a regiões do Canadá, que apresentam temperaturas de até -40 °C (-104 °F) no inverno (Goldstein & Nobel, 1991). A palma forrageira foi introduzida no Brasil por volta de 1880, em Pernambuco, através de sementes vindas do Texas, nos Estados Unidos (DATAMETRICA, 2004).

O cultivo da palma no Nordeste brasileiro, com a finalidade forrageira, começou no início do século XX, o mesmo acontecendo nas regiões áridas e semiáridas dos Estados Unidos, África e Austrália (Teixeira et al., 1999). Para Barbera, (1995) é difícil encontrar uma planta tão distribuída e explorada, sobretudo em zonas áridas e semiáridas com economia de subsistência, que pela falta de recursos naturais e produtivos, forçam os agricultores e criadores (geralmente de animais de pequeno porte) a dar atenção a essas espécies, que podem aí sobreviver e produzir com rentabilidade. Assim, as *opuntias* se converteram numa fonte inesgotável de produtos e funções, inicialmente como uma planta selvagem e posteriormente como uma planta cultivada.

## 1.2. Características botânica

A palma forrageira pertence à divisão: Embryophyta, subdivisão: Angiospermea, classe: Dicotyledoneae, sub-classe: Archiclamideae, ordem: Opuntiales e família das cactáceas (Silva & Santos, 2006). Essa família possui cerca de 130 gêneros e 1.500 espécies, das quais 300 pertencem ao gênero *Opuntia* Mill (Mohamed-Yasseen et al., 1996). Todavia nos gêneros *Opuntia* e *Nopalea*, estão presentes às espécies de palma mais utilizadas como forrageiras. Existem três espécies de palma encontradas no Nordeste brasileiro, a palma 'Redonda' (*Opuntia* sp.), a palma 'Miúda' (*Nopalea cochenilifera*) e a palma 'Gigante' (*Opuntia ficus-indica*), esta a mais cultivada. São plantas de porte bem desenvolvido, formato arborescente com 3-5 m de altura pouco frondoso, também é conhecido como: palma-graúda, palma-da-índia, palma-grande, palma-santa, palma-azedo, figo-da-índia, figueira-da-barbaria, figueira-da-índia, figueira-do-inferno, figueira-moura e tuna-de-castilha.

A palma possui cladódios obovalados com 30-60 cm de comprimento, 20-40 cm de largura e 19-28 mm de espessura, verde escuro, cobertos com uma camada de cera. As aréolas estão dispostas em 8-9 séries espirais, piriformes, os espinhos são quase ausentes, raramente um em poucas aréolas, aproximadamente com 1 cm de comprimento e cor cinza, translúcidos. As flores são da cor laranja ou amarela, a fruta é doce, suculenta, comestível, com 5-10 cm de comprimento e 4-8 cm de largura, piriforme, ligeiramente curvada, amarela, laranja, vermelha ou púrpura com muita polpa e uma casca fina. As sementes vão de ovaladas a discóides com 3-4 mm de diâmetro (Scheinvar, 1995).

O sistema radícula da palma forrageira de acordo com Sampaio (2005) é formado por uma rede de raízes finas próximas a camada superficial do solo com até 20 cm de



profundidade, adaptadas para absorver a água de chuvas leves e até do orvalho. Também apresentam morte e renovação de um percentual das raízes, conforme a falta de água por períodos mais prolongados e o retorno da umidade ao solo. Em trabalho de avaliação radicular, Oliveira (2008) confirma que independente dos espaçamentos e das doses de superfosfato simples utilizadas, a maior concentração de raízes da palma forrageira ocorreu na camada superficial do solo. Snyman (2006) observou que a maior concentração de raízes ocorreu nos primeiros 10-15 cm do solo e que no primeiro ano de plantio se espalham superficialmente e horizontalmente, podendo atingir 1,5 m a 1,8 m da planta. O sistema radicular depende do tipo de solo e do manejo da plantação, desenvolve raiz estendida, que penetra no máximo 30 cm e sob condições de seca desenvolvem raízes laterais a partir da raiz principal para, dessa maneira, absorver água em níveis baixos. No geral a massa de raízes absorventes se encontra nos primeiros centímetros de profundidade (Hills, 1995).

A palma como boa parte das plantas xerófilas e de ambientes semiáridos a desérticos, apresenta o metabolismo ácido crassuláceo, conhecido como mecanismo fotossintético CAM. As plantas que representam esse grupo têm como características marcantes, relacionadas ao processo fotossintético, a ausência de folhas e o aparelho fotossintético localizado no caule (cladódios ou raquetes). O cladódio é dominado por um tipo de célula chamada parênquima, que apresenta coloração esbranquiçada e possui o mais alto conteúdo de líquido. Acima do parênquima e abaixo da epiderme há o colênquima, com cerca de 0,5 cm de espessura, que é esverdeado e contém os cloroplastos onde ocorre a fotossíntese. Na medida em que vai havendo perda de água, o parênquima vai secando, enquanto a hidratação é mantida no colênquima sem prejudicar a função fotossintética (Arruda et al., 2005). Outra grande diferença entre estas e as plantas C<sub>4</sub>, está no processo de fechamento dos estômatos durante o período diurno com a função de evitar a perda excessiva de água, e a abertura durante o período noturno. Assim, as plantas CAM absorvem CO<sub>2</sub> durante a noite, transformando em ácidos orgânicos, onde se decompõe e liberam no dia seguinte o CO<sub>2</sub> que é assimilado pelo ciclo de carbono (Taiz & Zeiger, 2009).

As plantas CAM são em geral plantas suculentas, com parênquima e vacúolos grandes, estocando água. Algumas são CAM obrigatórias, funcionando sempre com este mecanismo, enquanto outras como *Ananas comosus*, *Agave sisalana*, *Opuntia ficus-indica* e espécies das famílias Bromeliaceae e Orchidaceae desenvolvem-se com a via C<sub>3</sub>, porém sob estímulo de falta de água, salinidade, fotoperíodo ou termoperíodo, passam a

apresentar o comportamento CAM. Algumas plantas CAM, quando são bem hidratadas, podem mudar para o modo C<sub>3</sub>, abrindo seus estômatos e fixando CO<sub>2</sub> durante o dia, via rubisco (Taiz & Zeiger, 2009). O comportamento CAM não permite uma grande acumulação de matéria seca, porém economiza água, podendo então ser considerado como a única via fotossintética que confere adaptação à seca (Osmond & Holtum, 1981). Durante o dia, economizam água com os estômatos fechados, pois já assimilaram o CO<sub>2</sub>, e então descarboxilam estes ácidos orgânicos pelas mesmas vias de descarboxilação C<sub>4</sub>, fornecendo o CO<sub>2</sub> para o ciclo de Benson-Calvin que depende da energia luminosa. Essas plantas podem permanecer longos períodos, de 100 a 200 dias sem abrir os estômatos durante o dia, economizando água, porém com baixo acúmulo de matéria seca (Osmond & Holtum, 1981). Para a economia de água, além dessa vantagem, as plantas CAM têm uma densidade estomática (em torno de 2.500 estômatos cm<sup>-2</sup>) dez vezes menor que plantas C<sub>3</sub> (em torno de 20.000 estômatos cm<sup>-2</sup>) (Osmond & Holtum, 1981). Em geral uma planta com metabolismo ácido crassuláceo (CAM), durante os processos metabólicos, perde 50 a 100 g de água para cada grama de CO<sub>2</sub> obtido, comparando com valores de 250 a 300 g para plantas C<sub>4</sub> e 400 a 500 g para plantas C<sub>3</sub>. As plantas CAM possuem assim, vantagens competitivas em ambientes secos (Taiz & Zeiger, 2009).

### **1.3. Clima e solo**

A palma forrageira é uma cactácea, resistente e com capacidade de adaptação às condições adversas de clima e solo; sendo particularmente apropriada a regiões sujeitas à secas, onde a simples subsistência torna-se impossível para a grande maioria das espécies produtivas. Sua capacidade ímpar de, sob certas condições de temperatura, transformar umidade escassa em matéria seca, com maior eficiência que qualquer outra espécie vegetal conhecida, confere-lhe parte de sua grande importância econômica (DATAMÉTRICA, 2004). As condições climáticas são fatores determinantes no crescimento e desenvolvimento da palma forrageira. Em vários trabalhos existem correlação significativa entre a variável temperatura, produção e absorção de nutrientes.

O cultivo da palma em locais de noites quentes e secas, resulta em aumento na perda de água pela cultura, prejudicando o bom desenvolvimento (Sampaio, 2005). Segundo o mesmo autor, 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. A temperatura influencia todas as reações bioquímicas e, portanto, influencia a captação

atmosférica do CO<sub>2</sub> que tem o seu máximo diário quando a temperatura do ar dia/noite é de 25 °C/15 °C; a 10 °C/5 °C a captação atmosférica do CO<sub>2</sub> se reduz em apenas 18% em relação a seu valor máximo. Quando as temperaturas dia/noite aumentam para 35 °C/25 °C, a captação atmosférica do CO<sub>2</sub> se reduz em 60% em relação ao valor máximo. Para as temperaturas 44 °C/34 °C a captação atmosférica se torna zero (Nobel, 1995). O bom rendimento da cultura no semiárido nordestino está associado ao fato da mesma necessitar de bem menos água do que outras culturas convencionais. A umidade relativa precisa estar acima de 40% e temperatura diurna/noturna de 25 °C a 15 °C. Em algumas regiões do semiárido, a alta temperatura noturna é o principal fator para as menores produtividades ou até a morte da planta (Santos et al., 2006).

A espécie está presente em diferentes tipos de solo e mostra-se bem adaptada as variações de pH, sobrevivendo bem em solos que variam de sub ácido a sub alcalino. Uma profundidade de solo de 60 a 70 cm é adequada ao bom desenvolvimento do sistema radicular superficial da palma forrageira. Não sobrevive em solos argilosos, com pouca capacidade de drenagem, lençol freático próximo à superfície e/ou camada superficial impermeável (Inglese, 1995). A palma forrageira não tolera umidade excessiva e em solos profundos apresenta extraordinária capacidade de extração de água a ponto de possuir cerca de 90-93% de umidade, o que torna crucial para a região do polígono das secas (Pupo, 1979). De acordo com os levantamentos empreendidos por DATAMÉTRICA (2004), no Agreste e Sertão de Pernambuco a palma forrageira é cultivada em diferentes associações de classes de solos, onde a principal limitação é a presença do horizonte superficial bastante coesa, o que impede a penetração das raízes e da água, podendo no período chuvoso, tornar as camadas superficiais excessivamente úmidas. Já Dubeux Junior & Santos (2005) afirmam que solos salinizados não são adequados ao cultivo da palma, pois prejudicam o desenvolvimento das raízes e parte aérea. Farias et al. (1984) e Santos et al. (2002), alertam que a cultura é relativamente exigente no que se refere aos atributos químicos e físicos do solo. Sendo férteis, são indicados os de textura arenosa a argilosa.

Trabalhos de campo conduzidos por Farias et al. (2005) destacaram que a *Napolea cochenillifera* apresenta maior exigência em precipitação (600 mm ano<sup>-1</sup>) quando comparada com a *Opuntia ficus-indica*, esta com cultivo recomendado para regiões com precipitações em torno de 400 mm ano<sup>-1</sup>. Desta maneira, regiões com baixas precipitações associadas à baixa altitude e elevadas temperaturas noturnas, são limitantes para o desenvolvimento da cultura. Dentre as três espécies mais cultivadas no nordeste a palma 'Gigante' (*Opuntia ficus-indica*) é considerada a mais produtiva e mais adaptada às regiões

secas. Nos três tipos, as raquetes são cobertas por uma cutícula que controla a evaporação, permitindo o armazenamento de água ,90-93% de água (Pupo, 1979).

A cultura encontra-se arraigada em várias regiões áridas e semiáridas em diferentes países. A palma destaca-se neste contexto, uma vez que ela possui uma eficiência de uso da água de aproximadamente 50:1, ou seja, 50 kg de água para cada 1 kg de matéria seca formada, enquanto as plantas C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub> apresentam eficiências de uso da água por volta de 1000:1 e 500:1, respectivamente (Sampaio, 2005).

Para Nobel (2001) e Santos et al. (2005a) a luz é um fator que assume grande interferência na taxa de fotossíntese líquida (TFL) das plantas, quando o nível de radiação decresce a TFL também decresce, até chegar a valores negativos e no caso da palma forrageira, a disposição quase perpendicular dos artículos em relação ao solo dificulta a interceptação da luz incidente, o que resulta em um crescimento inicial lento, em função da baixa área fotossintética. Nobel & Hartsock (1983) afirmam que a captação noturna de CO<sub>2</sub> e acumulação ácida em *Opuntia ficus-indica* são influenciadas pela radiação fotosinteticamente ativa (RFA) durante o dia, e afirmam que o nível de RFA em um cladódio varia constantemente no campo devido à trajetória do sol, sendo que a absorção líquida de luz por unidade de área para *Opuntia ficus-indica* é máxima quando a área total dos cladódios (ambos os lados) é de 4 a 6 vezes a unidade de superfície.

As maiores produtividades em matéria seca de palma tem sido obtidas com índice de área de cladódio (IAC) de 4 a 5. Quando o IAC é 1, 2 e 3, a absorção líquida é 35%, 62% e 85% da máxima, respectivamente. Aumento no IAC promove uma maior interceptação luminosa e uma maior atividade fotossintética até um IAC crítico. O auto sombreamento diminui a taxa de fotossíntese da palma forrageira (Cortazar et al., 1985; Cortazar & Nobel, 1991; Nobel, 2001 e Santos et al., 2005a).

#### **1.4. Plantio**

A busca por redução de custos e eficiência produtiva, na maioria das vezes, estão amparadas em mudanças de hábitos. A demanda por uma produção cada vez maior de alimentos reflete na necessidade de repensar, quase que constantemente, os sistemas de produção. A redução no tamanho das propriedades, o uso intensivo do solo, a maior necessidade de forragem para alimentar os rebanhos, induziu o crescimento do cultivo da palma forrageira e juntamente com este a adoção de novas técnicas. Assim como as outras culturas, a palma forrageira alcança elevada produtividade quando manejada racionalmente com emprego de técnicas tais como: correção e adubação do solo, densidade de plantio

adequado, controle de plantas daninhas e manejo correto da colheita (Oliveira et. al., 2010).

A ocorrência da alta umidade e temperatura favorece a formação de ambiente propício para o desenvolvimento de fungos e bactérias. Em função disto, Inglese (1995) revela que o plantio dos cladódios deve ser realizado no terço final do período seco com a finalidade de reduzir o apodrecimento do material propagativo. Com o início das chuvas, a cultura já estará implantada, evitando, assim, o apodrecimento dos artículos, raquetes ou cladódios comum nesse período.

Para o plantio de palma são utilizados material vegetativo provenientes de plantações comerciais apesar de apresentarem desvantagens de disseminação de doenças e falta de certificação genética. Vasconcelos et al. (2007) revelam que a palma pode ser propagada por cladódio inteiro ou metade deste em corte transversal ou longitudinal. No processo de plantio o recomendado é que seja feita seleção do material propagativo, pois o tamanho do cladódio exerce efeito importante quanto ao número e o tamanho das brotações no primeiro ano de crescimento da palma (Farias et al., 2005). O mesmo autor chama a atenção que os cladódios com dois a três anos de idade são os mais indicados por emitirem brotações mais vigorosas por ocasião do plantio e recomenda ser necessário deixá-los à sombra por pelo menos sete dias para que ocorra a cicatrização dos ferimentos provenientes do corte no processo de colheita. Para uma maior segurança Mondragon-Jacobo & Pimienta-Barrios (1995), recomendam um período de quatro a seis semanas de repouso e tratamento das mudas para reduzir a proliferação de patógenos. O fracionamento dos cladódios ao meio (1/2), visa acelerar a propagação dos clones raros e reduzir custos de implantação, porém, levam a redução no peso dos cladódios brotados (Solano & Orihula, 2008).

Com relação às especulações no tocante à melhor forma de plantio com cladódio na vertical e/ou inclinado, Lopes, et al. (2009) observaram que a posição do cladódio não exerce efeito sobre a produção, seja ele plantado inclinado ou vertical. Caracterizando os sistemas de plantio da palma forrageira no cariri ocidental paraibano, Rangel et al. (2009) detectaram que 100% dos produtores entrevistados não fazem tratamento preventivo de doenças e pragas. Antes do plantio, 53,3% deixam os cladódios murcharem na sombra por até 5 dias, e 43,4% entre 5 e 15 dias. 73,3% plantam os artículos de forma vertical, 70% enterram ½ cladódio na cova, 6,7% plantam dois cladódios por cova. Apenas 33,3% usam consórcio, 78,3% cultivam a variedade Gigante e apenas 4,3% a variedade Miúda, 66,7%

consideram a variedade Gigante mais produtiva, 93,7% preferem variedades do gênero *Opuntia*, e apenas 6,7% variedades gênero *Nopalea*. Nas principais regiões produtoras do Brasil, são cultivadas predominantemente duas espécies de palma forrageira, a *Opuntia ficus-indica* Mill e a *Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck, principalmente as variedades Redonda, Gigante e Miúda, as quais não apresentam espinhos. Outras cultivares tem sido geradas ou introduzidas pela Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária - IPA, com o objetivo de obter clones mais produtivos, de melhor valor nutritivo e resistentes a pragas e doenças (Cavalcante et al., 2008).

#### **1.4.1. Espaçamento**

O espaçamento no plantio da palma forrageira deve variar de acordo com a fertilidade do solo, quantidade de chuvas, finalidade de exploração e com sua utilização ou não em consórcio com outras culturas (Farias et al., 2005). Também tem relação direta com a interceptação de luz pela cultura. Em espaçamentos mais adensados, os tratos culturais e a colheita são dificultados aumentando os gastos com a mão de obra e herbicidas. Além desses aspectos, neste caso, ocorre uma maior quantidade de nutrientes extraídos do solo, considerando que em espaçamento 2,00 m x 1,00 m tem-se 5.000 plantas ha<sup>-1</sup>, enquanto no espaçamento 1,00 m x 0,25 m a quantidade de plantas é oito vezes maior, ou seja, 40.000 plantas ha<sup>-1</sup>, sendo necessário um maior cuidado com as adubações (Teles et al., 2002).

Em experimento conduzidos no Núcleo de Pesquisa para o Semiárido –(Patos – PB), Nascimento (2008), observou que para plantas submetidas ao menor espaçamento (0,10 m x 1,70 m), apresentou a maior produção estimada de 92,79 t ha<sup>-1</sup> de MV, superando em 27,75%, 79,36% e 69,75% as plantas submetidas aos espaçamentos 0,15 m x 1,70 m; 0,20 m x 1,70 m e 0,25 m x 1,70 m, respectivamente. Farias et al. (1989) obtiveram menores produções de matéria seca de artigos de palma, quando utilizaram o espaçamento de 7,00 m x 1,00 m x 0,50 m, em relação aos espaçamentos 2,00 m x 1,00 m e 3,00 m x 1,00 m x 0,50 m. O cultivo adensado da palma, com espaçamento de 1,00 m x 0,25 m, vem sendo bastante utilizado, principalmente nos estados de Pernambuco e Alagoas. Santos et al. (1997), recomendam o espaçamento de 1,00 m x 0,50 m para os plantios estratégicos com colheitas realizadas entre dois a quatro anos, usando-se adubação mineral de acordo com a análise do solo e orgânica se possível.

Se o agricultor desejar realizar consórcio com outras culturas ou adotar tratamentos culturais com tração motorizada é recomendado o plantio em fileiras duplas de 3,00 m x 1,00 m x 0,50 m. Em acordo com Santos et al. (2006), a tecnologia, embora propicie resultados expressivos em produção com 250 a 300 t ha<sup>-1</sup> de MV, dois anos após o plantio, demanda níveis de adubação mais altos além de maiores requerimentos em termos de limpas. Em pesquisas feitas no Agreste e Sertão pernambucanos, trabalhando com diferentes espaçamentos e níveis de adubação, Dubeux Júnior. et al. (2006) perceberam influência da população de plantas na produtividade em várias localidades. A produção de matéria seca variou de 6 a 17 t ha<sup>-1</sup> na densidade de 5.000 plantas ha<sup>-1</sup> e de 17,8 para 33,7 t ha<sup>-1</sup> em 40.000 plantas ha<sup>-1</sup>, quando espaçadas 2,00 m x 1,00 m e 1,00 m x 0,25 m, respectivamente. Ao avaliar o crescimento da cultura em quatro espaçamentos (1,00 m x 1,00 m; 1,00 m x 0,50 m; 2,00 x 1,00 m; 2,00 m x 0,50 m), Ramos et al. (2011) concluíram que o espaçamento influenciou os teores de fibra em detergente neutro e que a produção de fitomassa por área e eficiência de uso da chuva pela palma forrageira são incrementadas com maiores densidades populacionais, sendo os melhores resultados observados no espaçamento de 1,00 m x 0,50 m, resultando numa maior quantidade de forragem produzida por área e por unidade de chuva.

No Cariri paraibano, 39,4% dos produtores cultivam a palma no espaçamento de 1,00 m x 1,00 m e apenas 8% adotam o sistema de cultivo adensado (1,00 x 0,20m), (Rangel et. al., 2009). Para Santos et al. (2002), o cultivo adensado da palma, com até 40.000 plantas ha<sup>-1</sup>, tem sido usado no Nordeste brasileiro resultando em altas produtividades.

#### **1.4.2. Adubação**

O nível de adubação é fator determinante na produção de matéria verde e seca, principalmente, quando se trata de plantio adensado da palma. Santos et al. (1990) detectaram níveis de 0,90; 0,16; 2,58 e 2,35 % na matéria seca para nitrogênio, fósforo, potássio e cálcio, nessa ordem. Consideraram que para uma produção de 10 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de MS, as quantidades exportadas desses nutrientes seriam de 90, 16, 258 e 235 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, respectivamente, e em trabalhos conduzidos em São Bento do Una, PE, encontraram aumentos da ordem de 81% na produção com 10 t ha<sup>-1</sup> de esterco de curral e de 29% com a fórmula de 50, 50 e 50 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, respectivamente, quando comparada com a palma não adubada.

Analisando a produtividade da palma forrageira em 50 propriedades rurais do semiárido do Nordeste do Brasil, Santos et al. (1996) não detectaram aumento de produtividade com o uso de até 2 t ha<sup>-1</sup> de calcário. Menezes et al. (2005), constataram que, dentre as variáveis estudadas, o nível de P e de K extraível do solo foram os fatores que mais apresentaram correlação com a produtividade. Variando o espaçamento e doses de fósforo sendo utilizados (10; 15; 20 e 25 cm entre plantas) e (10, 15, 20 e 25g planta<sup>-1</sup> de superfosfato simples) Medeiros (2009) não encontrou efeito significativo para MM, MO, PB, FDN, FDA, Ca e P. Também não houve diferença significativa para produtividade de matéria verde e seca em função dos tratamentos aplicados. Ao avaliar cultura de palma após 19 anos de cultivo, Menezes et al. (2007) afirmam que as aplicações de esterco, em intervalos de dois anos e na dose de 20 t ha<sup>-1</sup>, causaram acréscimo nos teores de N total (Nt) do solo e também de P e Na, em relação ao solo sob caatinga em área adjacente ao campo de palma. Entretanto, o K extraível do solo foi menor na área cultivada com palma, apesar das aplicações de esterco, indicando que há necessidade de adicionar K através de outra fonte, como forma de manter os níveis desse nutriente no solo em longo prazo.

Em trabalho sobre efeito da adubação e do uso de nematicida na composição química da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill), Teles et al. (2004), testando níveis de adubação equivalentes a: N - 200 kg ha<sup>-1</sup>; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 100 kg ha<sup>-1</sup>; K<sub>2</sub>O - 200 kg ha<sup>-1</sup>; Ca - 250 kg ha<sup>-1</sup>; Mg - 80 kg ha<sup>-1</sup> e S - 20 kg ha<sup>-1</sup>, não observaram diferenças significativas entre os tratamentos para teores, de K, de Ca e de Mg na matéria seca. Para teores de N, de P e de S, a análise de variância revelou diferença. A média geral para teores de MS, N, P, K, Ca, Mg e S foi de 7,29; 1,19; 0,17; 3,31; 1,84; 0,59 e 0,17%, respectivamente. A adição de micronutrientes e de nematicida não influenciou os resultados obtidos para teores de N, P, K, Ca, Mg e S. Os teores de nitrogênio, fósforo e potássio foram superiores nos cladódios mais jovens da planta. Os nutrientes nitrogênio, fósforo e enxofre foram os únicos que sofreram influência.

Com tratamentos experimentais constituídos de quatro níveis de fósforo (0; 1,06; 2,12; e 4,25 g vaso<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, equivalente a 0; 200; 400 e 800 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) combinados com quatro níveis de potássio (0; 1,01; 2,03 e 4,05 g vaso<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, equivalente a 0; 200; 400; e 800 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O), Dubeux Júnior et al. (2010) não encontraram efeito significativo para número de artigos por planta, em relação ao uso de fósforo e potássio, também não houve influência nos micronutrientes estudados. Observaram também que as doses crescentes de P aplicadas reduziram a absorção de nitrogênio, cálcio, magnésio e aumentaram os teores de potássio e enxofre. A produção de matéria verde e teor da matéria



seca foram influenciados apenas pela adubação potássica. As doses de K promoveram decréscimo no teor de cálcio e acréscimo no teor de enxofre da parte aérea da palma forrageira clone 'IPA-20'. Dubeux Júnior. et al. (2006) trabalhando com solo de textura arenosa e média, encontraram baixas respostas ao fósforo na produção da palma forrageira cv. Gigante e respostas positivas apenas quando os teores de fósforo disponível no solo eram inferiores a  $10 \text{ mg dm}^{-3}$ .

### **1.5. Pragas e doenças**

A palma é por natureza, uma planta bastante resistente, sendo, entretanto susceptível a pragas e doenças como todos os seres vivos. No geral as ocorrências estão associadas a pequenos focos, em plantas isoladas, principalmente quando acometida de deficiências nutricionais ou longos períodos de estiagens. Não é comum notícias de ocorrência de doenças provocando danos econômicos significativos à lavoura. Já com relação ao ataque de pragas, duas espécies de cochonilhas merecem maiores cuidados, a cochonilha-de-escama (*Diaspis echinocacti*) e a cochonilha do carmim (*Dactylopius ceylonicus*). Ambas, podem em casos extremos, levar a palma à morte, dependendo do grau de infestação e condições ambientais. O controle deve ser feito a curto e médio prazo. Em curto prazo, por controle mecânico, físico e químico e em médio prazo, por controle biológico e cultural (Santos et al., 2006).

### **1.6. Tratos culturais e colheita**

A busca por fontes alternativas de alimentos, adaptados a região, tem sido constante. A palma forrageira é uma planta que vem dando certo. As pesquisas desenvolvidas nos últimos anos têm melhorado o cultivo e uso racional da palma como forrageira na alimentação animal. Os avanços, tecnológicos, geraram conhecimentos agrônômicos que utilizados podem elevar a produtividade da palma forrageira permitindo a criação de reservas estratégicas para a alimentação animal nos longos períodos de estiagem da região.

Normalmente após o plantio, inicia-se a colheita com cerca de 1,5 a dois anos ou mais dependendo do desenvolvimento da cultura, Posteriormente poderá ser feito o corte anual. Os artículos são colhidos diariamente ou armazenados por até dezesseis dias e fornecidos aos animais nos cochos. De maneira geral é colhida manualmente apesar de aumentar o custo de produção. A utilização da palma também poderia ser por pastejo, porém promove muitas perdas por causa da presença dos animais no palmar, o que causa

quebra dos cladódios. Por isso, mesmo com o acréscimo do custo da mão-de-obra para colheita manual, esse método é mais viável para o produtor. Santos et al. (2006) estudando o efeito do período de armazenamento pós-colheita sobre a composição química da palma cv. Gigante, observaram que durante períodos de armazenamento de 0, 8 e 16 dias não ocorreram perdas aparentes de matéria-seca e proteína bruta. Também foi semelhante à produção de leite das vacas alimentadas com palma armazenadas nesses três períodos. Esses autores sugerem que maior quantidade de palma pode ser colhida, independente do uso imediato, promovendo assim uma redução no custo no corte e transporte da palma. Vale ressaltar que não foi encontrado trabalho testando períodos maiores.

### **1.7. Composição e uso**

Segundo Wanderley et al. (2002), esta cactácea é um alimento suculento, rico em água e mucilagem, com significativos teores de minerais, principalmente cálcio (Ca), potássio (K) e magnésio (Mg). Apresenta altos teores de carboidratos não fibrosos (CNF) e elevado coeficiente de digestibilidade da matéria seca (MS). Por outro lado, possui baixos teores de MS (10 a 14%), proteína bruta (4,0 a 6,0%) e fibra em detergente neutro (26,8%). As cultivares Redonda e Gigante apresentam, em média, teores de matéria seca, proteína bruta e digestibilidade in vitro da matéria seca de 10,48; 4,72; 9,96; e 74,66%, respectivamente (Santos et al., 1997). A palma forrageira apresenta elevados teores de Ca (3,74), K (1,83) e Mg (2,14)% na MS e teores de P (0,08 - 0,16), considerados baixos, como na maioria das forragens (Germano et al., 1999).

Na maioria das regiões do Semiárido do Nordeste, a palma é utilizada como base da alimentação do rebanho leiteiro, na maior parte do ano, dois tipos de palmas forrageiras, *Opuntia ficus-indica* Mill. e *Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck (Santos et al., 1997).

A utilização da palma forrageira de forma exclusiva na alimentação pode diminuir o crescimento microbiano, ocasionar diarreias, perda de peso e distúrbios metabólicos. Contudo, foi verificado que a palma forrageira quando associada a um alimento fibroso e fornecida através de ração completa reduz o aparecimento de diarreias (Mattos et al., 2000). Desde que os baixos teores de proteína bruta, PB, e elevados de carboidratos não fibrosos sejam corrigidos, o uso de palma na dieta não compromete o desempenho animal.

A palma pode participar em até 40 a 50% da matéria seca da dieta dos bovinos; possui uma digestibilidade superior à da silagem de milho, porém contém um baixo teor de fibra que mesmo considerado como um alimento de alto valor energético, não deverá ser administrado isoladamente, necessitando complementação protéica e fibrosa (Santos et al.,

2006). Ao avaliarem o desempenho de vacas holandesas em lactação alimentadas com rações contendo diferentes níveis de palma forrageira (0; 12; 24; 36%) em substituição à silagem de sorgo, na forma de mistura completa, Wanderley et al. (2002) não encontraram diferenças significativas para produção de leite com e sem correção a 3,5% de gordura. Também não foram observados distúrbios metabólicos como diarreias para os níveis de palma fornecidos. Os autores ressaltaram a importância do fornecimento da palma forrageira em associação adequada com fontes de alimentos ricos em fibra, a fim de se melhorar o uso dessa forrageira.

Ao avaliarem desempenho de vacas leiteiras alimentadas com uma associação da palma forrageira e diferentes volumosos, entre eles silagem de sorgo, Silva et al. (2007) concluíram que a palma forrageira pode ser associada a diferentes volumosos em dietas para vacas em lactação, sem alterar o consumo, o desempenho e a digestibilidade da matéria seca e dos nutrientes. Já Andrade et al. (2002) verificaram que a digestibilidade dos nutrientes de dietas à base de palma forrageira foi afetada pelos altos teores de carboidratos não-fibrosos à medida que se incluía palma forrageira na dieta de vacas em lactação. Mattos et al. (2000) avaliaram a associação da palma forrageira com silagem de sorgo, sacarina, bagaço de cana-de-açúcar hidrolisado e bagaço in natura, como fontes de fibra para vacas mestiças em lactação com produção média de 13 kg dia<sup>-1</sup> e verificaram que não houve diferença entre os tratamentos quanto à produção de leite total e corrigida para 4%. A inclusão de palma forrageira em substituição ao milho e parte do feno do capim tifton na dieta de vacas holandesas em lactação não alterou a produção e o teor de gordura do leite (Oliveira et al., 2007).

Avaliando a substituição do milho por palma forrageira sobre o desempenho de vacas mestiças em lactação e a digestibilidade dos nutrientes, Araujo et al. (2004) concluíram que é possível substituir o milho por palma forrageira (cultivar Gigante ou Miúda), em dietas que contenham pelo menos 36% de palma, sem alteração dos coeficientes de digestibilidade, mantendo-se níveis de produção de leite e de gordura satisfatórios, com baixa utilização de concentrado na dieta. Em trabalho semelhante Araújo (2002) não verificou diferença no desempenho de vacas mestiças em lactação ao substituir todo o milho do concentrado por palma forrageira. De acordo com Wanderley et al. (2002) é possível obter boas produções de leite, manter a gordura do leite em níveis normais e melhorar a conversão alimentar e consumo adequado de nutrientes associando-se palma com silagem de sorgo forrageiro.

Trabalhando com ovinos, Ferreira et al. (2000) substituíram até 75% do grão de milho moído por farelo de palma em dietas para crescimento e não observaram diferenças significativas na digestibilidade dos nutrientes nem no teor de nutrientes digestíveis totais. Também, Vêras et al. (2002) observaram que a substituição de até 75% do milho pelo farelo de palma forrageira em dietas de ovinos não alterou o coeficiente de digestibilidade dos nutrientes e o teor de NDT. Já Cavalcanti et al. (2002) verificaram redução no ganho de peso de ovinos ao substituírem o milho pelo farelo de palma. Para Sosa (2004), quando a palma forrageira é utilizada em grande proporção na dieta, há aumento considerável na porcentagem de carboidratos não fibrosos, e isto contribui para a diminuição da digestibilidade dos nutrientes. Andrade et al. (2002) reforçam a necessidade de associação da palma forrageira a alimentos fibrosos, a fim de incrementar os teores de matéria seca e fibra da ração, na tentativa de evitar possíveis distúrbios verificados quando fornecida isoladamente.

## 2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, D.K.B.; FERREIRA, M.A.; VÉRAS, A.S.C. et al. Digestibilidade e absorção aparentes em vacas da raça holandesa alimentadas com palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) em substituição à silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.5, p.2088-2097, 2002.

ARAÚJO, P.R.B.; FERREIRA, M.A.; BRASIL, L. A.; SANTOS, D.C.; LIMA, R.M. B.; VÉRAS, A.S.C.; SANTOS, M.V.F.; BISPO, S.V.; AZEVEDO, M., **Substituição do Milho por Palma Forrageira em Dietas Completas para Vacas em Lactação** 1 R. Bras. Zootec., v.33, n.6, p.1850-1857, 2004 (Supl. 1)

ARAÚJO, P.R.B. **Substituição do milho por palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill e *Nopalea cochenillifera* Salm- Dyck) em dietas completas para vacas em lactação**. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2002. 43f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2002.

ARRUDA, E.; MELO-DE-PINNA, G.M.; ALVES, M. Anatomia dos órgãos vegetativos de Cactaceae da caatinga pernambucana. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 28, n. 3, p. 589-601, jul./set. 2005.

BARBERA, G. 1995. History, economic and agro-ecological importance. p.1-11, *in*: G. Barbera, P. Inglese and E. Pimienta-Barrios (eds) **Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear**. FAO Plant Production and Protection Paper, 132.

CAVALCANTE, M.C. de A. **Comportamento ingestivo de caprinos e ovinos alimentados com palma Gigante (*Opuntia ficus-indica* Mill) e palma orelha-de-elefante (*Opuntia* sp)**. Recife: UFRPE, 2007. 76f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2007.

CAVALCANTI, C.V.A.; FERREIRA, M.A. CARVALHO, M.C. Palma forrageira enriquecida com uréia em substituição ao feno de capim tifton 85 em rações para vacas da raça Holandesa em lactação. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.37, n.4, p.689-693, 2008.

CHIACCHIO, F.P.B.; MESQUITA, A.S.; SANTOS, J.R. Palma forrageira: uma oportunidade econômica ainda desperdiçada para o Semiárido baiano. **Bahia Agrícola**, v.7, n.3. 2006.

CORTAZAR, V.G.; NOBEL, P.S. Prediction and measurement of high annual productivity for *Opuntia ficus-indica*. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 56, p.261-272, 1991.

CORTAZAR, V.G.; ACEVEDO, E.; NOBEL, P.S. Modeling of par interception and productivity by *Opuntia ficus-indica*. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 34, p:145-162, 1985.

DATAMÉTRICA. **Projeto palma**. Recife. Federação de Agricultura do estado de Pernambuco, 2004, 110p.

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.** 2º ed., Editora Universitária da UFPE. Recife-PE. p.105-128. 2005.

DUBEUX JÚNIOR, J.C.B.; SANTOS, M.V.F. dos; LIRA, M. de A.; SANTOS, D.C. dos; FARIAS, I.; LIMA, L.E.; FERREIRA, R.L.C.; Productivity of *Opuntia ficus-indica* (L) Miller under different N and P fertilization and plant population in north- east Brasil. **Journal of Arid Environments**, v.67, n.3, p.357-372, 2006.

DUBEUX JÚNIOR, J.C.B.; ARAÚJO FILHO, J.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. 2010.

FARIAS, I; SANTOS, D.C. dos; DUBEUX JÚNIOR., J.C.B. Estabelecimento e manejo do palmal. In: MENEZES R.S.C.; SIMÕES, D.A.; SAMPAIO, E.V.S.B. **A palma do Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso.** Recife: Editora Universitária da UFPE, 2005. p. 81-88.

FARIAS, I.; FERNANDES, A. de P.M.; LIMA, M. de A.; SANTOS, D.C. dos; FRANÇA, M.P. **Cultivo da palma forrageira em Pernambuco.** Recife: IPA-PE, 1984, 5p. (Instruções Técnicas, 21).

FERREIRA, M.A.; VERAS, R.M.L.; CARVALHO, F.F.R. **Substituição parcial do milho moído pelo farelo de palma, como fonte de energia para ruminantes: Consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes.** In: CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 2000.

GERMANO, R.H.; BARBOSA, H.P.; COSTA, R.G. et al. Avaliação da composição química e mineral de seis cactáceas do Semiárido Paraibano. **Agropecuária Técnica**, v.20, n.1, p.51-57, 1999.

GUIMARÃES FILHO, C.; SOARES, J.G.G.; RICHÉ, G.R. **Sistema caatinga-buffel-leucena para produção de bovinos no Semiárido.** Petrolina, PE: EMBRAPACPATSA, 39 p., 1995.

GOLDSTEIN G. & NOBEL P.S. **Changes in osmotic pressure and mucilage during low-temperature acclimation of *Opuntia ficus-indica*.** Plant Physiol. v.97, p.954-961. (1991)

HILLS F. S. Anatomia e morfologia In: **Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira.** Roma: FAO, Produção e Proteção Vegetal, 1995. Tradução (SEBRAE/PB,2001.), Paper 132, p.12-14.

HOFFMANN, W. Taxonomia das *Opuntias* utilizadas. In: **Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira.** Roma: FAO, Produção e Proteção Vegetal, 1995. Tradução (SEBRAE/PB, 2001)

INGLESE, P.; BARBERA, G.; MANTIA, T. L. Research strategies for the improvement of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) fruit quality and production. **Journal of Arid Environments**, v.29, p. 455-468, 1995.

LOPES, E.B.; BRITO, C.H.; ALBUQUERQUE, I.C. et al. Efeito de formas de plantio na produção de cladódios em Palma doce. **Revista Engenharia Ambiental**, v.6, n.1, p.303-308. 2009.

MARCONATO, C. **Salva de palmas. Sistema de cultivo desenvolvido pelo agrônomo Paulo Suassuna multiplica a produtividade, incentiva a criação de agroindústrias e gera renda no sertão paraibano.** Revista globo rural. Edição 272 – Junho, 2008.

MARTINS, A.S. et al. Digestibilidade aparente de dietas contendo milho ou casca demandioca como fonte energética e farelo de algodão ou levedura como fonte protéica em novilhas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 29, n.1, p. 269-277, 2000.

MATTOS, L.M.E. et al. **Associação da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) com diferentes fontes de fibra na alimentação de vacas 5/8 Holandês-Zebu em lactação.** . Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v.29, n.6, p. 2128-2134, 2000.

MEDEIROS A.O A. **Interação entre adubação fosfatada e espaçamento no cultivo da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill) no estado da Paraíba.** 67 f. 2009. (Dissertação de Mestrado em Zootecnia – Sistemas Agrosilvipastoris do Semiárido).

MENEZES, R.S.C.; LIRA, M.A.; SANTOS, D.C. Produção de forragem pela palma após 19 anos sob diferentes intensidades de corte e espaçamento. **Revista Caatinga**, v.20, n.4, p.38-44, outubro/dezembro 2007.

MENEZES, R.S.C.; SAMPAIO, E.V.S.B.; SALCEDO, I.H. et al. Produtividade de palma em propriedades rurais. In: MENEZES, R.S.C; SIMÕES, D.A.; SAMPAIO, E.V.S.B. (Eds.). **A palma no Nordeste do Brasil, conhecimento atual e novas perspectivas de uso.** 1ª ed. Recife: Editora da UFPE. p.129-140. 2005.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL - MI. **Relatório final, grupo de trabalho interministerial para redelimitação do Semiárido nordestino e do polígono das secas.** Brasília, DF. 118p. 2005.

MORAIS, D.A.E.F.; VASCONCELOS, A.M. de. Alternativas para incrementar a oferta de nutrientes no semiárido brasileiro. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.2, n.1, p.01-24, 2007.

MOHAMED-YASSEEN, Y.; BARRINGER, S.A.; SPLITTSTOESSER, W.E. A note on the uses of *Opuntia* spp. in Central/North America. **Journal of Arid Environments**, v. 32, n. 3, p. 347-353, 1996.

MONDRAGON-JACOBO, C.; PIMIENTA-BARRIOS, E. Propagation of the cactuspear. In: BARBERA, G.; INGLESE, P.; PIMIENTA-BARRIOS, E.; ARIASJIMÉNEZ, E. (Eds). **Agro-Ecology, cultivation and uses of cactus pear.** Roma: FAO, 1995. p.64-70.

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.** Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande-PB. 47f. 2008.

NOBEL, P.S. Biologia ambiental. In: **Agroecologia, cultivo e uso da palma forrageira**. FAO, 1995. SEBRAE-PB. p.36-48. 216p. 2001.

NOBEL, P.S. & HARTSOCK, T.L.. Relationships between photosynthetically active radiation, nocturnal acid accumulation, and CO<sub>2</sub> uptake for a crassulacean acid metabolism plant, *Opuntia ficus-indica*. **Plant Physiology** v.71, p.71–75. 1983.

OLIVEIRA, F.T.; SOUTO, J.S.; SILVA, R.P.; ANDRADE FILHO, F.C.; PEREIRA JÚNIOR, E.B. **Palma forrageira: adaptação e importância para os ecossistemas áridos e semiáridos**. Revista Verde (Mossoró – RN – Brasil) v.5, n.4, p. 27 - 37 outubro/dezembro de 2010.

OLIVEIRA, F.T. **Crescimento do sistema radicular da *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill (palma forrageira) em função de arranjos populacionais e adubação fosfatada**. 76p.Dissertação (Pós-Graduação em Zootecnia – Universidade Federal de Campina Grande.Patos – PB: 2008.

OLIVEIRA, I.S. **Avaliação de volumosos na dieta de vacas leiteiras na época seca: consumo, digestibilidade, produção de leite e simulação do CNCPS**. 2007. 82f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso,Cuiabá, 2007.

OSMOND, C.B., & HOLTUM, J.A.M. Crassulacean acid metabolism. in: Photosynthesis. The biochemistry of plants, a comprehensive treatise. HATCH, M. D. e BOARDMAN, N. K. (eds.) **Academic Press**. New York, v.8, p. 283-328. 1981.

PUPO, N.I.H. **Manual de pastagens e forrageiras: formação, conservação,utilização**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1979.

RAMOS, J.P.F.; LEITE, M.L.M.V.; OLIVEIRA JUNIOR, S.; NASCIMENTO, J.P.; SANTOS, E.M. Crescimento vegetativo de *Opuntia ficus-indica* em diferentes espaçamentos de plantio. **Revista Caatinga**, Mossoro, v.24, n.3, p.41-48, jul.-set., 2011.

RANGEL, A.H.N.; LIMA JUNIOR, D.M.; BRAGA, A.P. et al. Suprimento e demanda de nutrientes em sistemas em não equilíbrio. **Revista Verde**, v.4, n.1, p.14-30. 2009.

REYES-AGUERO, J.A.; AGUIRRE-RIVERA, J.R.; VALIENTE-BANUET, A. Reproductive biology of *Opuntia*: A review. **Journal of Arid Environments**, v.64, n.4, p. 549-585, 2005.

TEIXEIRA, J.C.; EVANGELISTA, A.R.; PEREZ, J.R.O.; TRINDADE, I.A.C.M.; MORON, I.R. Cinética da digestão ruminal da palma forrageira (*Nopalea cochenillifera* (L.) Lyons- Cactáceae) em bovinos e caprinos. **Ciência e Agrotecnologia**, v.23, n.1, p. 179- 186, 1999.

SAMPAIO, E.V.S.B. Fisiologia da palma. 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**. 2º ed., Editora Universitária da UFPE. Recife-PE. p.43-63. 2005.



SANTOS, D.C.; FARIAS, I.; LIRA, M.A.; SANTOS, M.V.F.; ARRUDA, G.P.; COELHO, R.S.B.; DIAS, F.M.; MELO, J.N. de. **Manejo e utilização da palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) em Pernambuco**. Recife: IPA, 2006. 48p. (IPA. Documentos, 30).

SANTOS, D.C.; LIRA, M.A.; DIAS, F.M. Melhoramento genético 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**. 2º ed., Editora Universitária da UFPE. Recife-PE. p. 27-42. 2005a.

SANTOS, D.C.; FARIAS, I.; LIRA, M.A. et al. **Manejo e utilização da palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) em Pernambuco: cultivo e utilização**. Recife: IPA, (IPA. Documentos,). 45p. 2002.

SANTOS, D.C. et al. Produtividade de cultivares de palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) In: . **Anais...** do Simpósio Nordestino de Alimentação de Ruminantes, Teresina. v.2, p.121-123,. 2000.

SANTOS, D.C.; FARIAS, I.; LIRA, M.de A.; TAVARES FILHO, J.J.; SANTOS, M.V.F. dos; ARRUDA, G.P. de. **A palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill. e *Nopalea cochinillifera*, Salm Dyck) em Pernambuco: cultivo e utilização**. Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária. Recife-PE. IPA, p.23, (IPA. Documentos, 25), 1997.

SANTOS, D.C. dos; FARIAS, I.; LIRA, M. de A.; FERNANDES, A.P.M.; FREITAS, E. V.; MOREIRO, J.A. Produção e composição química da palma forrageira c.v. “Gigante” (*Opuntia ficus-indica* Mill) sob adubação e calagem no Agreste de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, Recife, v.9, n. especial, p.69-78, 1996.

**SCHEINVAR L. In: Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira**. Roma: FAO, Produção e Proteção Vegetal, 1995. Tradução (SEBRAE/PB,2001.), Paper 132, p.12-14.

SILVA, C.C.F. da; SANTOS, L.C. Palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) como alternativa na alimentação de ruminantes. **Revista Eletrônica de Veterinária**, v.7, n.10, p.1-13, 2006. Disponível em <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>. Consultado em 10 de julho de 2011.

SILVA, R.R.; FERREIRA, M.A.; VÉRAS, A.S.C.; RAMOS, A.O.; MELO, A.A.S.; GUIMARÃES, A.V. Palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) associada a diferentes volumosos em dietas para vacas da raça Holandesa em lactação. **Maringá**, v.29, n.3, p.317-324,2007.

SNYMAN, H.A. A greenhouse study on root dynamics of cactus pears, *Opuntia ficus-indica* and *O. robusta*. **Journal of Arid Environments** v.65, p.529-542, 2006.

SOLANO, J.; ORIHUELA, A. Supervivencia y producción de nopal para verdura (*Opuntia ficus-indica*) utilizando fracciones mínimas. **Journal of Professional Association for Cactus Development**. Short communications/Methods. p.198-208, 2008.

SOSA, M.Y. **Efeitos de diferentes formas de fornecimento de dieta à base de palma forrageira sobre o comportamento ingestivo de vacas holandesas no terço médio da lactação.** 2004. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 47f, 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** 4ª edição. Artmed Editora S.A. p.203 – 242. 2009.

TELES, M.M.; SANTOS, M.V.F.; DUBEUX JÚNIOR, J.C.B. et al. 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.

TELES, M.M.; SANTOS, M.V.F.; DUBEUX JÚNIOR, J.C.B. et al. 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, (Suplemento 2). 2004.

VASCONCELOS, A.G.V. de; LIRA, M de A.; CAVALCANTI, V.A.L.; SANTOS, M.V.F.; CÂMARA, T.; WILLADINO, L. Micropropagação de palma forrageira cv.Miúda (*Nopalea cochenillifera* - Salm Dyck). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.2, n.1, p.28-31, 2007.

VÉRAS, R.M.L.; FERREIRA, M.A.; CARVALHO, F.F.R. ; VÉRAS, A.S.C. Farelo de palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) em substituição ao milho.1. Digestibilidade nutrientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.3, p.1302-1306, 2002.

WANDERLEY, W.L; ANDRADE FERREIRA, M.A.; ANDRADE, D.K.B. et al. Palma Forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) em Substituição à Silagem de Sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) na alimentação de vacas leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.273-281, 2002.

## CAPÍTULO 2

### PRODUTIVIDADE E CRESCIMENTO VEGETATIVO DA PALMA FORRAGEIRA EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS E ADUBAÇÕES QUÍMICA

**Resumo** - Este trabalho objetivou avaliar o efeito de diferentes espaçamentos e adubações mineral sobre crescimento e produção da palma forrageira, em um delineamento em blocos casualizados, com três repetições, esquema fatorial 3x4: três espaçamentos, 1,00 m x 0,50 m; 2,00 m x 0,25 m e 3,00 m x 1,00 m x 0,25 m e quatro adubações, 000-000-000; 200-150-100; 200-150-000 e 000-150-000 kg ha<sup>-1</sup> de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O. Avaliaram-se crescimento entre 90 e 390 dias após o plantio (DAP) e produção e crescimento aos 620 DAP. Ocorreram interações entre espaçamento e adubação para altura da planta, número de cladódios e índice de área de cladódios (IAC) dos 90 aos 390 DAP e para produção de massa verde e matéria seca aos 620 DAP. O espaçamento influenciou o IAC, e a adubação, influenciou altura da planta, número de cladódios e IAC aos 620 DAP. DAP apresentou efeito cúbico sobre altura da planta. Número de cladódios e IAC foram dependentes de espaçamento e DAP e também de adubação e DAP ajustando modelos cúbicos. De forma geral os melhores resultados são associados às adubações com (NPK) e (NP) e ao espaçamento 1,00 m x 0,50 m. As quantidades de nutrientes utilizados nas adubações promovem pequenas alterações na produção.

Termos para indexação: *Opuntia*, características morfométricas, arranjo de plantas, fertilização, rendimento.

### PRODUCTIVITY AND THE VEGETATIVE GROWTH OF THE FORRAGE CACTUS IN DIFFERENT SPACING AND CHEMICAL FERTILIZATION

**Abstract** – This work aimed to evaluate the effect of different spacings and mineral fertilizations on growth and production of the forrage cactus; in a randomized block design, with three repetitions, a 3x4 factorial design: three spacings, 1.00 x 0.50 m, 2.00 x 0.25 m and 3.00 x 1.00 x 0.25 m and four fertilizations, 000-000-000, 200-150-100, 200-150-000 and 000-150-000 kg ha<sup>-1</sup> of N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O. It was evaluated growth between 90 and 390 days after planting (DAP) and production and growth at 620 DAP. There were significant interactions between spacing and fertilization for plant height, number of cladodes and cladode area index (CAI) from 90 to 390 DAP and for production of green mass and dry matter at 620 DAP. The spacing influenced the CAI, and fertilization, the plant height, number of cladodes and CAI at 620 DAP. DAP showed a cubic effect on the plant height. Number of cladodes and CAI were dependent of spacing and DAP and also of fertilization and DAP adjusting cubic models. Generally the best results are associated with the fertilization (NPK) and (NP) and the spacing of 1.00 x 0.50 m. The quantities of nutrients used in fertilizations promote small changes in the production.

Index terms: *Opuntia*, morphometric characteristics, plant arrangement, fertilization, income.

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui hoje a maior área de palma plantada do mundo, cerca de 600 mil hectares, com predominância da espécie *Opuntia ficus indica*, mais conhecida como palma 'Gigante'. Atualmente há uma expansão do cultivo na região semiárida do Estado da Bahia, cuja principal finalidade é a produção de forragem. O sistema de produção é caracterizado pela baixa adoção de tecnologias, além da subutilização da planta, diante de suas múltiplas aplicabilidades. A situação corrente no campo, principalmente entre os produtores com menos recursos, caracteriza-se por plantios em áreas marginais da propriedade, sem preparo de solo, sem definição de alinhamento ou espaçamento, com tratos culturais muitas vezes resumidos a simples capina ou roçagem das plantas daninhas apenas próximo à colheita.

A definição correta do espaçamento para palma forrageira, constitui estratégia de manejo importante no estabelecimento e condução do palmal, pois a população de plantas, deve variar em acordo com fertilidade do solo, quantidade de chuvas, finalidade da exploração e com o consórcio a ser utilizado (Oliveira Jr. et al., 2009). O cultivo adensado da palma vem sendo bastante utilizado. Essa tecnologia embora propicie resultados expressivos em produção com 250 a 300 Mg ha<sup>-1</sup> de MV dois anos após o plantio, demanda níveis de adubação mais altos e maiores requerimentos em tratos culturais (Santos et al., 2006).

Para Santos et al. (2006) adubação orgânica ou mineral pode aumentar em mais de 100% a produção de palma. A planta apresenta elevado potencial de produção de fitomassa, entretanto a extração de nutrientes do solo é alta. Assim, sem um programa de adubação baseado no requerimento da planta, a sustentabilidade dos sistemas de produção de palma tende ao decréscimo ao longo do tempo, devido principalmente à redução na fertilidade dos solos (Dubeux Junior et al., 2006). O vegetal deve ser adaptado às condições climáticas da região para maximizar o seu potencial forrageiro, quando a fertilidade do solo atende às suas exigências e pode ter sua eficiência substancialmente melhorada pelo uso de fertilizantes (Alvim et al., 2003). A exigência nutricional desta planta é função da finalidade de produção (forragem, hortaliça ou fruto), da espécie e do genótipo (Murillo-Amador et al., 2005). De acordo com Santos et al. (1990), a cultura absorve grandes quantidades de nutrientes do solo. Os teores médios de N, P, K e Ca na matéria seca, são 0,9%, 0,16%, 2,58% e 2,35% respectivamente. Para uma produtividade média bienal de 40 Mg ha<sup>-1</sup> de matéria seca, a palma forrageira extrai cerca de 360 kg ha<sup>-1</sup>

de N, 64 kg ha<sup>-1</sup> de P, 1.032 kg ha<sup>-1</sup> de K e 940 kg ha<sup>-1</sup> de Ca (Dubeux Junior & Santos, 2005).

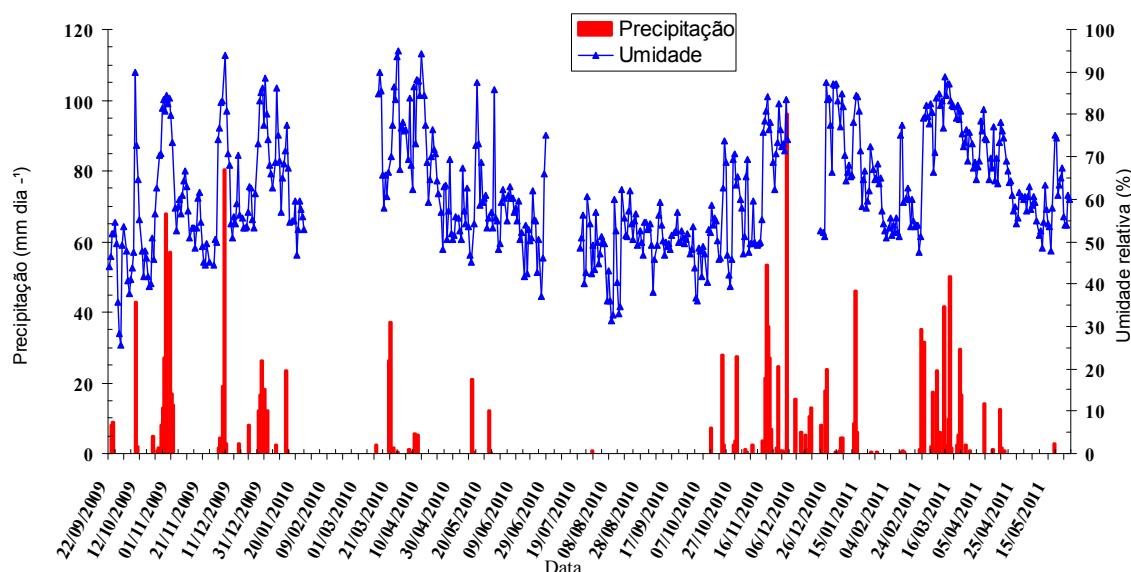
As variáveis climáticas, atributos do solo, tamanho da propriedade, disponibilidade de mão-de-obra, assistência técnica, possibilidade de mecanização, custos e disponibilidade de insumos, ocorrência de pragas e doenças, cultivo consorciado ou solteiro e espaçamento, dentre outros podem alterar o sistema a produção palma (Cortazar & Nobel, 1986; Dubeux Junior & Santos, 2005). As características de alta palatabilidade, produção de biomassa e resistência à seca a tornam um alimento essencial para os rebanhos em regiões semiáridas (Santos et al., 2005). Para Wanderley et al. (2002) é um alimento succulento, rico em água e mucilagem, com significativos teores de minerais, principalmente cálcio (Ca), potássio (K) e magnésio (Mg).

Oliveira et al. (2007) enfatizam a necessidade de estudos regionalizados, para conhecer o caráter dinâmico inerente ao ambiente de produção considerando diversidade sócio-econômica, cultural e edafo-climática que viabilizam a produção e ao genótipo. A influência da fertilização nos rendimentos dos cultivos é evidenciada por Stewart et al. (2005) que analisaram resultados de 362 cultivos, sob condições de clima temperado, em estudo de longo prazo envolvendo milho, trigo, soja, arroz e feijão vigna e verificaram que 30 a 50% do rendimento dessas culturas são atribuíveis a nutrientes de fertilizantes comerciais contendo N, P, K e que em regiões de clima tropical esses rendimentos podem ultrapassar 80% em culturas subsequentes. Assim, mudanças no manejo da cultura, como combinação de espaçamentos e de adubação podem aperfeiçoar o uso da radiação e o *status* nutricional da planta com conseqüente incremento nas taxas fotossintéticas, no crescimento, na produtividade e na composição nutricional. Dessa forma, este trabalho objetivou avaliar o efeito de diferentes espaçamentos e adubações mineral sobre o crescimento e produção da palma forrageira.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Instituto Federal Baiano, Guanambi, Sudoeste da Bahia. O solo da área é Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico, A fraco, textura média, fase Caatinga hipoxerófila, relevo plano a suave ondulado. As coordenadas são 14°13'30"S, 42°46'53"W, a altitude, 545 m, e o clima do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen, com médias anuais de precipitação de 663,69 mm e temperatura média de 26 °C. A Figura 1 apresenta a quantidade e distribuição de chuvas e umidade relativa

referentes ao período experimental, registradas por estação meteorológica automática instalada próxima a área. O período seco estendeu-se de meados de maio à meados de outubro de 2010.



**Figura 1.** Precipitação e umidade relativa, durante o período de 2009 a 2011. Estação automática. (IF Baiano – Campus Guanambi).

Observação: As áreas em branco no gráfico referem-se a períodos com interrupção das leituras, por falhas na estação meteorológica.

O delineamento foi em blocos ao acaso, com doze tratamentos em esquema fatorial 3 x 4 e três repetições. Utilizaram-se três espaçamentos: fileira simples, 1,00 m x 0,50 m; fileira simples, 2,00 m x 0,25 m; e fileira dupla, 3,00 m x 1,00 m x 0,25 m, todos com população de 20.000 plantas ha<sup>-1</sup>; e quatro combinações de adubações química: sem adubação química; adubação nitrogenada, fosfatada e potássica (NPK), nas doses de 200 kg ha<sup>-1</sup> de N, 150 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 100 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O; adubação nitrogenada e fosfatada (NP), nas quantidades de 200 kg ha<sup>-1</sup> de N e 150 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; e adubação fosfatada (P), na dose de 150 kg ha<sup>-1</sup>. A parcela experimental teve dimensões de 16 m x 4 m, e área útil de 8,00 m x 2,00 m, totalizando trinta e seis unidades experimentais com área total de 2.304 m<sup>2</sup>.

Após limpeza da área com roçadeira, demarcaram-se as 36 unidades experimentais, realizaram-se amostragem de solo para determinação das características químicas, na profundidade de 0,20 m, cujos resultados médios foram: pH em água = 5,3; (P = 10,6 e K = 53,8) mg dm<sup>-3</sup>; (Na = 0,1; Ca = 1,4; Mg = 0,9; Al = 0,1; (H+Al) = 1,8; SB = 2,4; t = 2,6 e T = 4,4) cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; (V = 55,9 e m = 5,0)%; (Cu = 0,3; Fe = 7; Mn = 57,7; Zn = 2,0) mg dm<sup>-3</sup>. Na sequência preparou-se o solo com operações de subsolagem a 35 cm de profundidade e duas gradagens seguidas de abertura dos sulcos, com sulcador de três linhas

regulado para 1,00 m entre os sulcos e profundidade média de 0,30 m. O plantio foi feito ao final de setembro de 2009, utilizando um cladódio ("raquete") por cova, na posição vertical a uma profundidade correspondente à metade do artigo. As mudas foram obtidas em cultura de palma da própria Instituição, com peso aproximado de 1,0 kg, livre de pragas e doenças. Após o corte e seleção no campo, as mudas foram colocadas em repouso, à sombra, por um período de quinze dias, para cicatrização dos ferimentos feitos no processo de colheita.

Durante o plantio foi realizada a adubação fosfatada, em cada parcela correspondente a esse tratamento, aplicando 150 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, o que equivale a uma aplicação de 5,33 kg parcela<sup>-1</sup> de superfosfato simples. Na condução do experimento as adubações de cobertura com nitrogênio, 200 kg ha<sup>-1</sup> e potássio, 100 kg ha<sup>-1</sup> (6,4 kg parcela<sup>-1</sup> de sulfato de amônio e 1,10 kg parcela<sup>-1</sup> de cloreto de potássio ) foram divididas em quatro aplicações, correspondente à 15%, 25%, 30% e 30% do total, respectivamente. A primeira aplicação, 0,96 kg parcela<sup>-1</sup> de sulfato de amônio e 0,17 kg parcela<sup>-1</sup> de cloreto de potássio, realizada em 28/12/2009, respeitando as condições de solo úmido e a existência de pelo menos um cladódio por planta. A segunda aplicação foi em 23/02/2010, correspondendo a 1,60 kg parcela<sup>-1</sup> de sulfato de amônio e 0,28 Kg parcela<sup>-1</sup> de cloreto de potássio, 57 dias após a primeira, também com solo úmido. A terceira e a quarta aplicações com 1,92 Kg parcela<sup>-1</sup> de sulfato de amônio e 0,33 kg parcela<sup>-1</sup> de cloreto de potássio cada, foram feitas em 14/11/2010 e 27/12/2010, respectivamente, após início do período chuvoso.

O controle de plantas daninhas, inicialmente foi feito com auxílio de enxadas e posteriormente adotou-se capina química com glifosato, aplicado em jato dirigido nas entrelinhas da cultura. O controle de outras pragas seguiu as recomendações da literatura.

As avaliações de crescimento foram realizadas a partir dos 90 dias após o plantio (DAP), em quatro plantas de cada parcela útil identificadas ao acaso, num total de 144 plantas avaliadas. Mensuraram-se a cada trinta dias, dos 90 aos 390 DAP: altura da planta, número de cladódios por planta, comprimento, largura, espessura e área de cladódios. Foi utilizada trena milimetrada para determinar a altura de planta, largura e comprimento de cladódio. Para as medições de largura e comprimento dos cladódios, foi considerada a região de maior largura e comprimento dos mesmos. A altura da planta foi obtida pela medição desde o solo até a extremidade do artigo mais alto. Enquanto a espessura foi avaliada com uso de paquímetro digital, medindo a região mediana dos cladódios. Também foi obtido o índice de área do cladódio (IAC), estimado pela multiplicação da área média

do cladódio (considerando os dois lados) pelo número de cladódios da planta, obtendo-se a área total dos cladódios da planta e em seguida dividindo-a pela área ocupada por planta no solo ( $\text{m}^2$  de área de cladódio  $\text{m}^{-2}$  de solo).

Aos 620 DAP, época da colheita, foram avaliados a altura da planta, o número de cladódios, o IAC, a produção de massa verde (PMV) e de matéria seca (PMS). Para determinação da produção de matéria seca foram colhidas, com o auxílio de uma serra copo (5,00 cm de diâmetro por 4,00 cm de profundidade) acoplada a uma furadeira à bateria, cerca de 45 amostras de 25 a 30 g em cada tratamento. Estabeleceu-se uma ordem de modo que todos os cladódios que seriam colhidos fossem amostrados. Das amostras coletadas, foram pesados 1.000 g que, em seguida, foram secas em estufa de ventilação forçada a 60 °C, por 72 horas. De acordo com a metodologia descrita por Silva & Queiroz (2009) foram determinados os teores de matéria seca (MS). Para calcular a produção de massa verde. Os cladódios da parcela útil foram colhidos inteiros preservando os primários, e posteriormente pesados para obtenção da produção de massa verde ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ). A produção de matéria seca (PMS) foi calculada em função do teor de matéria seca (MS) do tratamento multiplicado pela produção de massa verde (PMV), obtendo assim a PMS ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ).

Os dados das avaliações foram submetidos à análise de variância para verificação da significância das interações entre os fatores testados pelo Teste F a 5% de probabilidade. As interações significativas foram desdobradas e as médias comparadas pelo Teste de Duncan a 5% de probabilidade. Nos casos de não ocorrência de interações, foram estudados os efeitos dos fatores principais. Para as avaliações de crescimento ao longo do tempo (90 a 390 dias após o plantio, DAP) foram utilizadas análises de regressão.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ocorreram interações significativas ( $P < 0,05$ ) entre os espaçamentos de plantio e as adubações química no período compreendido entre 90 e 390 dias após o plantio (DAP), para altura da planta, número de cladódios por planta e índice de área de cladódios (Tabela 1).

Nos espaçamentos 1,00 m x 0,50 m e 3,00 m x 1,00 m x 0,25 m as plantas adubadas com NPK e NP apresentaram maior altura e maior número de cladódios ( $P < 0,05$ ), respectivamente, comparados aos tratamentos sem adição de adubo e com aplicação de P (Tabela 1). Enquanto nos espaçamentos 1,00 m x 0,50 m para número de cladódios e 2,00



m x 0,25 m para número de cladódios e índice de área de cladódios, os valores foram maiores nas plantas adubadas com NPK comparativamente à NP. As plantas adubadas com P e sem adubação expressaram os menores valores para estas características. Altura da planta no espaçamento 2,00 m x 0,25 m foi maior para as plantas com NP em comparação à P, e no espaçamento 3,00 m x 1,00 m x 0,25 m, maior nas plantas adubadas com NPK que nas plantas sem adubação. Comportamento semelhante ocorreu para índice de área de cladódios no espaçamento 3,00 m x 1,00 m x 0,25 m. No espaçamento 1,00 m x 0,50 m o índice de área de cladódios diferiu entre as adubações aplicadas às plantas, com ordem decrescente de valores, de NPK, para NP, P e sem adição de adubo.

**Tabela 1.** Características morfométricas médias avaliadas entre 90 e 390 dias após o plantio, em palma forrageira submetida a diferentes espaçamentos e adubações químicas.

Características morfométricas	Espaçamento (m)	Adubações N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )				CV (%)
		000-000-000	000-150-000	200-150-000	200-150-100	
Altura da planta (cm)	E <sub>1</sub> - 1,00 x 0,50	64,06 bA	63,96 bA	70,46 aA	72,76 aA	7,6
	E <sub>2</sub> - 2,00 x 0,25	62,71 bcAB	62,18 cA	66,38 aB	65,02 abB	
	E <sub>3</sub> - 3,00 x 1,00 x 0,25	60,77 bB	63,06 abA	62,96 abC	65,29 aB	
Número de cladódios por planta (un)	E <sub>1</sub> - 1,00 x 0,50	6,59 cA	6,97 cA	8,84 bA	9,53 aA	18,6
	E <sub>2</sub> - 2,00 x 0,25	6,04cA	6,11 cB	7,48 bB	8,56 aB	
	E <sub>3</sub> - 3,00 x 1,00 x 0,25	6,34 bA	6,25 bB	7,45 aB	7,27 aC	
Índice de área de cladódios (m <sup>2</sup> m <sup>-2</sup> )	E <sub>1</sub> - 1,00 x 0,50	0,65 dA	0,74 cA	0,96 bA	1,09 aA	20,3
	E <sub>2</sub> - 2,00 x 0,25	0,59 cA	0,64 cB	0,84 bB	0,96 aB	
	E <sub>3</sub> - 3,00 x 1,00 x 0,25	0,60 cA	0,67 bcB	0,75 abC	0,77 aC	

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Nas plantas sem adição de adubo, número de cladódios e índice de área de cladódios foram similares ( $P < 0,05$ ) nos três espaçamentos, enquanto a altura da planta foi maior no 1,00 m x 0,50 m comparativamente ao 3,00 m x 1,00 m x 0,25 m (Tabela 1). As plantas adubadas com NPK, apresentaram maior altura no espaçamento 1,00 m x 0,50 m, e decréscimo para número de cladódios e índice de área de cladódios no 1,00 m x 0,50 m para 2,00 m x 0,25 m e 3,00 m x 1,00 m x 0,25 m. Este resultado repetiu para altura da planta e índice de área de cladódios nas plantas com NP, enquanto o número de cladódios foi maior no espaçamento de 1,00 m x 0,50 m. Nas plantas que receberam apenas P, a altura da planta foi similar entre os espaçamentos adotados e o número de cladódios e índice de cladódios por planta foi maior para 1,00 m x 0,5 m.

De forma geral, a presença de NPK ou NP na formulação utilizada aumenta os valores das características de crescimento avaliadas, altura da planta, número de cladódios e índice de área de cladódios. A adição de fertilizantes melhora a disponibilidade e o transporte de nutrientes no solo e a absorção pelas plantas, interferindo no seu crescimento.

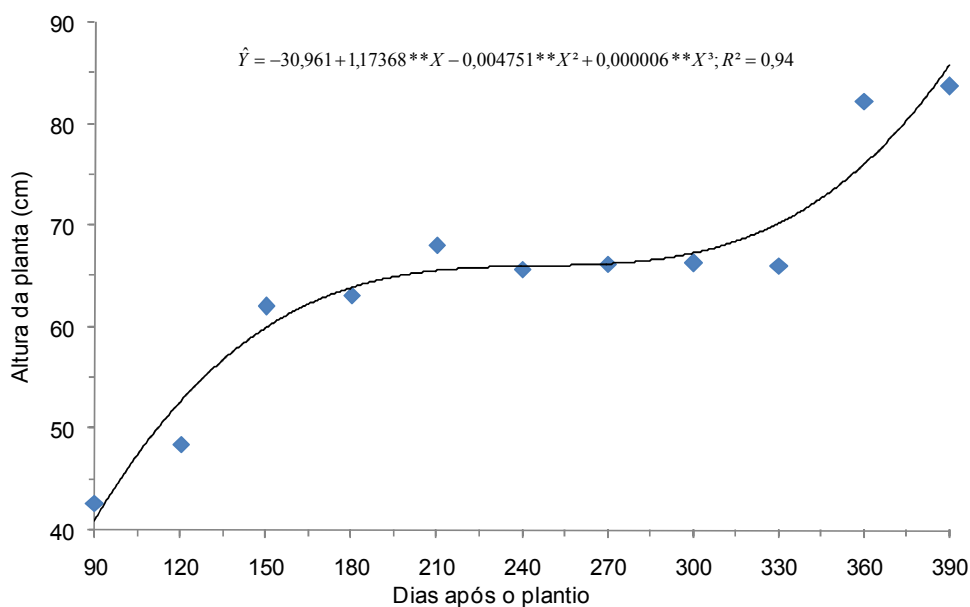
Razões adicionais para a proximidade de resultados entre os tratamentos NPK e NP, auferindo em maioria dos casos, maiores valores para as características morfométricas decorrem da baixa resposta à K pela planta, pois este não é limitante no solo, uma vez que ocorre reposição para a solução, pela reserva da fase sólida do solo à medida que é absorvido pela planta, e, principalmente da interação entre nitrogênio e potássio (Malavolta, 2004). O nitrogênio é o nutriente que mais incrementa o ganho de produtividade em culturas agrícolas e que mais limita a produção, particularmente sob adequado suprimento de fósforo. Sob deficiência deste, as plantas não respondem ao aporte de nitrogênio. Stewart et al. (2005), estudaram 362 cultivos de longo prazo com milho, trigo, soja, arroz e feijão vigna em diferentes partes do mundo com ensaios NPK, NK, e NP, e constataram maior decréscimo na produtividade, cerca de 40% com omissão de P e menor, 30%, sem K. O crescimento, a área foliar e a produção de qualquer vegetal são influenciados pelas doses de N e P aplicadas e pela interação entre eles (Araújo & Machado, 2006). Como relatam Araújo & Machado (2006) pela importância nas reações fotossintéticas e no metabolismo do carbono, processos fundamentais para a assimilação do nitrogênio, N e P interagem de forma sinérgica, em que ambos os nutrientes, em doses adequadas, promovem aumentos na produção vegetal maiores que aqueles obtidos com aplicações de cada nutriente isoladamente. A aplicação de nitrogênio no solo, na presença de fósforo leva à maior crescimento da raiz e da parte aérea, maior metabolismo e maior absorção (Malavolta, 2004).

O tratamento com P foi semelhante ao sem adubação. A palma forrageira, cultivar Gigante, tem baixa capacidade de resposta à adubação fosfatada, com desempenho positivo apenas com P no solo menor que  $10 \text{ mg dm}^{-3}$  (Dubeux Júnior et al., 2010), situação próxima ao do presente trabalho, cujo teor de P no solo era de  $10,6 \text{ mg dm}^{-3}$  e textura semelhante.

Dubeux Júnior et al. (2010) trabalhando em casa de vegetação com clone 'IPA-20', não verificaram efeito de P, K e interação para número de cladódios. Teles et al. (2002) não observaram influência de P e K para número de artículos primários, em plantas com nove meses de idade. Avaliando cultivar IPA 20, em diferentes níveis de fertilização de N e P com  $40.000 \text{ plantas ha}^{-1}$ , Dubeux Júnior et al. (2006) constataram aumento do número de cladódios com o N em resposta quadrática no nível de  $P=0$  e em resposta linear positiva com  $76 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $P_2O_5$ . No Chile, sob pluviosidade média de  $330 \text{ mm ano}^{-1}$ , Cortazar et al. (2001) encontraram 3,5 cladódios por planta aos 450 DAP, com  $60.000 \text{ plantas ha}^{-1}$  e adubação orgânica.

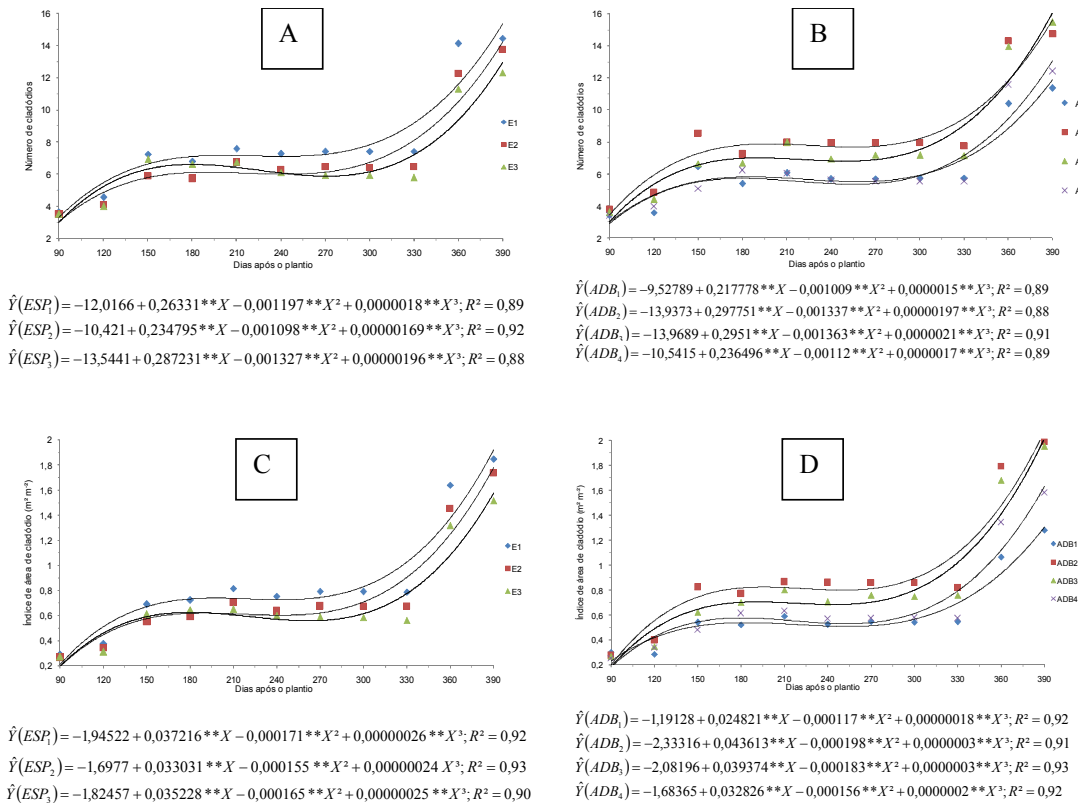
Na ausência de adubação, o número de cladódios por planta e o índice de área de cladódios foi similar para os espaçamentos de plantio utilizados. Em geral predominaram maiores valores para as características morfométricas associados às fileiras simples com 1,00 m x 0,50 m para as diferentes adubações NPK, NP e P, e também constância de maiores respostas para fileira simples 2,00 m x 0,25 m. As plantas em fileira dupla, 3,00 m x 1,00 m x 0,25 m, expressaram menores médias quando expostas à adubação. Este arranjo de plantas, apesar de conferir mesma área ocupada por planta, resulta em maior proximidade das plantas na fileira, concentrando o sistema radicular e aumentando a competição na mesma zona de absorção, o que limita a área explorada e a disponibilidade de nutrientes. Silva et al. (2010) relatam que o arranjo das plantas pode ser modificado variando a população de plantas e o espaçamento entre linhas, alterando a área e a forma da área disponível para cada planta. No espaçamento 1,00 m x 0,50 m há maior uniformidade de distribuição das plantas na unidade experimental, com maior exploração do solo pelo sistema radicular e menos sombreamento entre plantas vizinhas, favorecendo a eficiência fotossintética, o que resulta em mais crescimento.

Nas avaliações de crescimento ao longo do tempo (90 a 390 dias) ajustaram-se modelos cúbicos para altura da planta (Figura 2) em função de DAP, para número de cladódios e índice de área de cladódios em função de DAP e espaçamento (Figura 3A e B) e também em função de DAP e adubação (Figura 3C e D). Os modelos ajustados justificam-se pela alternância entre períodos com condições favoráveis e desfavoráveis ao crescimento da palma forrageira (Figura 1).



**Figura 2.** Altura média da planta de palma em função de dias após o plantio.

Ao comparamos os dados de precipitação (Figura 1) com as curvas de crescimento (Figuras 2 e 3A a D) ajustadas em função de DAP verifica-se que o início das avaliações coincide com o final de um período chuvoso (janeiro a abril de 2010), seguido por uma estiagem (maio a setembro de 2010) e reinício das chuvas (outubro e novembro de 2010).



**Figura 3.** Número de cladódios e índice de área de cladódios de palma forrageira submetida a diferentes espaçamentos (A e C) e adubações N-P-K (B e D), em função de dias após o plantio.

Os períodos de chuvas nas fases inicial e final favoreceram ritmos de crescimento acelerados, devido à presença de precipitação e maior disponibilidade de nutrientes decorrente das adubações e da melhoria do fluxo difusivo. As adubações em cobertura também contribuíram para esse resultado, pois foram realizadas nessa época. No período sem chuva, coincidente com a fase intermediária (210 a 300 DAP), falta de água, com consequências também na disponibilidade de nutrientes, resultam em estabilização do crescimento. Fotossíntese, respiração, transpiração e absorção de nutrientes são processos fisiológicos e bioquímicos dependentes de água, desta forma o crescimento vegetativo está fortemente relacionado ao conteúdo de água no solo (Sampaio, 2005). Assim, percebe-se um ritmo de crescimento maior na fase inicial, seguido de uma fase de semi-dormência coincidente com o período seco, e posteriormente ritmo acelerado de crescimento, maior

que a fase inicial, ajustando-se modelos cúbicos, com adequados coeficientes de determinação.

Durante a seca, mecanismos de sobrevivência são acionados em detrimento da produção de matéria seca. Essas plantas excluem o estresse por seca também de forma temporal, promovendo crescimento intenso sob condições favoráveis (Taiz & Zeiger, 2009), maior disponibilidade hídrica e de nutrientes. Nestas condições, a palma, experimenta elevado crescimento da área de cladódios, com grande acúmulo de água, como mecanismo de sobrevivência preferencial ao balanço de CO<sub>2</sub> e acúmulo de matéria seca.

O número de cladódios no espaçamento 1,00 m x 0,50 m foi maior durante todo o período de avaliação (Figura 3A). Até aproximadamente 240 DAP o número de cladódios para o espaçamento 3,00 m x 1,00 m x 0,25 m foi maior em comparação ao 2,00 m x 0,25 m. Após 240 DAP houve uma inversão, que pode ser explicada pelo crescimento da cultura ampliando a competição entre plantas na exploração do solo e possivelmente por luminosidade, já que nesse espaçamento as plantas se encontram mais próximas na fileira.

Da análise da Figura 3B verifica-se que o tratamento com NPK, praticamente durante todo o período, imprimiu um maior número de cladódios por planta e o tratamento com P mostrou comportamento semelhante ao sem adubação. No final do período percebe-se semelhança nas curvas de número de cladódios referentes ao tratamento com NPK e NP. Fato explicável pela ampliação do sistema radicular explorando maiores áreas e coincidência de alta intensidade de chuva facilitando a disponibilidade de nutrientes e uniformizando as condições entre os dois tratamentos, além das razões apresentadas anteriormente.

O índice de área de cladódios é dependente de crescimento e arranjo de plantas. As curvas dos IACs expressaram também comportamento cúbico (Figura 3C e D). No espaçamento 1,00 m x 0,50 m as plantas apresentaram maior índice de cladódios comparado aos demais espaçamentos. Os tratamentos com NPK, expressaram IAC maior que os demais testados. As curvas de IAC para adubação com P e o tratamento sem adubação, foram semelhantes durante quase todo o tempo de avaliação. Na fase final do período, a maior disponibilidade hídrica decorrente das precipitações, melhora o fluxo difusivo de P no solo e, o aproveitamento da adubação fosfatada, e os IAC superaram o tratamento sem adubação.

Altura da planta e número de cladódios aos 620 DAP, época da colheita, teve efeito de adubação ( $P < 0,05$ ), independentemente do espaçamento de plantio. O índice de área de

cladódios variou ( $P<0,05$ ) com espaçamento e adubação, de forma independente (Tabela 2).

A menor altura ( $P<0,05$ ) foi constatada sem adubação em comparação ao uso de NPK, NP e P (Tabela 2). Altura semelhante foi medida por Silva et al. (2010), com adubos orgânico e químico em 50 clones de palma aos 720 DAP, 20.000 plantas  $ha^{-1}$ , espaçamento 1,00 m x 0,50 m, 45,2 a 127,3 cm e média de 90,1 cm. Ferreira et al. (2003) observaram altura máxima e mínima de 122,9 e 70,2 cm, em clones colhidos aos dois anos de idade.

O número de cladódios foi maior para as plantas que receberam NPK (Tabela 2) em comparação às não adubadas e adubadas com P. Ramos et al. (2011) observaram 11,45 cladódios aos 455 DAP. Teles et al. (2002) observaram diferenças ( $P<0,05$ ) entre tratamentos com P e K para número de cladódios secundários e total por planta.

**Tabela 2.** Características morfométricas médias avaliadas aos 620 dias após o plantio, em palma forrageira submetida a diferentes espaçamentos e adubações química.

Características morfométricas	Espaçamento (m)			Adubações N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O (kg $ha^{-1}$ )				CV (%)
	E <sub>1</sub> - 1,00x0,50	E <sub>2</sub> - 2,00x0,25	E <sub>3</sub> - 3,00x1,00x0,25	000-000-000	000-150-000	200-150-000	200-150-100	
Altura da planta (cm)	87,92	85,29	83,83	75,72 B	86,53 A	87,61 A	92,86 A	9,25
Número de cladódios por planta (un)	13,00	12,08	11,33	10,47 C	11,58 BC	12,61 AB	13,89 A	14,37
Índice de área de cladódios (m <sup>2</sup> m <sup>-2</sup> )	1,79 A	1,79 A	1,51 B	1,25 C	1,57 B	1,72 B	2,08 A	14,81

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha, para espaçamento e para tipos de adubações, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

O maior IAC médio ( $P<0,05$ ) resultou da adubação NPK (Tabela 2). A adubação com NP foi similar à adubação com P para IAC, enquanto o menor valor de IAC foi registrado nas plantas sem adubação. Os espaçamentos em fileira simples, 1,00 m x 0,50 m e 2,00 m x 0,25 m, proporcionaram maior IAC quando comparados ao espaçamento em fileira dupla, 3,00 m x 1,00 m x 0,25 m. Farias et al. (2000) alegam que a palma possui baixa superfície fotossintetizante comparada à gramíneas forrageiras, cujos índices de área foliar variam entre três e cinco (Rêgo et al., 2002). Sob suplementação adequada de nutrientes, o plantio adensado, maior IAC, permite maior interceptação de luz (Santos et al., 2005), e, maiores produtividades, embora dependa da filotaxia da espécie e ou cultivar (Rosa et al., 2004). Teles et al. (2002) testando adubação e nematicida em casa de vegetação encontraram 1,69 de IAC aos 270 dias. Dubeux Junior et al. (2006) obtiveram efeito crescente para IAC em função de doses de P, com 40.000 plantas  $ha^{-1}$ . Almeida

(2011) encontrou IAC máximo (4,13) para palma cv. IPA 20, com adubação orgânica e química e 40.000 plantas ha<sup>-1</sup>, aos 900 DAP, e confirma o seu efeito em aumento de massa verde e matéria seca. Alves et al. (2007) verificaram que a conservação dos cladódios secundários na colheita em alternativa à apenas a dos primários, aumenta a produção de matéria seca na colheita seguinte devido a maior eficiência fotossintética decorrente do maior IAC. Resultado semelhante ao tratamento sem adubação foi encontrado por Flores-Hernandes et al. (2004), IAC de 0,67 para o clone com um ano de idade.

As produções de massa verde e de matéria seca, quantificadas aos 620 DAP, à época da colheita, foram dependentes das interações (P<0,05) entre os espaçamentos de plantio e tipos de adubações química utilizados (Tabela 3). Para Dubeux Júnior et al. (2006) a produção de fitomassa depende dos processos de crescimento da planta forrageira, podendo ter sua eficiência substancialmente melhorada pelo arranjo de plantas e uso de fertilizantes.

**Tabela 3.** Produção de massa verde e de matéria seca (Mg ha<sup>-1</sup>), avaliada aos 620 dias após o plantio, em cultura de palma forrageira submetida a diferentes espaçamentos e adubações química.

Produção	Espaçamento (m)	Adubações N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )				CV (%)
		000-000-000	000-150-000	200-150-000	200-150-100	
Produção de massa verde (Mg ha <sup>-1</sup> )	E <sub>1</sub> - 1,00 x 0,50	131,67 cB	227,67 bA	275,67 abA	309,67 aA	15,27
	E <sub>2</sub> - 2,00 x 0,25	200,00 aA	192,67 aA	200,00 aB	242,00 aB	
	E <sub>3</sub> - 3,00 x 1,00 x 0,25	157,67 bAB	224,67 aA	214,33 abB	208,00 abB	
Produção de matéria seca (Mg ha <sup>-1</sup> )	E <sub>1</sub> - 1,00 x 0,50	13,40 bB	19,38 aA	20,87 aA	22,73 aA	15,36
	E <sub>2</sub> - 2,00 x 0,25	18,11 aA	14,87 aA	16,12 aB	18,24 aB	
	E <sub>3</sub> - 3,00 x 1,00 x 0,25	14,13 aAB	16,05 aA	15,67 aB	15,68 aB	

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

No espaçamento 1,00 m x 0,50 m, a menor produção de massa verde ocorreu sem adição de adubo (Tabela 3). A produção de massa verde para as plantas adubadas com NPK foi similar às que receberam NP e superior às adubadas com P, embora as plantas adubadas com NP e P não diferiram entre si. No espaçamento 2,00 m x 0,25 m a produção de massa verde foi semelhante para todas as adubações. Sob espaçamento 3,00 m x 1,00 m x 0,25 m as plantas adubadas com P expressaram maior produção comparada às plantas sem adição de adubo. Ramos et al. (2011) observaram produtividades de 130,06 Mg ha<sup>-1</sup>, com 1,00 m x 0,50 m avaliando os espaçamentos (1,00 m x 1,00 m; 1,00 m x 0,50 m; 2,00 m x 1,00 m; 2,00 m x 0,50 m). Ferreira (2003) testando diversos clones, com 1,00 m x 0,50 m, encontrou para a cv. Gigante 342,8 Mg ha<sup>-1</sup> de massa verde aos 720 DAP. Alves et al.

(2007) não verificaram efeito dos espaçamentos (2,00 m x 1,00 m; 3,00 m x 1,00 m x 0,50 m e 7,00 m x 1,00 m x 0,50 m) sobre produção de MV da cv. Gigante.

A produtividade média de matéria seca foi 17,10 Mg ha<sup>-1</sup> (Tabela 3). As plantas sob espaçamento 1,00 m x 0,50 com NPK, NP e P produziram mais matéria seca (P<0,05) que as plantas sem adubação. Nos espaçamentos 2,00 m x 0,25 m e 3,00 m x 1,00 m x 0,25 m as produções de matéria seca foram estatisticamente semelhantes para as diferentes combinações de NPK. Dubeux Júnior et al. (2006) constataram influência da população de plantas na produtividade, em várias localidades, com MS variando de 6 a 17 Mg ha<sup>-1</sup> com 5.000 plantas (2,00 m x 1,00 m) e de 17,8 a 33,7 Mg ha<sup>-1</sup> em 40.000 plantas ha<sup>-1</sup> (1,00 m x 0,25 m). Alves et al. (2007) obtiveram 5,6 Mg ha<sup>-1</sup> de MS, sem efeito de espaçamento, com 5.000 e 10.000 plantas ha<sup>-1</sup>. Cortazar et al. (2001) encontraram 19,9 Mg ha<sup>-1</sup> de MS aos 450 DAP, com 60.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

As plantas sem adubação produziram mais massa verde e matéria seca (P<0,05) no espaçamento 2,00 m x 0,25 m comparado ao 1,00 m x 0,50 m (Tabela 3). As plantas adubadas com NPK e NP produziram maior quantidade de massa verde e de matéria seca sob espaçamento 1,00 m x 0,50 m e quando adubadas apenas com P foram similares estatisticamente nos três espaçamentos.

Avaliando adubações com P e K em palma cv. Clone IPA-20, Dubeux Júnior et al. (2010), constataram efeito de K na produção de massa verde e matéria seca. Ferreira (2003), ao avaliar clones de palma com espaçamento de 1,00 m x 0,50 m, obteve produção de 342,8 Mg ha<sup>-1</sup> de MV aos 720 DAP, para a cv. Gigante. Houérou (1996) observou maiores rendimentos, 50 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de MS, nas zonas áridas e semiáridas do Mediterrâneo sob condições favoráveis de água e nutrientes, 12 a 16 Mg ha<sup>-1</sup> de MS sob precipitação anual de 400-600 mm, sem adubação mineral ou orgânica, enquanto, com pluviosidade de 200-400 mm e sem fertilizante, a MS variou de 4 a 12 Mg ha<sup>-1</sup>. Dubeux Júnior et al. (2006) encontraram variação significativa de produção de 11,5 e 23,8 Mg ha<sup>-1</sup> de matéria seca, em função de doses 0 e 76 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente, aos 720 DAP.



#### 4. CONCLUSÕES

1. O crescimento da palma forrageira no semiárido nordestino é determinado pelo índice pluviométrico .

2. Não existem diferenças em produção de matéria seca em função das adubações NPK, NP, P e testemunha para os espaçamentos 2,00 m x 0,25 m e 3,00 m x 1,00 m x 0,25 m

3. As adubações com NPK e NP, principalmente sob espaçamento de 1,00 m x 0,50 m, conferem melhores respostas para as características de crescimento avaliadas e para produção de massa verde e matéria seca.

4. As quantidade de nutrientes utilizados nas adubações promovem pequenas alterações na produção..

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, J.A **Palma forrageira na Região Semiárida do Estado da Bahia: diagnóstico, crescimento e produtividade**. 2011. 95p. Tese (Doutorado) – Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Cruz das Almas-BA.

ALVES, R.N.; FARIAS, I.; MENEZES, R.S.C.; LIRA, M. de A.; SANTOS, D.C. dos. Produção de forragem pela palma após 19 anos sob diferentes intensidades de corte e espaçamentos. **Revista Caatinga**, v.20, n.4, p.38-44, 2007.

ALVIM, M.J.; BOTREL, M. de A.; REZENDE, H.; XAVIER, D.F. Avaliação sob pastejo do potencial forrageiro de gramíneas do gênero *Cynodon*, sob dois níveis de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.1, p.47-54, 2003.

ARAÚJO, A.P.; MACHADO, C.T. de T. Fósforo. In: FERNANDES, M.S. Ed. **Nutrição mineral de plantas**. Sociedade Brasileira de Ciências do Solo. Viçosa-MG. p.253-280. 2006. 432p.

CORTAZAR, V.G. de; NOBEL, P.S. Modeling of par interception and productivity of a prickly pear cactus, *Opuntia ficus-indica* L., at various spacings. **Agronomy Journal**, v.78, p.80–85. 1986.

CORTÁZAR, V.G; VARNERO, M.T.; ESPINOSA, M. Efecto de bioabono sobre el área fotosintéticamente activa, producción de cladodios y eficiencia de recuperación de N en un cultivo de tuna (*Opuntia ficus-indica* L.) en el primer año post-plantación. **Journal of the Professional Association for Cactus Development**, p.93-104. 2001.

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**. 2º ed., Editora Universitária da UFPE. Recife-PE. p.105-128. 2005.

DUBEUX JÚNIOR, J.C.B.; SANTOS, M.V.F. dos; LIRA, M. de A.; SANTOS, D.C. dos; FARIAS, I.; LIMA, L.E.; FERREIRA, R.L.C.; Productivity of *Opuntia ficus-indica* (L) Miller under different N and P fertilization and plant population in northeast Brasil. **Journal of Arid Environments**, v. 67, n. 3, p. 357-372, 2006.

DUBEUX JÚNIOR, J.C.B.; ARAÚJO FILHO, J.T.; SANTOS, M.V.F dos. ; LIRA, M de A.; SANTOS, D.C. dos. PESSOA, R.A.S. Adubação mineral no crescimento e composição mineral da palma forrageira – Clone IPA-20. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.5, n.1, p.129-135. 2010.

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

FERREIRA, C.A.; 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, n.6, p.1560-1568, 2003 (Supl. 1).

FLORES-HERNÁNDEZ, A.; ORONA-CASTILLO, I.; MURILLO-AMADOR, B. Yield and physiological traits of prickly pear cactus ‘nopal’ (*Opuntia* spp.) cultivars under drip irrigation. **Agricultural Water Management**, v.70, n.2, p.97-107, 2004.

HOUÉROU, H.N. Le. The role of cacti (*Opuntia* spp.) in erosion control, land reclamation, rehabilitation and agricultural development in the Mediterranean Basin. **Journal of Arid Environments**, v.33, n.2, p.135-159, 1996.

MALAVOLTA, E. O fósforo na planta e interações com outros elementos. In: YAMADA, T.; STIPP e ABDALLA, S.R. (Ed.). **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Potafos, 2004, p.35-105.

MURILLO-AMADOR, B.; GARCIA-HERNÁNDEZ, J.L.; ÁVILA-SERRANO, N.Y.; ORONA-CASTILLO, I.; TROYO-DIÉGUEZ, E.; NIETO-GARIBAY, A.; RUIZ-ESPINOZA, F.H.; ZAMORA-SALGADO, S. A multivariate approach to determine the effect of doses and sources of N, P and K in *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. 2005. Disponível em [http://www. Jpacd.org](http://www.Jpacd.org). acessado em 10 de setembro de 2011.

OLIVEIRA, A.S. CUNHA, D.N.F.V.da; CAMPOS, J.M.deS; VALE, S.M.L.R.do; ASSIS, A. J. de. Identificação e quantificação de indicadores-referência de sistemas de produção de leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.2, p.507-516, 2007.

OLIVEIRA JUNIOR, S.; NETO, M.B.; RAMOS, J.P.F. Crescimento vegetativo da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*) em função do espaçamento no Semiárido Paraibano. **Tecnologia & Ciências Agropecuária**, v.3, n.1, p.7-12. 2009.

RAMOS, J.P.F.; LEITE, M.L.M.V.; OLIVEIRA JUNIOR, S.; NASCIMENTO, J.P.; SANTOS, E.M. Crescimento vegetativo de *Opuntia ficus-indica* em diferentes espaçamentos de plantio. **Revista Caatinga**, v.24, n.3, p.41-48, 2011.

RÊGO, F.C.A.; CECATO, U.; CANTO, M.W.; MARTINS, E.N.; SANTOS, G.T. dos. ANO, .P.; PETERNELL, M. Características morfológicas e índice de área foliar do Capim-Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia-1) manejo em diferentes alturas, sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31,n.5, p. 1931-1937, 2002.

ROSA, S.R.A.; CASTRO, T.A.P.; OLIVEIRA, I.P. Análise de crescimento em braquiária nos sistemas de plantios solteiro e consórcio com leguminosas, **Ciência Animal Brasileira**, v.5, n.1, p.9-17, 2004.

SAMPAIO, E.V.S.B. Fisiologia da palma. 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**. 2º ed., Editora Universitária da UFPE. Recife-PE. p.43-63. 2005.

SANTOS, D.C.; FARIAS, I.; LIRA, M.A.; SANTOS, M.V.F.; ARRUDA, G.P.; COELHO, R. S.B.; DIAS, F.M.; MELO, J.N. de. **Manejo e utilização da palma forrageira (Opuntia e Nopalea) em Pernambuco**. Recife: IPA, 2006. 48f. (IPA. Documentos, 30).

SANTOS, M.V.F.; FERREIRA, M.A.; BATISTA, A.M.V. Valor nutritivo e utilização da palma forrageira na alimentação de ruminantes. 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**. 2º ed., Editora Universitária da UFPE. Recife-PE. p.143-162. 2005.

SANTOS, M.V.F.; LIRA, M. de A.; FARIAS, I.; BURITY, H.A.; ASCIMENTO, M. M.A.; SANTOS, D.C.; TAVARES FILHO, J.J. Estudo comparativo das cultivares de palma forrageira “Gigante”, “Redonda” (*Opuntia ficus-indica* Mill) e “Miúda” (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dick) na produção de leite. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.19, n.6, p.504-511, 1990.

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

SILVA, N.G.M.; LIRA, M.A.; SANTOS, M.V.F. Relação entre características morfológicas e produtivas de clones de palma forrageira. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.39, n.11, p.2389-2397. 2010.

STEWART, W.M.; DIBB, D.W.; JOHNSTON, A.E.; SMYTH, T.J. Contribution of commercial fertilizer nutrients to food production. **Agronomy Journal**, v.97, n.1, p.1-6, jan-fev. 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4ª edição. Artmed Editora S. A. p.203 – 242. 2009.

TELES, M.M.; SANTOS, M.V.F dos.; DUBEUX JÚNIOR, J.C.B.; BEZERRA NETO, E.; FERREIRA, R.L.C.; LUCENA, J.E.C.; LIRA, M. de 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.

WANDERLEY, W.L; ANDRADE FERREIRA, M. de; ANDRADE, D.K.B. de; VÉRAS, A. S.C.; FARIAS, I.; LIMA, L.E. de; DIAS, A.M. de A. Palma Forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) em Substituição à Silagem de Sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) na Alimentação de Vacas Leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.273-281, 2002.

### CAPÍTULO 3

#### COMPOSIÇÃO MINERAL EM CLADÓDIOS DE PALMA FORRAGEIRA SOB DIFERENTES ESPAÇAMENTOS E ADUBAÇÕES QUÍMICA

**Resumo** - Objetivou-se avaliar teores de nutrientes na palma forrageira, sob diferentes espaçamentos e adubações aos 390 e 620 dias após o plantio (DAP). Usou-se delineamento em blocos casualizados, 12 tratamentos, três repetições, em fatorial 3 x 4: três espaçamentos: 1,00 m x 0,50 m; 2,00 m x 0,25 m e 3,00 m x 1,00 m x 0,25 m e quatro fertilizações: 000-000-000; 200-150-100; 200150-000; 000-150-000,  $\text{kg ha}^{-1}$ , de N,  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$ . Determinaram-se: N, P, K, S, Ca, Mg, B, Fe, Mn, Zn, Na e Cu, com respectivas médias: 1,25; 0,08; 2,51; 0,30; 1,75; 0,77 ( $\text{dag kg}^{-1}$ ) e 15,82; 12,22; 37,88; 444,02; 42,36; 40,21 ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) aos 390 DAP; 1,75; 0,12; 2,49; 0,37; 2,68; 1,25 ( $\text{dag kg}^{-1}$ ) e 22,43; 04,55; 45,20; 1.354,28; 65,37; 40,44 ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) aos 620 DAP. Não ocorreram interações entre as adubações e espaçamentos para teores de nutrientes em tecidos de palma forrageira. De forma geral, adubações com NPK e NP reduzem os teores de Ca e Na e aumentam os teores de N, P, S e Mn, adubação com NP reduz o teor de K e adubação com P promove aumento no teor de P nos cladódios comparando ao tratamento sem adubação. As extrações de potássio e nitrogênio foram maiores do que as quantidades adicionadas. As adubações elevaram os teores de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, com aumento do valor nutricional da palma.

Termos para indexação: *Opuntia*, cactaceae, concentração, fertilização

#### NUTRIENTS IN FORAGE CACTUS CLADODES UNDER DIFFERENT FERTILIZERS AND SPACINGS.

**Abstract** – The objective was to evaluate the quantity of nutrients and production of dry matter in the forage cactus under different fertilizers and spacings at 390 and 620 days after planting. It was used a randomizement in block design, 12 treatments, three repetitions in a factorial 3 x 4: three spacings: 1.00 x 0.50, 2.00 x 0.25 and 3.00 x 1.00 x 0.25 m and four fertilizations: 000-000-000, 200-150-100, 200150-000, 000-150-000,  $\text{kg ha}^{-1}$  of N,  $\text{P}_2\text{O}_5$  and  $\text{K}_2\text{O}$ . It was determined: N, P, K, S, Ca, Mg, B, Fe, Mn, Zn and Cu, with respective averages: 1.25, 0.08, 2.51, 0.30, 1, 75; 0.77 ( $\text{dag.kg}^{-1}$ ), and 15.82, 12.22, 37.88, 444.02, 42.36, 40.21 ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) at the DAP 390; 1.75; 0.12; 2.49, 0.37; 2.68; 1.25 ( $\text{dag. kg}^{-1}$ ) and 22.43; 04.55; 45.20, 1354.28; 65.37; 40.44 ( $\text{Mg. kg}^{-1}$ ) at 620 DAP, and productions

of average dry matter of 17.10 Mg.ha<sup>-1</sup>. There were no interactions for nutrient contents, only in PMS. Use of NPK and NP reduces the Ca and Na content and increases the N, P, S and Mn contents, fertilization with NP reduces the concentration of K and fertilization with P increases P compared to control. The extracted potassium and nitrogen were greater than added. Fertilizations increased levels of nutrients, especially nitrogen and phosphorus, which improve nutritional value, in the spacing 1.00 x 0.50 m production was increased.

Index terms: *Opuntia*, cactus, concentration, fertilization

## 1. INTRODUÇÃO

A palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) é uma alternativa para alimentação dos rebanhos e manutenção da atividade pecuária no semiárido nordestino. Esta região apresenta temperaturas médias elevadas e precipitações médias anuais de 300 a 700 mm, extremamente concentradas. Neste cenário, onde o grande limitante da produção pecuária esta relacionada à quantidade de forragem produzida, a palma forrageira é estratégia imperativa de apoio para a convivência da pecuária regional com as secas. Conforme Oliveira et al. (2010a), nessas áreas, é preciso valorizar as plantas forrageiras que melhor se adaptam às suas condições climáticas.

A palma por apresentar características morfofisiológicas de adaptação às condições de semiárido, passou a ser cultivada em larga escala pelos criadores das bacias leiteiras de Pernambuco, Alagoas, Paraíba e mais recentemente teve seu cultivo ampliado na Bahia. Nesse Estado aproximadamente dois terços do território está inserido na região semiárida, espaço geográfico marcado pelas limitações à produção agropecuária, impostas pelas peculiaridades dos seus recursos naturais. Todavia, a despeito dessas dificuldades, a região tem grande potencial produtivo, onde é fundamental saber explorá-lo com alternativas sustentáveis de desenvolvimento (Chiacchio et al., 2006). Nessa região, o sistema de produção e utilização da palma, ainda é caracterizado pela baixa adoção de tecnologias que leva a obtenção de uma produtividade inferior ao potencial da cultura.

Assim como as outras culturas, a palma alcança elevada produtividade quando manejada racionalmente, com uso de correção e adubação do solo, densidade de plantio adequada, controle de plantas daninhas e manejo correto da colheita (Oliveira et al., 2010). A palma apresenta alta interação com o meio-ambiente, cuja absorção de nutrientes e desenvolvimento vegetativo está em função do tipo de cultivo, genótipo e fatores edafo-

climáticos. A utilização de diferentes densidades de plantio ou população de plantas, ou mesmo do arranjo ou distribuição de plantas na área podem resultar em mudanças na absorção de nutrientes pelas plantas e conseqüente diferenças nos teores dos elementos nos tecidos. Isto decorre da competição por nutrientes entre as raízes e está relacionado com a mobilidade dos nutrientes no solo (Novais & Mello, 2007).

A cultura absorve grandes quantidades de nutrientes do solo, o que foi verificado por Santos et al. (1990) ao analisar a matéria seca e encontrar teores médios de N, P, K e Ca na ordem de 0,9; 0,16; 2,58; e 2,35 dag kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Normalmente dietas compostas com palma apresentam elevado teor de matéria mineral devido à alta concentração de macroelementos minerais que a mesma contém (Melo et al., 2003). Considerando uma produtividade de 40 Mg ha<sup>-1</sup> de matéria seca, a palma forrageira extrai cerca de 360 kg ha<sup>-1</sup> de N, 64 kg ha<sup>-1</sup> de P, 1.032 kg ha<sup>-1</sup> de K e 940 kg ha<sup>-1</sup> de Ca a cada dois anos, sem considerar os outros macros e micronutrientes (Dubeux Júnior & Santos, 2005).

A cultura é de grande importância para pecuária da região e há necessidade de entender melhor os efeitos das práticas culturais sobre a sua produção. Como forma de complemento à análise química do solo para conhecer o estado nutricional das plantas, deve-se proceder a avaliação química de teores de nutrientes em tecido foliar, pois esta reflete a dinâmica de nutrientes no sistema solo-planta.

Com esse trabalho objetivou-se avaliar os teores de nutrientes nos tecidos dos cladódios de palma forrageira cultivada sob diferentes espaçamentos e adubações química, aos 390 e 620 dias após plantio.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado no Instituto Federal Baiano, *Campus* Guanambi, BA. O solo é Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, típico A fraco, textura média, fase Caatinga hipoxerófila, relevo plano a suave ondulado. As coordenadas são 14°13'30"S, 42°46'53"W, a altitude, 545 m, e o clima do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen, com médias anuais de precipitação de 663,69 mm e temperatura média de 26 °C.

O estudo consistiu da avaliação dos teores de macro e micronutrientes, aos 390 e 620 dias após o plantio, em tecido de cladódios de palma forrageira 'Gigante' (*Opuntia ficus-indica* Mill). O experimento foi delineado em blocos ao acaso, com 12 tratamentos

dispostos em esquema fatorial 3 x 4 e três repetições. O primeiro fator constituído por três espaçamentos: a) fileira simples, 1,00 m x 0,50 m; b) fileira simples 2,00 m x 0,25 m; e fileira dupla, 3,00 m x 1,00 m x 0,25 m), mantendo a densidade populacional de 20.000 plantas ha<sup>-1</sup>. O segundo fator composto por quatro combinações de adubações química: a) sem adubação química; b) uso de adubação nitrogenada, fosfatada e potássica (NPK), nas doses de 200 kg ha<sup>-1</sup> de N, 150 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 100 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O; c) uso de adubação fosfatada e nitrogenada (NP), nas quantidades de 200 kg ha<sup>-1</sup> de N e 150 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; e d) uso de adubação fosfatada (P), na dose de 150 kg ha<sup>-1</sup>. A parcela experimental teve dimensões de 16 m x 4 m, e área útil de 8,00 m x 2,00 m, totalizando trinta e seis unidades experimentais com área total de 2.304 m<sup>2</sup>.

Após limpeza da área com uso de roçadeira, demarcaram-se as 36 unidades experimentais. Em cada uma delas foram retiradas cinco amostras simples de solo (0-20 cm de profundidade), que após misturadas formaram amostras compostas para cada parcela que foram encaminhadas para análise e avaliação da fertilidade que apresentaram os seguintes resultados médios: pH em água = 5,33; (P = 10,6 e K = 53,8) mg dm<sup>-3</sup>; (Na = 0,1; Ca = 1,4; Mg = 0,9; Al = 0,1; (H+Al) = 1,8; SB = 2,4; t = 2,6 e T = 4,4) cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; (V = 55,9 e m = 5,0)%; (Cu = 0,3; Fe = 7; Mn = 57,7; Zn = 2,0) mg dm<sup>-3</sup>.

Na sequência preparou-se o solo com operações de subsolagem a 35 cm de profundidade e duas gradagens seguidas de abertura dos sulcos com sulcador de três linhas regulado para 1,00 m entre os sulcos e profundidade média de 0,30 m.

O plantio da palma foi realizado no final do mês de setembro de 2009, utilizando um cladódio por cova, na posição vertical enterrado até uma profundidade de aproximadamente a metade do artigo. As mudas foram obtidas em cultura de palma do Instituto Federal Baiano, *Campus* Guanambi, com peso aproximado de 1,0 kg, livre de pragas e doenças. Após o corte e seleção no campo, as mudas foram deixadas em repouso, à sombra, por um período de quinze dias, para cicatrização dos ferimentos feitos no processo de colheita.

Durante o plantio foi realizada a adubação fosfatada, em cada parcela correspondente a esse tratamento, aplicando 150 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, o que equivale a uma aplicação de 5,33 kg parcela<sup>-1</sup> de superfosfato simples. Na condução do experimento as adubações de cobertura com nitrogênio, 200 kg ha<sup>-1</sup> e potássio, 100 kg ha<sup>-1</sup> (6,4 kg parcela<sup>-1</sup> de sulfato de amônio e 1,10 kg parcela<sup>-1</sup> de cloreto de potássio ) foram divididas em quatro aplicações, correspondente à 15%, 25%, 30% e 30% do total, respectivamente. A primeira aplicação, 0,96 kg parcela<sup>-1</sup> de sulfato de amônio e 0,17 kg parcela<sup>-1</sup> de cloreto de



potássio, realizada em 28/12/2009, respeitando as condições de solo úmido e a existência de pelo menos um cladódio por planta. A segunda aplicação foi em 23/02/2010, correspondendo a 1,60 kg parcela<sup>-1</sup> de sulfato de amônio e 0,28 Kg parcela<sup>-1</sup> de cloreto de potássio, 57 dias após a primeira, também com solo úmido. A terceira e a quarta aplicações com 1,92 Kg parcela<sup>-1</sup> de sulfato de amônio e 0,33 kg parcela<sup>-1</sup> de cloreto de potássio cada, foram feitas em 14/11/2010 e 27/12/2010, respectivamente, após início do período chuvoso.

O controle de plantas daninhas, inicialmente feito com auxílio de enxada, posteriormente, com o crescimento da planta passou ao uso de capina química, com glifosato (200 mL 20 L<sup>-1</sup> de água), aplicado em jato dirigido nas entrelinhas da cultura, conforme necessário. O controle de outras pragas seguiu recomendações de literatura.

A primeira coleta de amostras para as análises dos teores de nutrientes nos tecidos foi realizada em novembro de 2010 aos 390 dias após o plantio (DAP). Foram coletadas amostras de tecido dos cladódios para determinação dos teores de macro e micronutrientes. Amostraram-se cladódios da posição mediana da planta, num total de 20 amostras por tratamento, dentro da parcela útil, com aproximadamente 25 g de massa verde cada. Para esse procedimento utilizou-se uma serra copo com 5 cm de diâmetro e 4 cm de profundidade, adaptada a uma furadeira à bateria que era acionada sobre o cladódio retirando uma fatia circular e uniforme (amostra). Após a coleta, as amostras foram fatiadas e colocadas para secar em estufa de circulação forçada a 60 °C por 72 horas. Posteriormente foram moídas em moinho tipo Willey com peneira com mesh de 1,00 mm, identificadas e acondicionadas em potes plásticos e na sequência enviadas ao Laboratório de Solos da Epamig Norte de Minas, para os procedimentos analíticos.

Foram determinados os teores de: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), enxofre (S), cálcio (Ca), magnésio (Mg), expressos em dag kg<sup>-1</sup>; boro (B), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), sódio (Na) e cobre (Cu), expressos em mg kg<sup>-1</sup>. As determinações analíticas seguiram Malavolta et al. (1989): N, digestão sulfúrica com o método Kjeldahl; P, K, S, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn, e Na, digestão nítrico-perclórica; e B, digestão via seca. Aos 620 DAP foram coletadas novas amostras repetindo os procedimentos descritos anteriormente, referentes à amostragem, envio e determinações analíticas.

Os dados das avaliações foram submetidos à análise de variância para verificação da significância das interações entre os fatores testados pelo Teste F a 5% de probabilidade. As interações significativas foram desdobradas e as médias para os teores

de nutrientes nos cladódios comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Na ausência de interações, foram estudados os efeitos dos fatores principais.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias dos teores dos macronutrientes, nitrogênio, fósforo, potássio, enxofre e cálcio avaliadas aos 390 dias após o plantio, DAP, (Tabela 1), e de nitrogênio, fósforo enxofre e cálcio avaliadas aos 620 DAP (Tabela 2), em tecido de cladódios de palma forrageira diferiram significativamente ( $P < 0,05$ ) em função dos tipos de adubação química, independentemente do espaçamento de plantio utilizado.

**Tabela 1.** Médias dos teores de macronutrientes ( $\text{dag kg}^{-1}$ ), aos 390 dias após o plantio, em tecidos de cladódios de palma forrageira cultivada sob diferentes espaçamentos e adubações química

Adubações N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	Macronutrientes ( $\text{dag kg}^{-1}$ )					
	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Enxofre	Cálcio	Magnésio
000- 000- 000	1,02 C	0,07 B	2,59 A	0,15 C	1,70 AB	0,80
000-150-000	1,12 BC	0,08 AB	2,51 A	0,22 BC	1,93 A	0,79
200-150-000	1,41 AB	0,09 A	2,14 B	0,42 AB	1,65 B	0,73
200-150-100	1,47 A	0,09 A	2,53 A	0,43 A	1,74 AB	0,77
Média	1,25	0,08	2,44	0,30	1,75	0,77
CV (%)	19,66	14,71	11,14	11,52	11,91	10,25

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade  
CV – coeficiente de variação

**Tabela 2.** Médias dos teores de macronutrientes ( $\text{dag kg}^{-1}$ ), aos 620 dias após o plantio, em tecidos de cladódios de palma forrageira cultivada sob diferentes espaçamentos e adubações química

Adubações N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	Macronutrientes ( $\text{dag kg}^{-1}$ )					
	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Enxofre	Cálcio	Magnésio
000- 000- 000	1,19 B	0,08 B	2,52	0,12 B	2,82 AB	1,30
000-150-000	1,38 B	0,12 A	2,36	0,19 B	3,00 A	1,41
200-150-000	2,22 A	0,12 A	2,31	0,61 A	2,42 C	1,16
200-150-100	2,19 A	0,12 A	2,75	0,56 A	2,50 BC	1,16
Média	1,75	0,12	2,49	0,37	2,68	1,25
CV (%)	12,58	23,68	17,95	30,11	10,54	17,96

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade  
CV – coeficiente de variação

Os teores de magnésio aos 390 DAP (Tabela 1) e de potássio e magnésio aos 620 DAP (Tabela 2) não foram influenciados pelos tratamentos.

Aos 390 dias após o plantio (Tabela 1), o teor de nitrogênio nos cladódios foi maior com aplicação de NPK ( $1,47 \text{ dag kg}^{-1}$ ) em comparação ao tratamento sem adição de adubo ( $1,02 \text{ dag kg}^{-1}$ ) e com apenas P ( $1,12 \text{ dag kg}^{-1}$ ). Na colheita, aos 620 DAP (Tabela 2), os tratamentos com (NPK e NP) apresentaram teores maiores de N,  $2,19$  e  $2,22 \text{ dag kg}^{-1}$ , respectivamente, em comparação ao sem adubação ( $1,19 \text{ dag kg}^{-1}$ ) e com uso de P ( $1,38 \text{ dag kg}^{-1}$ ). Em ambas as avaliações a adição de fontes nitrogenadas promoveram aumento na concentração e disponibilidade desse nutriente no solo e, conseqüentemente, maior absorção resultando em maiores teores na matéria seca. Como a adubação foi parcelada, sendo que 60% foi aplicada após os 390 dias, justifica os maiores teores encontrados aos 620 DAP em relação à primeira avaliação.

Os teores de N encontrados nos tratamentos NPK e NP, em ambos os períodos (Tabelas 1 e 2) aproximaram dos resultados de Dubeux Júnior et al. (2010),  $2,06 \text{ dag kg}^{-1}$ , resultantes de avaliação dos níveis de fósforo e potássio em casa de vegetação aos 120 dias, com N fixo. As médias do presente trabalho, aos 390 e 620 DAP,  $1,25$  e  $1,75 \text{ dag kg}^{-1}$ , respectivamente, foram inferiores às de Dubeux Júnior et al. (2010), entretanto, os autores trabalharam com  $400 \text{ kg ha}^{-1}$  de N em todos os tratamentos. Os valores do presente trabalho superam os de Teles et al. (2004),  $1,19 \text{ dag kg}^{-1}$ , ao avaliar efeito da adubação e de nematicida na composição química da palma forrageira. Também foram maiores que os resultados de Alves et al. (2007),  $1,17 \text{ dag kg}^{-1}$ .

Os teores de fósforo aos 390 DAP (Tabela 1) dos tratamentos NPK e NP,  $0,09 \text{ dag kg}^{-1}$ , superaram os teores de P das plantas sem adição de adubo,  $0,07 \text{ dag kg}^{-1}$ . O teor  $0,08 \text{ dag kg}^{-1}$ , resultante do tratamento com uso de apenas P, não diferiu dos demais. Aos 620 DAP os tratamentos NPK, NP e P apresentaram teores médios de fósforo de  $0,12 \text{ dag kg}^{-1}$ , cada e diferiram do tratamento sem adubo,  $0,08 \text{ dag kg}^{-1}$ .

A cultura é pouco responsiva à adição de fósforo, o que justifica a semelhança entre teores dos tratamentos com P e sem adubação. A palma cv. Gigante, tem baixa capacidade de resposta à adubação fosfatada, com desempenho positivo, em solo de textura arenosa e média, apenas com teor de P menor que  $10 \text{ mg dm}^{-3}$  (Dubeux Júnior et al., 2010), situação próxima ao do presente trabalho, cujo teor de P no solo era de  $10,6 \text{ mg dm}^{-3}$  e com textura média. Entretanto, Donato (2011) encontrou respostas crescentes e acúmulo de P nos cladódios decorrente da aplicação de esterco bovino, com valores de P variando de  $0,12$  a  $0,24 \text{ dag kg}^{-1}$ , para as doses  $0$  e  $90 \text{ Mg ha}^{-1}$ , num solo com teor de P de  $16,6 \text{ mg kg}^{-1}$  e

textura média. A adição de fontes orgânicas ao solo reduz a capacidade de adsorção de fósforo, aumenta o teor de fósforo disponível, e proporciona maior mobilidade no perfil do solo, de formas orgânicas solúveis de fósforo (POS), quando comparada a aplicações na forma de fertilizantes químicos, para doses semelhantes de fósforo aplicadas (Souza et al., 2006; Novais et al., 2007).

A diferença entre teores para os tratamentos NPK e NP e sem adubação, pode ser atribuída à maior absorção em consequência de interações entre N e P ampliando a absorção do fósforo. Interação entre N e P na nutrição de algumas culturas é conhecida a algum tempo, sendo a adubação nitrogenada fator de aumento da absorção de P mesmo em solo com alta disponibilidade desse último (Cantarella et al., 2007).

A semelhança dos teores nos cladódios entre os tratamentos NPK, NP e P, aos 620 DAP, pode ser atribuída ao crescimento do sistema radicular da cultura em função do tempo, melhorando a absorção por explorar uma maior área, já que o fósforo é pouco móvel no solo e o seu transporte preferencial é por difusão. Por outro lado, as diferenças em comparação ao tratamento sem adubação, justificam-se pela maior disponibilidade de P no solo em função da adição, o que favoreceu o transporte deste no solo, com aumento da absorção pela planta e maior conteúdo nos tecidos dos cladódios.

Valores de P superiores aos do presente trabalho foram encontrados por Teles et al. (2002), média de 0,17 dag kg<sup>-1</sup> e Dubeux Júnior et al. (2010), média de 0,47 dag kg<sup>-1</sup>, com limites mínimo e máximo de 0,39 e 0,57 dag kg<sup>-1</sup>, respectivamente, estudando quatro níveis de P (0; 200; 400 e 800 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), sem observarem efeito significativo (P>0,05). Os baixos teores de fósforo nos cladódios registrados no presente trabalho podem advir da pequena dosagem utilizada em relação aos outros trabalhos revisados e, também, do fato dos trabalhos serem conduzidos em vasos, onde o nutriente fica mais concentrado na massa de solo e o sistema radicular pode atuar melhor na absorção desse elemento que é de baixa mobilidade no solo.

Os teores de potássio nos tecidos de cladódios de palma forrageira, com média de 2,44 dag kg<sup>-1</sup> aos 390 DAP, variaram significativamente (P<0,05) com as adubações, independentemente dos espaçamentos adotados (Tabela 1) e não diferiram entre os tratamentos, aos 620 DAP (Tabela 2), com média 2,49 dag kg<sup>-1</sup>.

Aos 390 DAP, o teor de K nos cladódios foi menor no tratamento com NP e similar estatisticamente entre as plantas sem adubação, adubadas com NPK e com P. Provavelmente, quando se aplicou NP, a interação N e P favoreceu a absorção de ambos, mesmo porque podem ter transporte via simporte, em que dois íons de sinais contrários,

$\text{NH}_4^+$  e  $\text{H}_2\text{PO}_4^{-3}$ , são absorvidos juntos. Aliado a isso, o transporte de  $\text{K}^+$  e de  $\text{NH}_4^+$  (fonte de N foi sulfato de amônio,  $\text{N-NH}_4^+$ ) de fora para dentro pode ocorrer também via uniporte, unidirecional, sem troca por outra espécie iônica de mesma carga (Fernandes & Souza, 2006), o que poderia causar concorrência entre ambos pelo mesmo sítio de absorção, o que caracterizaria uma inibição competitiva, quando o elemento e seu inibidor se combinam com o mesmo sítio do carregador para cruzar a membrana, assim o elemento presente em maior quantidade, no caso o  $\text{NH}_4^+$ , decorrente da aplicação NP, tem maior probabilidade de ocupar os sítios do carregador em detrimento do  $\text{K}^+$ , como também é capaz de deslocar o competidor (Malavolta, 2006).

Aos 620 DAP, o maior crescimento do sistema radicular e conseqüente menor distância íon raiz, aumenta a difusão, transporte preferencial de K, e aumenta a absorção de K e o seu conteúdo nos cladódios, assim, os valores de K não diferem entre os tratamentos, embora ainda seja menor em valor absoluto no tratamento NP.

De forma geral a pouca diferença entre os tratamentos para teor de K nos cladódios de palma forrageira (390 DAP) e a semelhança (620 DAP), pode advir das seguintes razões adicionais: o teor médio de K disponível no solo, antes do plantio era  $53,8 \text{ mg dm}^{-3}$ , o que equivale a  $129,63 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  mais K não trocável. A adição promovida pelos tratamentos foi relativamente pequena,  $100 \text{ Kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , o que provavelmente não foi suficiente para alterar significativamente as médias dos teores encontrados nos tecidos, o que pode ser comprovado também pelos valores de K no solo à época das avaliações, menores no tratamento NP: K  $\text{mg dm}^{-3}$  e  $\text{K}_2\text{O kg ha}^{-1}$  - 390 DAP, sem adubação, 54,31 e 130,86; NPK, 51,70 e 124,50; NP, 50,83 e 122,48; P, 58,22 e 140,48; 620 DAP, 51,44 e 123,96; NPK, 57,23 e 137,88; NP, 30,33 e 73,09; P, 49,56 e 119,41. A palma apresenta altos teores de potássio na matéria seca e elevada extração deste nutriente, com valores de  $1.032 \text{ kg ha}^{-1}$  a cada dois anos (Dubeux Júnior & Santos, 2005) e  $922 \text{ kg ha}^{-1}$  (Donato, 2011), esta correspondente à  $394,5 \text{ kg ha}^{-1}$  de K extraído para cada  $10 \text{ Mg.ha}^{-1}$  de matéria seca. Do exposto, infere-se que a baixa resposta ao K pela planta, mesmo sob teores médios no solo e aplicado como adubo, decorre do fato deste não ser limitante no solo, uma vez que ocorre reposição para a solução, pela reserva da fase sólida do solo à medida que é absorvido da solução (Novais & Mello, 2007).

Os valores de K encontrados nesse trabalho foram semelhantes aos obtidos por Santos et al. (1990) com  $2,58 \text{ gkg}^{-1}$ , sendo inferior ao resultado de Dubeux Júnior et al. (2010) que trabalharam com quatro níveis de K (0; 200; 400 e  $800 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ ) e encontraram média geral de  $3,34 \text{ dag kg}^{-1}$  com variações de 1,94 a  $5,90 \text{ dag kg}^{-1}$ . Nerd et

al. (1989) e Teles et al. (2004) encontraram teores médios de K de 3; 4,5 e 3,31 dag kg<sup>-1</sup>, resultados maiores que os do presente trabalho. Entretanto, as doses de K utilizadas pelos autores citados são também maiores que as do presente trabalho.

Os teores de enxofre nos cladódios, aos 390 DAP, foram maiores para os tratamentos que receberam adubação NPK, 0,43 dag kg<sup>-1</sup>, e NP, 0,42 dag kg<sup>-1</sup>, comparados ao tratamento sem adubação, 0,15 dag kg<sup>-1</sup> (Tabela 1). Aos 620 DAP (Tabela 2), os teores de enxofre em tecido de cladódios provenientes dos tratamentos com NPK e NP foram semelhantes entre si, 0,56 e 0,61 dag kg<sup>-1</sup>, respectivamente, e maiores que os tratamentos com P e sem adição de adubo, 0,19 e 0,12 dag kg<sup>-1</sup>, que foram similares entre si. Apesar da adição de enxofre não ter sido objetivo expresso no trabalho, ao adicionar as fontes de nitrogênio e fósforo (sulfato de amônio, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 20% de N + 24% de S) e super fosfato simples (Ca(H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.H<sub>2</sub>O + CaSO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O, 18% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 18% de Ca + 11% de S), indiretamente adicionou enxofre, e esse aporte foi maior para os tratamentos NPK e NP, aumentando os teores de enxofre no solo e, conseqüentemente, nos tecidos dos cladódios das plantas que receberam estes tratamentos. Os teores de S entre os tratamentos que receberam formulação com N variaram com as épocas de avaliação. Aos 620 DAP os teores foram maiores que aos 390 DAP, fato explicado pela maior taxa de aplicação da adubação nitrogenada (mais adição de enxofre) nesse período, pois 60% do total foi feito após primeira avaliação.

Os valores médios de enxofre nos tecidos dos cladódios, 0,22 e 0,37 dag kg<sup>-1</sup>, observados aos 390 (Tabela 1) e 620 DAP (Tabela 2), respectivamente, são superiores aos valores obtidos por Dubeux Júnior & Santos (2005), 0,09 a 0,19 dag kg<sup>-1</sup> para plantas de *Nopalea cochenellifera* em diferentes locais do estado de Pernambuco. Resultados mais próximos aos do presente trabalho são os de Teles et al. (2004), com teores variando de 0,18 a 0,22 dag kg<sup>-1</sup> e média de 0,17 dag kg<sup>-1</sup>. Resultados superiores foram encontrados por Dubeux Junior et al. (2010) com teores médio de 0,59 dag kg<sup>-1</sup>.

Os teores de cálcio nos tecidos dos cladódios aos 390 DAP, com média geral de 1,75 dag kg<sup>-1</sup>, diferiram (P<0,05) apenas entre as adubações com P, 1,93 dag kg<sup>-1</sup> e com NP, 1,65 dag kg<sup>-1</sup>, independentemente dos espaçamentos utilizados (Tabela 1). Aos 620 DAP (Tabela 2) os teores de cálcio (2,82 e 3,00 dag kg<sup>-1</sup>) correspondentes aos tratamentos sem adubação e com P, respectivamente, foram semelhantes entre si e maiores que os teores do tratamento com NP (2,42 dag kg<sup>-1</sup>). Os tratamentos com NPK e NP conferiram teores semelhantes (2,50 e 2,42 dag kg<sup>-1</sup>), porém menores que os teores do tratamento com P (3,00 dag kg<sup>-1</sup>). Quando adicionamos nitrogênio ao solo, particularmente na forma de N-

$\text{NH}_4^+$ , esse elemento atua reduzindo a absorção de cálcio, fato causador de estiolamento e tombamento de plantas já que o cálcio é responsável pelo enrijecimento das paredes celulares (Malavolta, 2006). Outra inibição competitiva que pode ter ocorrido no tratamento NPK, é  $\text{K}^+ \times \text{Ca}^{2+}$  (Malavolta, 2006), pois o Ca é absorvido pelas raízes como  $\text{Ca}^{2+}$ , podendo ter a sua absorção diminuída na presença de altas concentrações de  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{NH}_4^+$  no meio de cultivo (Vitti et al., 2006). Esses argumentos explicam o fato de encontrarmos menores diferenças nos teores entre os tratamentos aos 390 DAP. Até essa época havia adicionado a menor parte do nitrogênio e do potássio (40%), o que alterou menos a absorção do cálcio. Ao aplicar o restante dos adubos nitrogenados e potássicos (60%), houve um aumento nos teores de nitrogênio e potássio no solo e provavelmente uma inibição na absorção de cálcio resultando em menores teores no tecido das planta de todos os tratamentos que receberam adubação com nitrogênio e potássio.

Destaca-se ainda que a dissociação do sulfato de amônio provoca redução no pH do meio o que decresce a absorção de cálcio. Galizzi et al. (2004) não observaram relação entre o teor de cálcio nos cladódios e o seu teor no solo, mas sim uma relação direta com o pH, pois quanto mais alcalino o solo, maior foi a concentração de cálcio em tecidos de cladódios de palma forrageira. Também foi observado diferença entre os valores dos teores médios aos 390 e 620 DAP com o respectivos valores de 1,75 e 2,68 dag ha<sup>-1</sup>. Estes resultados aproximam dos de Teles et al. (2004), com variação de 1,56 a 2,10 e média de 1,84 dag ha<sup>-1</sup> e são inferiores aos resultados de Dubeux Júnior et al. (2010), que observaram médias de 3,44 dag Kg<sup>-1</sup>.

Os teores de magnésio aos 390 DAP (Tabela 1), apresentaram média geral de 0,77 dag kg<sup>-1</sup> e não diferiram entre si ( $P < 0,05$ ) em função das diferentes adubações ou espaçamentos. Do mesmo modo, não foram percebidas diferenças entre as médias aos 620 DAP (Tabela 2), porém o valor médio geral aumentou para 1,25 dag kg<sup>-1</sup>. A média aos 390 DAP assemelhou aos resultados de Dubeux Júnior et al. (2010), 0,74 dag ha<sup>-1</sup>, em avaliações feitas em casa de vegetação aos 180 DAP. Os resultados de Teles et al. (2004), 0,59 dagkg<sup>-1</sup>, são inferiores aos do presente trabalho. Alves et al. (2007) observaram médias 1,10 dagkg<sup>-1</sup> de magnésio em tecido de palma, sem diferenças significativas. Os valores do presente trabalho aproximam dos encontrados por Nobel et al. (1987) com teores de magnésio que variaram de 0,64 a 1,42 dag kg<sup>-1</sup> e média de 1,03 dag kg<sup>-1</sup> em plantas da espécie *Opuntia engelmannii* cultivadas em Coahuila, México.

Os teores médios de cálcio e cobre, em tecido de cladódios de palma forrageira, aos 620 DAP, apresentaram diferenças significativas a ( $P < 0,05$ ) em função dos espaçamentos utilizados, independentemente do tipo de adubação química (Tabela 3).

**Tabela 3.** Médias dos teores de cobre ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) e cálcio ( $\text{dag kg}^{-1}$ ), aos 620 dias após o plantio, em tecidos de cladódios de palma forrageira cultivada sob diferentes espaçamentos e adubações química

Espaçamentos (m)	Cobre ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	Cálcio ( $\text{dag kg}^{-1}$ )
E <sub>1</sub> - 1,00 x 0,50	4,00 B	2,41 B
E <sub>2</sub> - 2,00 x 0,25	4,95 A	2,85 A
E <sub>3</sub> - 3,00 x 1,00 x 0,25	4,70 A	2,79 A
Média	4,55	2,68
CV (%)	15,48	10,54

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade  
CV- Coeficiente de variação

O teor médio geral de cálcio foi de  $2,68 \text{ dag kg}^{-1}$  (Tabela 3). O cálcio apresentou teores variáveis de  $2,85$  e  $2,79 \text{ dag kg}^{-1}$ , correspondentes aos espaçamentos  $2,00 \text{ m} \times 0,25 \text{ m}$  e  $3,00 \text{ m} \times 1,00 \text{ m} \times 0,25 \text{ m}$ , respectivamente, e não diferiram entre si, porém foram maiores que o teor  $2,41 \text{ dag kg}^{-1}$  registrado no espaçamento  $1,00 \text{ m} \times 0,50 \text{ m}$ .

As plantas no espaçamento  $1,00 \text{ m} \times 0,50 \text{ m}$  expressaram teor de cobre no tecido igual a  $4,00 \text{ mg kg}^{-1}$ , inferior ( $P < 0,05$ ) aos teores resultantes dos espaçamentos  $2,00 \text{ m} \times 0,25 \text{ m}$  e  $3,00 \text{ m} \times 1,00 \text{ m} \times 0,25 \text{ m}$ , com teores de  $4,95$  e  $4,70 \text{ mg kg}^{-1}$ , respectivamente (Tabela 3).

O tecido das plantas de palma cultivadas no espaçamento  $1,00 \text{ m} \times 0,50 \text{ m}$  apresentaram menores teores de cálcio e de cobre. (Tabela 3). Neste arranjo as plantas ficam melhor distribuídas na área e os sistemas radiculares mais dispersos ao comparar com os outros dois arranjos que apresentam plantas espaçadas de  $0,25 \text{ m}$  na fileira, o que favorece a existência de maior número de raízes explorando essa área. Como as adubações são direcionadas às fileiras, alterações que favorecem ou inibem a absorção de nutrientes ficam mais concentradas nessa área e influenciam mais quando comparadas ao outro arranjo de plantas, pois diferentes densidades ou arranjo de plantas em uma área podem influenciar a absorção de nutrientes pelas plantas (Novais & Mello, 2007).

Resultados diferentes do presente trabalho foram encontrados por Alves et al. (2007) que não perceberam diferenças ( $P > 0,05$ ) entre as médias de teores de Ca que variaram de  $2,44$  a  $2,79 \text{ dag kg}^{-1}$  entre os espaçamentos. O teor médio de cálcio detectado



no presente trabalho é inferior ao encontrado por Galizzi et al. (2004) com valor de 4,60 dag kg<sup>-1</sup>.

Aos 390 DAP (Tabela 4), os teores de cobre, ferro, zinco e sódio com as respectivas médias 12,22; 37,88; 42,36 e 40,21 mg kg<sup>-1</sup>, não diferiram (P>0,05) em função das adubações. Situação semelhante foi registrada à época da colheita, aos 620 DAP (Tabela 5), para os teores de boro, ferro e zinco, com médias de 22,43; 45,20 e 65,33 mg.kg<sup>-1</sup>.

Nas avaliações aos 390 DAP (Tabela 4), os teores de boro nos cladódios, 17,03 e 17,29 mg kg<sup>-1</sup>, correspondentes aos tratamentos sem adubação e adubado com P, foram semelhantes entre si e maiores que o teor 13,49 mg kg<sup>-1</sup> do tratamento NP. São raros trabalhos que fazem referência a teores de boro em tecido de palma forrageira. Teor médio maior que o do presente trabalho, 30,3 mg kg<sup>-1</sup> foi encontrado por Donato (2011) avaliando diferentes doses de adubação orgânica na cultura.

Aos 390 DAP (Tabela 4), o teor de manganês, 621,71 mg kg<sup>-1</sup>, correspondente à adubação com NPK não diferiu de 477,31 mg kg<sup>-1</sup> (NP) e foi maior que os teores dos tratamentos sem adubação (314,53 mg kg<sup>-1</sup>) e adubado somente com P (362,54 mg kg<sup>-1</sup>) que foram semelhantes. Aos 620 DAP (Tabela 5) os teores de manganês, 2.006,06 e 1.761,01 mg kg<sup>-1</sup>, resultantes das adubações com NPK e NP, respectivamente, não diferiram entre si e superaram os teores dos tratamentos sem adubação (984,41 mg kg<sup>-1</sup>) e adubado com P (665,65 mg kg<sup>-1</sup>) que foram similares entre si. Nas duas épocas avaliadas houve diferenças (P<0,05) entre os teores de Mn dos tratamentos que receberam adubação com N comparados aos sem adição de N.

Também foi observado acréscimo de valores dos teores médios de Mn entre as épocas, passando de 444,02 mg kg<sup>-1</sup> aos 390 DAP para 1.354,28 mg kg<sup>-1</sup> aos 620 DAP. Aplicação de Mn localizada (em sulco) juntamente com fertilizantes formadores de ácidos é uma prática recomendada por manter o Mn disponível para a planta por um período maior, antes de sofrer oxidação para formas não disponíveis (Mortvedt, 1991). O pH do solo, na maioria dos casos, é o fator que mais influencia a disponibilidade de Mn para as plantas (Nascimento et al., 2002), pois a elevação do pH do solo em uma unidade diminui cerca de 100 vezes a concentração de manganês na solução do solo (Mortvedt, 1991). O uso de sulfato de amônio promove redução do pH no meio, o que aumenta a solubilidade e a consequente absorção do Mn<sup>2+</sup> pelas plantas. Esse fato explica as diferenças entre tratamentos e entre épocas, pois na fase final a adubação nitrogenada foi mais intensa 60%. Isto pode ser comprovado, pela comparação do pH antes do plantio (5,33) e após as aplicações dos tratamentos à época das avaliações: pH - 390 DAP, sem adubação, 5,34;

NPK, 5,21; NP, 5,18; P, 5,38; 620 DAP, 4,99; NPK, 4,29; NP, 4,16; P, 4,78. Notar os menores valores de pH nos tratamentos que receberam sulfato de amônio (NPK e NP) e a diminuição de valores de pH aos 620 DAP, tanto devido à adubação nitrogenada quanto à absorção de nutrientes pela cultura, com consequente extrusão de prótons.

Em avaliação feita aos 180 DAP, Dubeux Júnior et al. (2010) não constataram diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) para os teores de Mn, com média geral de  $686,87 \text{ mg kg}^{-1}$ , superiores aos do presente trabalho ( $444,02 \text{ mg kg}^{-1}$ ) aos 390 DAP.

**Tabela 4.** Médias dos teores de micronutrientes ( $\text{mg kg}^{-1}$ ), aos 390 dias após o plantio, em tecidos de cladódios de palma forrageira cultivada sob diferentes espaçamentos e adubações química

Adubações N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )	Micronutrientes ( $\text{mg kg}^{-1}$ )					
	Boro	Cobre	Ferro	Manganês	Zinco	Sódio
000-000-000	17,03 A	11,16	44,41	314,53 B	43,42	42,47
000-150-000	17,29 A	16,64	32,29	362,54 B	41,11	39,35
200-150-000	13,94 B	8,74	37,77	477,31 AB	42,97	46,28
200-150-100	15,04 AB	12,32	37,07	621,71 A	41,94	32,73
Média	15,82	12,22	37,88	444,02	42,36	40,21
CV (%)	14,78	120,96	25,38	30,80	11,23	65,69

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

CV – coeficiente de variação.

**Tabela 5.** Médias dos teores de micronutrientes ( $\text{mg kg}^{-1}$ ), aos 620 dias após o plantio, em tecidos de cladódios de palma forrageira cultivada sob diferentes espaçamentos e adubações química

Adubações N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )	Micronutrientes ( $\text{mg kg}^{-1}$ )					
	Boro	Cobre	Ferro	Manganês	Zinco	Sódio
000-000-000	23,40	4,06 B	40,30	984,41 B	63,89	50,96 A
000-150-000	21,94	4,24 AB	47,06	665,65 B	59,13	41,61 AB
200-150-000	21,71	4,81 AB	44,93	1761,01 A	71,32	32,73 B
200-150-100	22,66	5,11 A	48,49	2006,06 A	67,14	36,47 B
Média	22,43	4,55	45,20	1354,28	65,37	40,44
CV (%)	19,28	15,48	28,91	27,29	13,87	25,72

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

CV – coeficiente de variação

Aos 620 DAP (Tabela 5), o tratamento NPK, com teores de cobre de  $5,11 \text{ mg kg}^{-1}$  foi superior à  $4,06 \text{ mg kg}^{-1}$  referente ao tratamento sem adubação. A média desses teores,  $4,55 \text{ mg kg}^{-1}$  para os diferentes tipo de adubação, foram menores que os resultados de Dubeux Junior et al. (2010),  $6,5 \text{ mg kg}^{-1}$ , e maiores que os de Galizzi et al. (2004),  $2,9 \text{ mg kg}^{-1}$ . Contudo, esses teores são inferiores aos resultados médios dos 390 DAP,  $12,22 \text{ mg kg}^{-1}$ . A maior absorção de manganês observada aos 620 DAP pode ter reduzido a absorção

de cobre justificando o observado. A presença elevada de íons metálicos como Fe, Mn e Al, reduzem a disponibilidade de cobre para as plantas (Aref, 2011).

Os teores de ferro nas duas épocas de avaliação (Tabelas 4 e 5) com médias de 37,88 e 45,20 mg kg<sup>-1</sup>, apresentaram valores inferiores aos estimados por Nobel et al. (1987), 73 mg kg<sup>-1</sup>, em trabalho realizado no Texas e aos obtidos por Dubeux Júnior et al. (2010), média de 84,54 mg kg<sup>-1</sup>, que também não observaram diferenças para os teores em função dos tratamentos (P>0,05).

Os teores de zinco nas avaliações (Tabelas 4 e 5) expressaram médias gerais de 42,36 e 65,37 mg kg<sup>-1</sup>. Também Dubeux Júnior et al. (2010) não encontraram diferenças entre as médias dos teores de Zinco (P<0,05), porém a média geral dos teores, 108,58 mg kg<sup>-1</sup>, foi bem maior que as constatadas no presente trabalho nas duas avaliações. Valores inferiores foram determinados por Nobel et al. (1987), média de 31,00 mg kg<sup>-1</sup> em tecidos de *Opuntia engelmannii*.

As médias gerais de teores de sódio nos tecidos dos cladódios são praticamente iguais, 40,21 mg kg<sup>-1</sup> aos 390 DAP (Tabela 4) e 40,44 mg kg<sup>-1</sup> aos 620 DAP (Tabela 5). Entretanto, nesta última avaliação o teor de sódio (50,96 mg kg<sup>-1</sup>) resultante do tratamento sem adubação, foi maior (P<0,05) que os teores 36,47 e 32,73 mg kg<sup>-1</sup>, referentes aos tratamentos NPK e NP, respectivamente, que foram semelhantes entre si. Média semelhante às do presente trabalho foram encontradas por Galizzi et al. (2004), 38,0 mg kg<sup>-1</sup>, em trabalhos conduzidos na Argentina. Apesar do Na geralmente não ser considerado essencial às plantas verdes, Epstein & Bloom (2006) informam em sua revisão que o Na é micronutriente para plantas com via CAM de fixação de carbono, como a palma forrageira, pois é essencial para a regeneração do fosfoenolpiruvato, o substrato da primeira carboxilação nessa via. Ainda de acordo com esses autores a deficiência de Na induz nessas plantas clorose e necrose e falha na formação de flores.

Houve variação percentual positiva (Tabela 6) entre os teores dos macro e micronutrientes em função da época de avaliação na seguinte ordem: Macronutrientes - magnésio (62,33) > cálcio (53,14) > fósforo (50,00) > nitrogênio (40,00) > enxofre (23,33); Micronutrientes - manganês (205) > zinco (54,32) > boro (51,76) > ferro (19,29) > sódio (0,57). O cobre apresentou redução nos teores na ordem de 168,57%, e o potássio, praticamente não apresentou variação em seus teores em função da época de avaliação (-0,08%). Aos 390 DAP os nutrientes estimados apresentaram a seguinte ordem de grandeza de acúmulo em cladódios de palma forrageira: Macronutrientes - potássio > cálcio > nitrogênio > magnésio > enxofre > fósforo; Micronutrientes - manganês > zinco > sódio >

ferro > boro > cobre. Aos 620 DAP o cálcio expressou o primeiro e o potássio apresentou o segundo maior teor, sem alteração na ordem dos demais macronutrientes. Também houve alteração na distribuição dos micronutrientes, o ferro inverteu a posição com o sódio, inversão essa provavelmente justificada pela alto CV (65%). Relação semelhante para os micronutrientes foi encontrada por Dubeux Júnior et al. (2010), só que o autor não avaliou boro e sódio.

Ao avaliar a extração total de nutrientes aos 620 DAP, verifica-se que o macronutriente mais extraído foi o cálcio com 458,28 kg ha<sup>-1</sup> seguido por potássio (425,79 kg ha<sup>-1</sup>), nitrogênio (299,25 kg ha<sup>-1</sup>), magnésio (213,75 kg ha<sup>-1</sup>), enxofre (63,27 kg ha<sup>-1</sup>) e fósforo (20,52 kg ha<sup>-1</sup>), nesta ordem.

**Tabela 6.** Médias gerais dos teores de macronutrientes (dag kg<sup>-1</sup>), micronutrientes (mg kg<sup>-1</sup>), variação percentual, VM, (%), avaliadas aos 390 e 620 dias após plantio (DAP) e extração média (kg ha<sup>-1</sup>) na colheita, em tecidos de cladódios de palma forrageira cultivada sob diferentes espaçamentos e adubações química.

Nutrientes	Média aos	CV (%)	Média aos	CV (%)	VM (%)	Extração (kg ha <sup>-1</sup> )
	620 DAP	620 DAP	390 DAP	390 DAP		620 DAP
Nitrogênio	1,75	12,58	1,25	19,66	40,00	299,25
Fósforo	0,12	23,68	0,08	14,71	50,00	20,52
Potássio	2,49	17,95	2,51	11,14	- 0,80	425,79
Enxofre	0,37	30,11	0,30	50,10	23,33	63,27
Cálcio	2,68	10,54	1,75	11,91	53,14	458,28
Magnésio	1,25	17,96	0,77	10,25	62,33	213,75
Boro	22,43	19,28	15,82	14,78	51,76	0,38
Cobre	4,55	15,48	12,22	120,96	- 168,57	0,08
Ferro	45,20	28,91	37,89	25,38	19,29	0,77
Manganês	1.354,28	27,29	444,02	30,80	205,00	23,16
Zinco	65,37	13,87	42,36	11,23	54,32	1,12
Sódio	40,44	25,72	40,21	65,69	0,57	0,69

CV – coeficiente de variação

VM - Variação das médias entre 390 e 620 DAP

#### 4. CONCLUSÕES

1- Não ocorreram interações entre as adubações e espaçamentos para teores de nutrientes em tecidos de palma forrageira.

2- Adubações com NPK e NP reduz os teores de Ca e Na e aumenta os teores de N, P, S e Mn, nos tecidos de cladódios de palma forrageira.

3- A adubação com NP reduz o teor de K e a adubação contendo P promove aumento no teor de P nos tecidos das plantas em comparação à não adição de adubo.

4- As extrações de potássio e nitrogênio foram maiores do que as quantidades adicionadas via adubações testadas, indicando que estas não foram suficientes para atender toda a demanda da planta.

5- As adubações promovem aumentos significativos em teores de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, com consequente aumento do valor nutricional da palma.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, R.N.; FARIAS, I.; MENEZES, R.S.C.; LIRA, M. de A.; SANTOS, D.C. dos. Produção de forragem pela palma após 19 anos sob diferentes intensidades de corte e espaçamentos. **Revista Caatinga**, v.20, n.4, p.38-44, 2007.

AREF, F. Iron, copper and manganese concentration in maize leaf as influenced by soil and foliar application of zinc sulfate and boric acid. **International Journal of Academic Research** v.3, n.2, p. 1080-1087. Part IV. March, 2011.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, L.E.F.; NEVES, J.C.L. (Ed.). **Fertilidade do Solo**. 1.ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p. 376-470. 2007.

CHIACCHIO, F.P.B.; MESQUITA, A.S.; SANTOS, J.R. Palma forrageira: uma oportunidade econômica ainda desperdiçada para o Semiárido baiano. **Bahia Agrícola**, v.7, n.3. 2006.

DONATO, P.E.R. **Avaliação bromatológica, morfológica, nutricional e de rendimento em palma forrageira sob diferentes espaçamentos e doses de esterco bovino**. (Tese – Doutorado em Zootecnia, Área de Concentração em Produção de Ruminantes). 134f. UESB, Itapetinga-BA: 2011.

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**. 2º ed., Editora Universitária da UFPE. Recife-PE. p.105-128. 2005.

DUBEUX JÚNIOR, J.C.B.; ARAÚJO FILHO, J.T.; SANTOS, M.V.F dos. ; LIRA, M de A.; SANTOS, D.C. dos.; PESSOA, R.A.S. Adubação mineral no crescimento e composição mineral da palma forrageira – Clone IPA-20. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.5, n.1, p.129-135. 2010.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Trad. NUNES, M.E.T. Londrina: Editora Planta. 403p. 2006.

FERNANDES, M.S.; SOUZA, S.R. Absorção de nutrientes. In: FERNANDES, M.S. Ed. **Nutrição mineral de plantas**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa-MG. p.115-152. 2006.

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

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: Editora Ceres Ltda. 2006. 638p.

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

MELO, A.A.S.; FERREIRA, M.A.; VERÁS, 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.1. Desempenho 1. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.3, p.727-736. 2003.

MORTVEDT, J.J. Tecnologia e produção de fertilizantes com micronutrientes: presença de elementos tóxicos. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.; RAIJ, B. van; ABREU, C.A. (Ed.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001.p. 237-251.

NASCIMENTO, C.W.A.; FONTES, R.L.F.; NEVES, J.C.L. Dessorção, extração e fracionamento de manganês em latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 26:589-597, 2002.

NERD, A.; KARADY, A.; MIZRAHI, Y. Irrigation, fertilization and polyethylene covers influence bud development in prickly pear. **Hort Science**, v.24, n.5, p.773-775, 1989.

NOBEL, P.S.; RUSSEL, L.E.; FELKER, P.; FERNANDES, A.P.M.; FREITAS, E.V.; MOREIRO, J.A.; MEDINA, J.G.; ACUNÃ, E. Nutrient relations and productivity of prickly pear cacti. **Agronomy Journal**, v.79, n.3, p.550-555, 1987.

NOVAIS, R.F.; MELLO, J.W.V. Relação solo-planta. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, L.E.F.; NEVES, J.C.L. (Ed.). **Fertilidade do Solo**. 1.ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p.133-204. 2007.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J.; NUNES, F.N. Fósforo. In: NOVAIS, R.F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p. 472-550. 2007.

OLIVEIRA, F.T. de; SOUTO, J.S.; SILVA, R.P. da; ANDRADE FILHO, F.C. e PEREIRA JÚNIOR, E.B. Palma forrageira: adaptação e importância para os ecossistemas áridos e semiáridos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.5, n.4, p.27-37, 2010.

OLIVEIRA, J.P.F.; BARRETO, M.L. de J.; LIMA JÚNIOR, D.M.; AGUIAR, E.M.; SILVA, T.O. Algarobeira (*Prosopis juliflora*): uma alternativa para alimentação de ovinos no nordeste brasileiro. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.5, n.2, p.1-4, 2010a.

SANTOS, M.V.F. dos; LIRA, M. de A.; FARIAS, I.; BURITY, H.A.; NASCIMENTO, M.M.A.; SANTOS, D.C.; TAVARES FILHO, J.J. Estudo comparativo das cultivares de palma forrageira “Gigante”, “Redonda” (*Opuntia ficus-indica* Mill) e “Miúda” (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dick) na produção de leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.19, n.6, p.504-511, 1990.

SOUZA, R.F; FAQUIM, V.; TORRES, P.R.F.; BALIZA, D.P. Calagem e adubação orgânica: influencia na adsorção de fósforo em solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p. 975-983, 2006.

TELES, M.M.; SANTOS, M.V.F.; DUBEUX JÚNIOR, J.C.B.; BEZERRA NETO, E.; FERREIRA, R.L.C.; LUCENA, J.E.C.; LIRA, M. de 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.

TELES, M.M.; SANTOS, M.V.F.; DUBEUX JÚNIOR, J.C.B.; LIRA, M.A.; FERREIRA, R.L.C.; BEZERRA NETO, E.C.; 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.

VITTI, G.C; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, magnésio e enxofre. In: FERNANDES, M.S. Ed. **Nutrição mineral de plantas**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p.281-298, 2006.



## CAPÍTULO 4

### COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DE PALMA FORRAGEIRA CULTIVADA EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS E ADUBAÇÕES QUÍMICA

**Resumo** - Objetivou-se avaliar a composição bromatológica da palma forrageira, sob diferentes espaçamentos e adubações aos 620 dias após o plantio, DAP. Adotou-se delineamento em blocos casualizados, com 12 tratamentos, três repetições em fatorial 3 x 4: três espaçamentos: 1,00 m x 0,50 m; 2,00 m x 0,25 m e 3,00 m x 1,00 m x 0,25 m e quatro fertilizações: 000-000-000; 200-150-100; 200-150-000 e 000-150-000 kg.ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O. Determinaram-se em g kg<sup>-1</sup>, matéria seca 82,3; proteína 97,4; nitrogênio total 15,6; fibra em detergente neutro 318,8; fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína 291,6; fibra em detergente ácido 177,6; hemicelulose 141,2; celulose 157,2; lignina 20,8; matéria mineral 131,3; extrato etéreo 28,6; nitrogênio insolúvel em detergente ácido 1,3; nitrogênio insolúvel em detergente neutro 3,2; carboidratos totais 742,4. Frações dos nitrogenados: nitrogênio não protéico 153,2; proteína verdadeira de degradação rápida e intermediária 758,24 e proteína verdadeira de degradação lenta 133,3. Frações de carboidratos: carboidratos não-fibrosos 606,7; fibra disponível 325,8 e fibra indigerível 67,5. Plantas mais uniformemente distribuídas apresentam menores teores de matéria mineral, maiores teores de matéria orgânica e carboidratos. A adição de adubo com NPK e NP promoveram redução no nitrogênio insolúvel em relação a nitrogênio total, aumentaram o teor de nitrogênio total e proteína o que resulta em melhoria na qualidade nutricional da palma forrageira.

Palavras-chave: *Opuntia*, componentes nutricionais, nutrientes digestíveis, proteína.

### BROMATOLOGICAL COMPOSITION OF FORRAGE CACTUS GROWN IN DIFFERENT SPACINGS AND CHEMICAL FERTILIZATIONS

**Abstract** - The objective was to evaluate the bromatological composition of forrage cactus under different spacings and fertilizations at 620 days after planting, DAP. It was adopted a randomized block design with 12 treatments, three repetitions in factorial 3 x 4: three spacings: 1.00 x 0.50, 2.00 x 0.25 and 3.00 x 1.00 x 0.25 m and four fertilizations: 000-000-000, 200-150-100, 200-150-000 and 000150-000 kg.ha<sup>-1</sup> of N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O. It was determined in g kg<sup>-1</sup>, dry matter 82.3, protein 97.4, total nitrogen 15.6, fiber in neutral

detergent 318.8, fiber in neutral detergent corrected for ash and protein 291.6; fiber in acid detergent 177.6, hemicellulose 141.2, cellulose 157.2, lignin 20.8, mineral matter 131.3, ether extract 28.6, insoluble nitrogen in acid detergent 1.3, insoluble nitrogen in neutral detergent 3.2; total carbohydrates 742.4. Fractions of nitrogen matter: nonproteinical nitrogen 153.2; true protein of fast and intermediate degradation 758.24 and true protein of slow degradation 133.3. Carbohydrate fractions: non-fibrous carbohydrates 606.7, available fiber 325.8 and indigestible fiber 67.5. More evenly distributed plants have lower levels of ash, higher levels of organic matter and carbohydrates. The addition of fertilizer NPK and NP promoted a reduction in insoluble nitrogen in relation to the total nitrogen, it increased the content of total nitrogen and protein which results in improving the nutritional quality of forage cactus.

Key words: *Opuntia*, nutritional components, digestible nutrients, protein.

## 1. INTRODUÇÃO

A região nordestina é marcada pela irregularidade das chuvas e baixo índice pluviométrico que causam graves prejuízos ao desenvolvimento das pastagens. No semiárido a pecuária possui grande expressão econômica e social, porém um fraco desempenho produtivo, que, em parte, é consequência das limitações impostas pela realidade local e equívocos como a importação de tecnologias inadequadas a estas condições (Araujo et al., 2004). Há períodos de disponibilidade elevada com boa qualidade seguido de períodos de extrema escassez de forragens e valor nutritivo em níveis bastante baixos, o que acarreta queda nos índices produtivos.

A palma apresenta-se como uma alternativa, visto que é uma cultura portadora de aspecto fisiológico especial quanto à absorção, aproveitamento e perda de água, sendo bem adaptada às condições adversas do semiárido, suportando prolongados períodos de estiagem e produzindo elevada quantidade de massa. Para Romo et al. (2006) a constância no aparecimento de anos secos torna a palma forrageira um alimento classificado como estratégico para esses períodos, quando o crescimento de outras forrageiras é limitado pelo baixo índice pluviométrico.

Pesquisando o comportamento de cinco cultivares de *Opuntia ficus-indica* em solo Mexicano, Ruiz-Espinoza et al. (2008) verificaram que o plantio adensado resultou em um significativo aumento de produtividade da matéria verde e seca. Segundo Santos et al. (2006), o emprego de adubação orgânica e ou mineral, com uso de um espaçamento

adequado podem propiciar aumentos de mais de 100% na produção de forragem, com colheitas que variam de 100 a 400 Mg ha<sup>-1</sup> de matéria verde a cada dois anos.

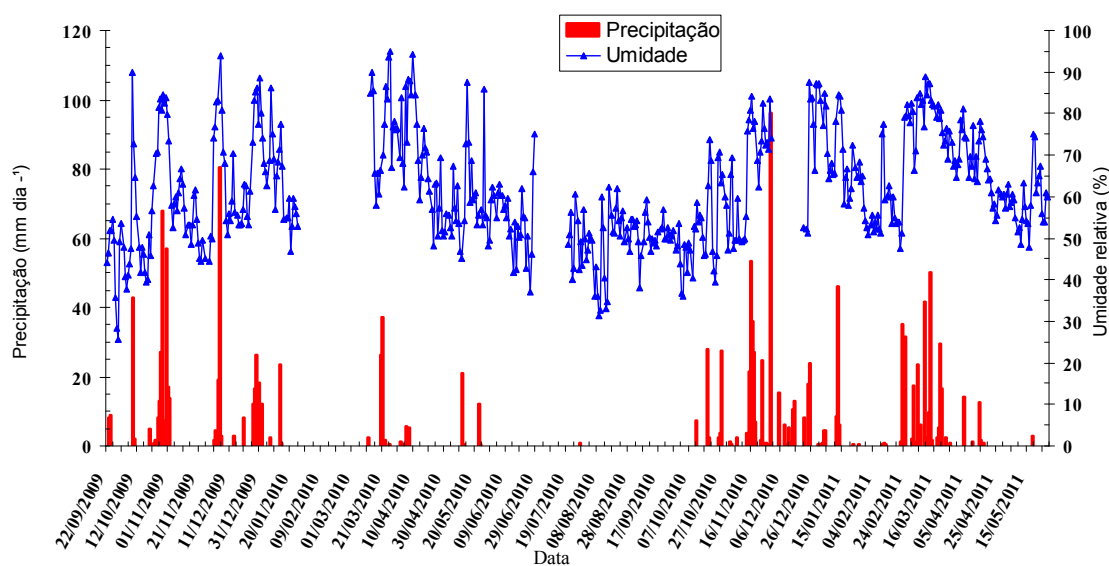
Existem alguns trabalhos comparando composição bromatológica com níveis de adubação e espaçamento, porém os resultados são divergentes. Araujo (2009) concluiu que as percentagens de matéria mineral, matéria orgânica, proteína bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, cálcio e fósforo, da palma forrageira não são afetadas pelos espaçamentos e doses de fósforo, utilizando como fonte superfosfato simples.

Com o presente trabalho objetivou-se avaliar as características bromatológicas da palma forrageira cultivada sob diferentes tipos de adubações e espaçamentos.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Instituto Federal Baiano, *Campus Guanambi*, BA em um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, típico A fraco, textura média, fase Caatinga hipoxerófila, relevo plano a suave ondulado. O município pertencente à micro região Guanambi, localiza-se no Sudoeste Baiano. As coordenadas são 14°13'30"S, 42°46'53"W, a altitude, 545 m, e o clima do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen, clima semiárido, com médias anuais de precipitação de 663,69 mm e temperatura média de 26 °C (Codevasf, 2007).

Durante o experimento os dados climáticos foram acompanhados por uma estação meteorológica automática, instalada nas proximidades do campo de palma (Figura 1).



**Figura 1.** Precipitação e umidade relativa, durante o período de 2009 a 2011. Estação automática (IF Baiano – *Campus Guanambi*)

Observação: As áreas em branco no gráfico referem-se a períodos com interrupção das leituras, por falhas na estação meteorológica.

O estudo teve como base a avaliação bromatológica de cladódios de palma forrageira 'Gigante' (*Opuntia ficus-indica* Mill) aos 620 dias após o plantio (DAP), sob variação de dois fatores de produção: a) espaçamento e b) adubação química. O experimento foi delineado em blocos ao acaso, com 12 tratamentos e três repetições, em esquema fatorial 3 x 4. O primeiro fator constituído por três espaçamentos: a) fileira simples, 1,00 m x 0,50 m; b) fileira simples 2,00 m x 0,25 m; e c) fileira dupla, 3,00 m x 1,00 m x 0,25 m), mantendo a densidade populacional de 20.000 plantas ha<sup>-1</sup>. O segundo fator composto por quatro combinações de adubações química: a) sem adubação química; b) uso de adubação nitrogenada, fosfatada e potássica (NPK), nas doses de 200 kg ha<sup>-1</sup> de N, 150 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 100 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O; c) uso de adubação fosfatada e nitrogenada (NP), nas quantidades de 200 kg ha<sup>-1</sup> de N e 150 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; e d) uso de adubação fosfatada (P), na dose de 150 kg ha<sup>-1</sup>. A parcela experimental teve dimensões de 16 m x 4 m, e área útil de 8,00 m x 2,00 m, totalizando trinta e seis unidades experimentais com área total de 2.304 m<sup>2</sup>.

Em início de setembro de 2009, após limpeza da área, demarcaram-se as 36 unidades experimentais. Em cada parcela foram retiradas cinco amostras simples de solo (0-20 cm de profundidade), que após misturadas formaram amostras compostas que foram encaminhadas para análise e avaliação da fertilidade que apresentaram os seguintes resultados médios: pH em água = 5,3; (P = 10,6 e K = 53,8) mg dm<sup>-3</sup>; (Na = 0,1; Ca = 1,4; Mg = 0,9; Al = 0,1; (H+Al) = 1,8; SB = 2,4; t = 2,6 e T = 4,4) cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; (V = 55,9 e m = 5,0)%; (Cu = 0,3; Fe = 7; Mn = 57,7; Zn = 2,0) mg dm<sup>-3</sup>. Na sequência realizou-se o preparo do solo com operações de subsolagem a 35 cm de profundidade e duas gradagens seguidas de abertura dos sulcos com sulcador de três linhas regulado para 1,00 m entre os sulcos e profundidade média de 0,30 m.

O plantio da palma foi feito no final do mês de setembro de 2009, utilizando um cladódio ("raquete") por cova, na posição vertical a uma profundidade que enterrava aproximadamente a metade do artigo. As mudas foram obtidas em cultura de palma da própria Instituição, com massa aproximada de 1,0 kg, livre de pragas e doenças. Após o corte e seleção no campo, as mudas foram colocadas em repouso, à sombra, por um período de quinze dias, para cicatrização dos ferimentos feitos no processo de colheita.

Durante o plantio foi realizada a adubação fosfatada, em cada parcela correspondente a esse tratamento, aplicando 150 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, o que equivale a uma aplicação de 5,33 kg parcela<sup>-1</sup> de superfosfato simples. Na condução do experimento as adubações de cobertura com nitrogênio, 200 kg ha<sup>-1</sup> e potássio, 100 kg ha<sup>-1</sup> (6,4 kg parcela<sup>-1</sup>

<sup>1</sup> de sulfato de amônio e 1,10 kg parcela<sup>-1</sup> de cloreto de potássio ) foram divididas em quatro aplicações, correspondente à 15%, 25%, 30% e 30% do total, respectivamente. A primeira aplicação, 0,96 kg parcela<sup>-1</sup> de sulfato de amônio e 0,17 kg parcela<sup>-1</sup> de cloreto de potássio, realizada em 28/12/2009, respeitando as condições de solo úmido e a existência de pelo menos um cladódio por planta. A segunda aplicação foi em 23/02/2010, correspondendo a 1,60 kg parcela<sup>-1</sup> de sulfato de amônio e 0,28 Kg parcela<sup>-1</sup> de cloreto de potássio, 57 dias após a primeira, também com solo úmido. A terceira e a quarta aplicações com 1,92 Kg parcela<sup>-1</sup> de sulfato de amônio e 0,33 kg parcela<sup>-1</sup> de cloreto de potássio cada, foram feitas em 14/11/2010 e 27/12/2010, respectivamente, após início do período chuvoso.

O controle de plantas daninhas, inicialmente feito com auxílio de enxadas, posteriormente, com o crescimento da planta, passou ao uso de capina química com glifosato (200 mL 20 L<sup>-1</sup> de água), aplicado em jato dirigido nas entrelinhas da cultura. O controle de outras pragas seguiram as recomendações de literatura.

À época da colheita, aos 620 DAP, coletaram-se amostras de tecidos dos cladódios para avaliação bromatológica da planta, num total de 40 amostras por tratamento, dentro da parcela útil, com aproximadamente 25 g cada, de modo a amostrar todas as ordens de cladódios que seriam colhidos. Para esse processo utilizou-se uma serra copo com 5 cm de diâmetro e 4 cm de profundidade, adaptada a uma furadeira à bateria que era acionada sobre o cladódio para retirada de uma fatia circular e uniforme (amostra). As amostras foram fatiadas, misturadas, pesadas 1.000 g de massa verde e secas em estufa de ventilação forçada a 60°C, por 72 horas.

Posteriormente, foram analisadas no Laboratório de Forragicultura e Pastagens da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), Campus Itapetinga. Determinaram-se de acordo as metodologias descritas por Silva & Queiroz (2009): matéria seca (MS), nitrogênio total (NT), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína (FDN<sub>CP</sub>), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HEM), celulose (CEL), lignina (LIG), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) e nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN).

Seguindo as metodologias de Licitra et al. (1996) e Fox et al. (2003), fracionaram-se os carboidratos e componentes nitrogenados obtendo-se as seguintes frações: nitrogênio não protéico (A), proteína verdadeira de degradação enzimática rápida e intermediária (B1 + B2), proteína verdadeira que apresenta degradação enzimática lenta (B3) e proteína

indigerível compreendida pelo nitrogênio determinado no resíduo da fibra em detergente ácido (FDA) e multiplicado pelo fator 6,25. O nitrogênio não-protéico, representado pela fração “A”, foi determinado após o tratamento da amostra com ácido tricloroacético a 10%, sendo obtido pela diferença entre o nitrogênio total e o nitrogênio insolúvel. A fração “B3” foi determinada pela mensuração do teor de proteína bruta (PB) no FDN, subtraído do valor de PB encontrado no FDA (diferença entre o nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e o nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA)). A fração C foi considerada como sendo o nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA). As frações “B1 + B2” foram obtidas pela diferença entre o nitrogênio total e as frações A, B3 e C.

As frações que compõem os carboidratos totais (CHT) foram estimadas conforme Sniffen et al. (1992), pela fórmula:  $CHT = 100 - (PB + EE + MM)$  em que PB corresponde à proteína bruta da amostra, EE ao extrato etéreo e MM às cinzas (material mineral). Os carboidratos não-fibrosos (CNF), que correspondem às frações “A + B1”, foram estimados pela fórmula:  $CNF = 100 - (PB + FDN_{CP} + EE + MM)$ , em que  $FDN_{CP}$  corresponde ao FDN, corrigido o seu conteúdo para cinzas e proteína. A fração “B2” (fibra disponível) foi resultante da diferença entre a  $FDN_{CP}$  e a fração de fibra indigestível (“C”). A fração “C”, que representa a fibra indigerível, foi estimada por meio da multiplicação do valor percentual da fração de lignina pelo fator 2,4.

Os resultados foram submetidos à análise de variância, considerando como fontes de variação: bloco, espaçamento, adubação e a interação espaçamento e adubação, testados a 5% de probabilidade. A interação foi desdobrada, ou não, de acordo com a significância e as médias comparadas por meio do teste Tukey ( $P < 0,05$ ).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores médios de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) fibra em detergente ácido (FDA), nitrogênio insolúvel em detergente ácido ( $NIDA_{MS}$ ), nitrogênio total (NT), nitrogênio insolúvel em detergente neutro ( $NIDN_{NT}$ ), nitrogênio insolúvel em detergente ácido ( $NIDA_{NT}$ ), carboidratos não-fibrosos ( $A + B1_{CHTMS}$ ), proteína verdadeira de degradação enzimática rápida e intermediária ( $B1 + B2_{PB}$ ), proteína verdadeira que apresenta degradação enzimática lenta ( $B3_{PB}$ ), diferiram ( $P < 0,05$ ) para as adubações, independentemente dos espaçamentos de plantio utilizados. Enquanto os teores de matéria orgânica (MO) e matéria mineral (MM), diferiram ( $P < 0,05$ ) entre os espaçamentos de plantio, independentemente das adubações utilizadas, os teores de carboidratos totais

(CHT) variaram com as adubações e espaçamentos, de forma independente (Tabela 1). Os teores de médios de extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína (FDN<sub>cp</sub>), celulose (CEL), lignina (LIG), carboidrato insolúvel em detergente neutro (CIDN), carboidratos não fibrosos (A + B1), fibra disponível (B2) e fibra indisponível (C), não diferiram ( $P > 0,05$ ) entre os fatores espaçamentos e adubações testados (Tabela 2). Os teores médios de hemicelulose, nitrogênio insolúvel em detergente neutro em percentagem da matéria seca (NIDN<sub>MS</sub>) e nitrogênio não protéico (A)<sub>NNP</sub>, foram dependentes das interações ( $P < 0,05$ ) entre as adubações e espaçamentos testados (Tabela 3).

O teor médio de matéria seca (MS) foi 82,30 g kg<sup>-1</sup> (Tabela 1). Os baixos valores de matéria seca podem estar associados ao período de chuva que se prolongou até final de maio (Figura 1) mantendo as plantas em crescimento ativo, com muito tecido jovem e alto teor de água. O tratamento sem adubação apresentou maior teor de matéria seca (95,00 g kg<sup>-1</sup>) em relação aos demais. As adubações condicionaram melhor desenvolvimento das plantas com um melhor equilíbrio osmótico, favoreceu surgimento de cladódios jovens com menores proporções de tecidos estruturais, parede celular pouco espessa, baixa lignificação e elevado teor de água, resultando em menores teores de matéria seca para os tratamentos adubados em comparação ao sem adição de adubo.

Valores inferiores aos da presente pesquisa foram detectados por Dubeux Júnior et al. (2010), que ao avaliar o efeito da adubação fosfatada e potássica, utilizando vasos em casa de vegetação, encontraram média de teor de matéria seca de 60,90 g kg<sup>-1</sup>, tendo como limites mínimo e máximo os valores de 51,40 e 69,20 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Também com uso de vasos, Teles et al. (2004) ao determinar efeito da adubação e nematicida não observaram diferenças para teor de matéria seca com limites mínimo e máximo de 60,00 e 88,80, respectivamente e média de 72,90 g kg<sup>-1</sup>. Vale ressaltar que esses dois autores mantinham as plantas irrigadas e colheram ainda em fase mais jovem. Valores maiores foram encontrados por Wanderley et al. (2002), 102,00 g kg<sup>-1</sup>, Santos et al. (2006), 126,30 g kg<sup>-1</sup> e Costa et al. (2010) que avaliaram plantas provenientes de micropropagação *in vitro* e detectaram teores de 101,30 a 122,20 g kg<sup>-1</sup>, após dois anos do plantio.

A média dos teores de proteína bruta (PB) nos cladódios de palma forrageira foi 97,40 g kg<sup>-1</sup> (Tabela 1). Os teores de PB foram maiores nas plantas que receberam adubação NPK e NP, 123,50 e 124,46 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente, comparados às plantas cultivadas com adubação à base de P (74,00 g kg<sup>-1</sup>) e sem adubação (67,80 g kg<sup>-1</sup>).

**Tabela 1.** Teores médios ( $\text{g kg}^{-1}$ ) de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente ácido (FDA), matéria orgânica (MO), Material mineral (MM), carboidratos totais (CHT), nitrogênio insolúvel em detergente ácido ( $\text{NIDA}_{\text{MS}}$ ), nitrogênio total (NT), proteína verdadeira de degradação enzimática rápida e intermediária ( $\text{B1} + \text{B2}$ )<sub>PB</sub>, proteína verdadeira que apresenta degradação enzimática lenta (B3), nitrogênio insolúvel em detergente ácido ( $\text{NIDA}_{\text{NT}}$ ), nitrogênio insolúvel em detergente neutro ( $\text{NIDN}_{\text{NT}}$ ), carboidratos não fibrosos ( $\text{A} + \text{B1}$ )<sub>CHTMS</sub>, em tecidos de cladódios de palma forrageira cultivada sob diferentes espaçamentos e adubações química, aos 620 dias após plantio

Variáveis	Tipos de adubação $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$ ( $\text{kg ha}^{-1}$ )				Espaçamento (m)			Média	CV (%)
	000	0P0	NP0	NPK	1,0 x 0,5	2,0 x 0,5	3 x 1 x 0,25		
MS	95,00 A	79,70 B	77,10 B	77,20 B	85,90	81,20	79,90	82,03	9,38
PB	67,80 B	74,00 B	124,40 A	123,50 A	96,30	96,00	100,00	97,40	10,52
FDA	168,80 B	177,90 AB	181,03 A	182,40 A	181,30	173,30	178,20	177,60	5,27
MO	872,50	860,90	874,60	866,80	876,10 A	870,80 AB	859,20 B	868,70	1,80
MM	127,50	139,10	125,40	133,20	123,90 B	129,10 AB	140,80 A	131,30	11,90
CHT	775,40 A	757,50 A	723,30 B	714,70B	751,90A	745,80AB	730,30B	742,40	2,59
( $\text{NIDA}$ ) <sub>MS</sub>	1,10B	1,30AB	1,40A	1,30AB	1,20	1,30	1,40	1,30	17,18
NT	10,80 B	11,80 B	19,90 A	19,70 A	15,40	15,40	16,00	15,60	10,52
( $\text{B1} + \text{B2}$ ) <sub>PB</sub>	734,85C	739,47C	765,73B	792,93A	762,10	760,20	752,40	758,24	2,10
(B3) <sub>PB</sub>	184,60A	147,10A	106,00 B	95,50 B	134,5	133,10	132,30	133,30	21,47
( $\text{NIDA}$ ) <sub>NT</sub>	103,00 A	114,40 A	70,10 B	66,60 B	85,50	88,60	91,60	88,50	21,47
( $\text{NIDN}$ ) <sub>NT</sub>	287,60A	261,50A	176,10B	162,10B	230,70	221,10	213,60	221,80	20,71
( $\text{A} + \text{B1}$ ) <sub>CHTMS</sub>	485,40A	455,60AB	436,80B	426,50B	466,10	444,10	443,10	451,10	6,85

Adubação em ( $\text{kg ha}^{-1}$ )  $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$ : 000-000-000; 200-150-100; 200-150-000 e 000-150-000.

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

CV – coeficiente de variação

O teor de proteína está relacionado ao teor de nitrogênio nos cladódios, que é função da disponibilidade de nitrogênio no solo. O nitrogênio é parte integrante de aminoácidos, proteínas, enzimas, DNA e RNA (purinas e pirimidinas), clorofila, coenzimas, colina e ácido indolilacético (Marschner, 1995; Malavolta, 2008).

O teor de extrato etéreo (EE) não sofreu variação com os tratamentos e apresentou média de  $28,6 \text{ g kg}^{-1}$ . Este valor supera os valores  $25,00$  e  $20,60 \text{ g kg}^{-1}$  encontrados por Costa et al. (2010) e Melo et al. (2003) e são inferiores aos resultados de Donato (2011) com teor médio de  $47,00 \text{ g kg}^{-1}$ .

O valor médio dos teores de fibra em detergente ácido (FDA) nos cladódios de palma forrageira para as diferentes adubações foi  $177,60 \text{ g kg}^{-1}$  (Tabela 1). O tratamento somente com P, com  $177,90 \text{ g kg}^{-1}$  apresentou resultado semelhante ao sem adição de adubo, com  $168,80 \text{ g kg}^{-1}$ . Este foi menor do que  $182,40$  e  $181,30 \text{ g kg}^{-1}$  resultantes dos tratamentos NPK e NP, respectivamente. Esses teores são semelhantes aos encontrados por



Donato (2011), cujas médias dos teores de fibra em detergente ácido,  $170,60 \text{ g kg}^{-1}$ , não diferiram entre si para os fatores doses de esterco bovino e espaçamentos testados. Valores de FDA semelhantes, também foram encontrados por Valadares et al. (2002) e Batista et al. (2003),  $188,50$  e  $176,00 \text{ g kg}^{-1}$ , respectivamente.

Os valores médios de FDN e  $\text{FDN}_{\text{CP}}$  nos cladódios de palma forrageira não variaram com os tratamentos e foram  $318,80$  e  $291,60 \text{ g kg}^{-1}$ , nesta ordem (Tabela 2). Costa et al. (2010) detectaram em plantas provenientes de micropropagação *in vitro* teores de FDN e FDA que variaram de  $329,40$  a  $343,60$  e  $157,80$  a  $169,20 \text{ g kg}^{-1}$ , respectivamente. Magalhães et al. (2004), encontraram teor médio de FDN igual a  $350,90 \text{ g kg}^{-1}$ , superior aos obtidos no presente trabalho. Albuquerque et al. (2002) e Batista et al. (2003) obtiveram valores de  $256,50$  a  $284,00 \text{ g kg}^{-1}$ , pouco inferiores aos deste experimento. Tosto et al. (2007) encontraram teor de  $\text{FDN}_{\text{CP}}$  semelhante,  $290,70 \text{ g kg}^{-1}$ . Teor maior de  $\text{FDN}_{\text{CP}}$   $319,30 \text{ g kg}^{-1}$  foi encontrado por Cavalcante et al. (2008).

Os teores de celulose e lignina nos cladódios de palma (Tabela 2),  $157,20$  e  $20,80 \text{ g kg}^{-1}$ , respectivamente, aproximam dos resultados constatados por Donato (2011), com  $145,00$  e  $29,00 \text{ g kg}^{-1}$ , que também não diferiram entre si em função das adubações ou espaçamentos testados. Ambos resultados foram inferiores ao determinado por Tosto et al. (2007) com  $212,00$  e  $46,00 \text{ g kg}^{-1}$ . Provavelmente, os teores encontrados no presente trabalho e por Donato (2011) seriam maiores se a palma fosse colhida aos dois anos.

Para teores de hemicelulose em cladódios de palma (Tabela 3) verifica-se que no espaçamento  $1,00 \times 0,50 \text{ m}$ , as plantas do tratamento NP, com  $105,00 \text{ g kg}^{-1}$  apresentou menor teor do que quando adubadas com P, com  $169,40 \text{ g kg}^{-1}$ , os demais tratamentos não diferiram entre si. Para os espaçamentos  $2,00 \text{ m} \times 0,25 \text{ m}$  e  $3,00 \text{ m} \times 1,00 \text{ m} \times 0,25 \text{ m}$  não perceberam-se diferenças ( $P < 0,05$ ) entre os teores de hemicelulose em função dos diferentes tipos de adubação.

Da análise da adubação em função do espaçamento, constata-se que apenas o tratamento NPK apresentou diferenças (Tabela 3). O espaçamento  $2,00 \text{ m} \times 0,25 \text{ m}$  com teor de hemicelulose de  $157,20 \text{ g kg}^{-1}$  conferiu maior valor do que o espaçamento  $3,00 \text{ m} \times 1,00 \text{ m} \times 0,25 \text{ m}$ ,  $104,00 \text{ g kg}^{-1}$ . O teor médio geral foi  $141,23 \text{ g kg}^{-1}$ .

Os teores de matéria orgânica (MO) nos cladódios, expressaram média de  $868,70 \text{ g kg}^{-1}$  (Tabela 1). No espaçamento  $1,00 \text{ m} \times 0,50 \text{ m}$ , com  $876,10 \text{ g kg}^{-1}$  o teor de MO foi maior que  $859,20 \text{ g kg}^{-1}$ , resultante do arranjo  $3,00 \text{ m} \times 1,00 \text{ m} \times 0,25 \text{ m}$ . Nessa situação, a maior proximidade das plantas na fileira conduz a um autosombreamento com estiolamento, sendo as plantas mais tenras, com maior teor de água e menos fibras. Valores

semelhantes aos do presente trabalho para MO foram detectados por Mello et al. (2003) e Araujo et al. (2004), com teores de 857,60 e 886,60 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Tosto et al. (2007), com a mesma cultivar encontraram menor teor 837,00 g kg<sup>-1</sup>, enquanto Wanderley et al. (2002) obtiveram resultado superior, 934,10 g kg<sup>-1</sup>.

O teor de matéria mineral (MM) em cladódios de palma expressou média geral de 131,30 g kg<sup>-1</sup> (Tabela 1). As plantas submetidas ao arranjo de plantas 3,00 m x 1,00 m x 0,25 m, com 140,80 g kg<sup>-1</sup> de MM, superaram às plantas cultivadas sob espaçamento 1,00 x 0,50 m, com 123,90 g kg<sup>-1</sup>. A menor distância entre as plantas na fileira, favorecem o autosombreamento, o estiolamento e estas ficaram mais tenras, com menor teor de matéria seca. Como a matéria mineral está expressa em porcentagem de matéria seca, justifica o maior teor. Os resultados obtidos no presente trabalho para MM na palma 'Gigante' superam os encontrados por Silva et. al. (2007) e Costa et. al. (2010), 88,90 e 93,10 g kg<sup>-1</sup>, e são inferiores ao de Tosto et al. (2007) com 161,30 g kg<sup>-1</sup>. Já Batista et. al. (2003), Melo et. al. (2003) e Donato (2011) observaram teores médios na mesma cultura na ordem de 146,00; 142,00 e 141,00 g kg<sup>-1</sup> de matéria mineral, respectivamente, valores similares aos aqui determinados.

O teor médio de nitrogênio insolúvel em detergente ácido em porcentagem da matéria seca (NIDA<sub>MS</sub>) nos cladódios das plantas que não foram adubadas foi 1,10 g kg<sup>-1</sup> (Tabela 1), valor menor que 1,40 g kg<sup>-1</sup>, correspondente ao uso de NP. Os demais tratamentos foram similares. Valores semelhantes aos do presente trabalho foram encontrados por Tosto et al. (2007), 1,20 g kg<sup>-1</sup>. Já Donato (2011) encontrou teor médio de 2,30 g kg<sup>-1</sup>, sem diferença significativa entre os tratamentos.

Para as interações do nitrogênio insolúvel em detergente neutro em porcentagem da matéria seca (NIDN<sub>MS</sub>), (Tabela 3), observa-se que as plantas cultivadas no espaçamento 1,00 m x 0,50 m e adubadas com NPK, com 2,60 g kg<sup>-1</sup> de NIDN<sub>MS</sub> apresentaram menor teor do que com NP, com 3,80 g kg<sup>-1</sup>. Para os espaçamentos 2,00 m x 0,25 m e 3,00 m x 1,00 m x 0,25 m não foram registradas diferenças entre os teores de (NIDN<sub>MS</sub>) em função dos tipos de adubação. Analisando adubação em função do espaçamento, percebe-se que apenas o tratamento NPK diferiu para NIDN<sub>MS</sub> nos cladódios de palma (Tabela 3). No espaçamento 1,00 m x 0,50 m, o teor de NIDN<sub>MS</sub> de 2,60 g kg<sup>-1</sup>, foi menor do que o teor nos cladódios das plantas cultivadas no espaçamento 3,0 m x 1,0 m x 0,25 m, 3,50 g kg<sup>-1</sup>. Valores inferiores aos da presente pesquisa foram encontrados por Tosto et al. (2007) e Donato (2011) com teores de 2,00 e 2,80 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente.

Os teores de nitrogênio insolúvel em detergente neutro em função do nitrogênio total ( $NIDN_{NT}$ ) em cladódios de palma (Tabela 1) expressaram média geral de  $221,80 \text{ g kg}^{-1}$ . Os valores  $162,10$  e  $176,10 \text{ g kg}^{-1}$ , para os tratamentos com NPK e NP foram menores que os teores,  $261,50$  e  $287,60 \text{ g kg}^{-1}$ , referentes aos tratamentos com P e sem adubação, nesta ordem. A adição de adubos nitrogenados eleva a disponibilidade de nitrogênio no solo, por consequência aumenta o crescimento da planta com surgimento de novos tecidos com menor teor de fibras estruturais (parede celular) fazendo com que o nitrogênio insolúvel em detergente neutro diminua. Donato (2011) testando doses de adubo orgânico de  $0,00$  a  $90,0 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , encontrou teores que variaram de  $144,00$  a  $190,00 \text{ g kg}^{-1}$  sendo que os maiores teores correspondiam às menores doses.

Teor de nitrogênio insolúvel em detergente ácido em função do nitrogênio total ( $NIDA_{NT}$ ) com  $103,00$  e  $114,40 \text{ g kg}^{-1}$  (Tabela 1), decorrentes dos tratamentos sem adubação e com uso só de P foram maiores que os teores,  $66,60$  e  $70,10 \text{ g kg}^{-1}$ , provenientes dos tratamentos NPK e NP, respectivamente. As adubações nitrogenadas aumentaram o teor de nitrogênio nos cladódios, provocaram maior surgimento de tecidos jovens, reduzindo o nitrogênio insolúvel em detergente ácido, aderido à parede celular. Donato (2011) encontrou variação de  $117,00$  a  $153,00 \text{ g kg}^{-1}$ . Os maiores teores correspondem às menores doses, evidenciando uma relação inversa dos teores de  $NIDA_{NT}$  ao incremento de nitrogênio.

Os teores de carboidratos totais (CHT) nos cladódios de palma forrageira apresentaram média geral de  $742,40 \text{ g kg}^{-1}$ . Os tratamentos com adubação NPK e NP apresentaram menores teores,  $714,70$  e  $723,30 \text{ g kg}^{-1}$  comparados ao uso apenas de P e sem adubação, com  $757,50$  e  $742,40 \text{ g kg}^{-1}$ , respectivamente. A adubação nitrogenada favorece o desenvolvimento vegetativo, o surgimento de novos tecidos, mais tenros e com menor teor de carboidratos estruturais (menos lignificados), maiores teores de proteínas e minerais, justificando a diferença entre os tratamentos. Na combinação  $1,00 \text{ m} \times 0,50 \text{ m}$ , o teor de CHT,  $751,90 \text{ g kg}^{-1}$ , superou o valor  $730,30 \text{ g kg}^{-1}$  resultante do arranjo  $3,00 \text{ m} \times 1,00 \text{ m} \times 0,25 \text{ m}$ . Fato justificado pelo arranjo, com maior proximidade entre as plantas provocando competição por luminosidade, plantas mais estioladas, tenras e tecidos menos lignificados. Valores semelhantes aos do presente trabalho,  $730,80$  e  $734,00 \text{ g kg}^{-1}$ , foram obtidos por Melo et al. (2003) e Donato (2011). Teores maiores,  $879,60$  e  $854,60 \text{ g kg}^{-1}$  foram encontrados por Wanderley et al. (2002) e Cavalcante et al. (2008).

O teor de carboidratos não fibrosos ( $A + B$ ) $_{MS}$  em função da matéria seca, de cladódios de palma (Tabela 1),  $485,40 \text{ dag kg}^{-1}$  observados no tratamento sem adubação

foi maior do que os teores, 426,50 e 436,80 g kg<sup>-1</sup>, decorrentes das adubações com NPK e NP. A adubação nitrogenada favorece o desenvolvimento vegetativo, surgimento de novos tecidos mais tenros com menor teor de carboidratos estruturais (menos lignificados), maiores teores de proteínas e minerais, justificando a diferença entre os tratamentos.

Os teores de carboidratos não fibrosos (A + B1)<sub>CHT</sub> em função dos carboidratos totais apresentaram média de 606,70 g kg<sup>-1</sup> (Tabela 2). Teores semelhantes aos do presente trabalho, 605,00 e 617,00 g kg<sup>-1</sup> foram encontrados por Donato (2011) e Wanderley et al. (2002), respectivamente. Para a fração carboidratos não fibrosos (A + B1), fibra disponível (B2) e fibra indisponível (C) em função dos carboidratos totais (Tabela 2), os teores quantificados nos cladódios, 606,70; 325,80 e 67,50 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente, aproximaram dos resultados de Donato (2011), que também não detectou diferenças em função dos tratamentos, com resultados 605,00; 294,00 e 100,00 g kg<sup>-1</sup>. Contudo, diferiram dos respectivamente teores determinados por Duarte (2008), 737,00; 39,00 e 227,00 g kg<sup>-1</sup>.

**Tabela 2.** Teores de médios (g kg<sup>-1</sup>) de extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína (FDN<sub>CP</sub>), celulose (CEL), lignina (LIG), carboidratos não fibrosos (A + B1), fibra disponível (B2) e fibra indisponível (C), em tecidos de cladódios de palma forrageira cultivada sob diferentes espaçamentos e adubações química, aos 620 dias após plantio

Variáveis	Espaçamento (m)			Tipos de adubação N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )				Média	CV(%)
	1,0 x 0,5	2,0 x 0,5	3x 1x 0,25	000	0P0	NP0	NPK		
EE	27,80	29,00	28,90	29,40	29,40	26,90	28,60	28,60	20,42
FDN	314,20	329,50	312,80	315,20	330,20	315,20	314,80	318,80	8,30
FDN <sub>CP</sub>	285,90	301,80	287,20	289,90	301,30	286,50	288,10	291,60	9,02
CEL	163,10	153,30	155,30	150,90	152,40	165,00	160,60	157,20	11,19
LIG	20,80	21,50	20,20	20,10	21,40	21,00	20,80	20,80	16,14
A+B1 <sub>CHT</sub>	618,50	595,10	606,60	625,80	601,00	603,80	596,30	606,70	5,89
B2 <sub>CHT</sub>	315,20	335,60	326,80	311,90	331,20	326,50	333,70	325,80	11,76
C <sub>CHT</sub>	66,30	69,40	66,60	62,20	67,90	69,70	69,90	67,50	14,51

CV – coeficiente de variação

O nitrogênio total (NT) apresentou média geral de 15,60 g kg<sup>-1</sup> nos cladódios de palma (Tabela 1). Os valores 19,70 e 19,90, resultantes dos tratamentos NPK e NP foram maiores que 10,80 e 11,80 g kg<sup>-1</sup> provenientes dos tratamentos sem adubação e com uso apenas de P. Os teores de nitrogênio total aumentaram com a utilização de formulações contendo este nutriente, como esperado. Com a adição dos adubos contendo N, as

concentrações deste nutriente na forrageira elevam-se devido a uma maior disponibilidade desse elemento no solo propiciando uma maior absorção. Donato (2011) encontrou teores de nitrogênio de 15,20 a 19,20 g kg<sup>-1</sup>, ao variar dosagens de esterco bovino de zero a 90 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

As médias gerais nos cladódios de palma para proteína de verdadeira degradação enzimática rápida e intermediária (B1 + B2)<sub>PB</sub> foi 758,24 g kg<sup>-1</sup> (Tabela 1). O maior valor ocorreu para as plantas que receberam adubação com NPK, 792,93 g kg<sup>-1</sup>, seguidas pelo teor de 765,73 g kg<sup>-1</sup> do tratamento com NP. Ambos os tratamentos superaram os teores sem adição de adubo e com uso de P, 739,47 e 734,85 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Esses valores foram maiores do que os resultados de Duarte (2008) com 715,00 g kg<sup>-1</sup> e Donato (2011) que trabalhando com adubação orgânica obteve valores que variaram de 464,00 a 525,00 g kg<sup>-1</sup>.

Os teores médios de proteína disponível lentamente degradável (B3)<sub>PB</sub>, 184,60 e 147,10 g kg<sup>-1</sup> (Tabela 1), registrados nos tratamentos sem adubo e com P foram maiores que os teores, 95,50 e 106,00 g kg<sup>-1</sup>, provenientes dos tratamentos NPK e NP, respectivamente. Estas adubações aumentaram o teor de nitrogênio nos cladódios, provocaram maior surgimento de tecidos jovens menos lignificados, com parede celular pouco espessa, reduzindo o teor de nitrogênio insolúvel em detergente ácido, o teor de proteína disponível lentamente degradável (B3)<sub>PB</sub> e aumentando os valores da proteína verdadeira de degradação enzimática rápida e intermediária (B1 + B2)<sub>PB</sub>.

Para nitrogênio não protéico (A)<sub>NNP</sub>, no arranjo 1,00 m x 0,50 m, a adubação NPK conferiu teores nos cladódios de 213,50 g kg<sup>-1</sup> (Tabela 3), valor maior que os registrados para plantas adubadas com NP, 177,70 g kg<sup>-1</sup>. Este valor superou 100,50 e 118,20 g kg<sup>-1</sup> de (A)<sub>NNP</sub>, provenientes das plantas não adubadas e adubadas apenas com P, que foram similares entre si. Para o espaçamento 2,00 m x 0,25 m, o teor de nitrogênio não protéico nas plantas adubadas com NPK, 174,50 g kg<sup>-1</sup>, não diferiu das adubadas com NP, 203,00 g kg<sup>-1</sup>, mas superou os teores, 109,20 e 118,00 g kg<sup>-1</sup>, registrados para as plantas não adubadas e adubadas apenas com P. As plantas conduzidas no espaçamento 3,00 m x 1,00 m x 0,25 m expressaram comportamento semelhante. O teor nas plantas adubadas com NPK, 194,00 g kg<sup>-1</sup>, não diferiu da NP, 204,30 g kg<sup>-1</sup>, e foi maior que 102,40 e 123,40 g kg<sup>-1</sup>, decorrentes dos tratamentos sem adubo e com P.

**Tabela 3.** Teores médios de hemicelulose (HEM), nitrogênio insolúvel em detergente neutro em percentagem da matéria seca (NIDN<sub>MS</sub>) e nitrogênio não protéico (A)<sub>NNP</sub>, em tecidos de cladódios de palma forrageira cultivada sob diferentes espaçamentos e adubações química, aos 620 dias após o plantio.

Espaçamento (m)	Tipos de adubação N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )				Média
	000- 000- 000	000-150-000	200-150-000	200-150-100	
	Teores de HEM (g Kg <sup>-1</sup> )				
1,00 x 0,50	121,40 abA	169,40 aA	105,00 bA	135,90 abAB	132,93
2,00 x 0,25	164,00 aA	153,60 aA	149,80 aA	157,20 aA	156,15
3,00 x 1,00 x 0,25	154,10 aA	133,70 aA	146,70 aA	104,00 aB	134,63
Média	146,50	152,23	133,83	132,37	141,23
CV (%)	17,72				
	Teores de NIDN <sub>MS</sub> (g Kg <sup>-1</sup> )				
1,00 x 0,50	3,10 abA	3,30 abA	3,80 aA	2,60 bB	3,20
2,00 x 0,25	3,20 aA	2,80 aA	3,30 aA	3,30 aAB	2,95
3,00 x 1,00 x 0,25	2,90 aA	3,00 aA	3,40 aA	3,50 aA	3,20
Média	3,07	3,03	3,50	3,13	3,20
CV (%)	11,98				
	Teores de A <sub>NNP</sub> (g kg <sup>-1</sup> )				
1,00 x 0,50	100,50 cA	118,20 cA	177,70 bA	213,50 aA	152,47
2,00 x 0,25	109,20 bA	118,00 bA	203,00 aA	174,50 aB	151,18
3,00 x 1,00 x 0,25	102,40 bA	123,40 bA	204,30 aA	194,00 aAB	156,03
Média	104,03	119,87	195,00	194,00	153,22
CV (%)	9,68				

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Analisando adubação em função do espaçamento, percebe-se que apenas o tratamento NPK apresentou diferença significativa para nitrogênio não protéico (A)<sub>NNP</sub> nos cladódios de palma (Tabela 3). O espaçamento 1,00 m x 0,50 m conferiu às plantas adubadas com NPK, teor de 213,50 g kg<sup>-1</sup> de (A)<sub>NNP</sub>, maior do que 174,50 g kg<sup>-1</sup>, resultante do espaçamento 2,00 m x 0,25 m. Os demais tipos de adubação não modificaram os teores de nitrogênio não protéico nas plantas em função do espaçamento.

#### **4. CONCLUSÕES**

Plantas mais uniformemente distribuídas apresentam menores teores de matéria mineral, maiores teores de matéria orgânica e carboidratos. A adição de adubo com NPK e NP promoveram redução no nitrogênio insolúvel em relação a nitrogênio total, aumentaram o teor de nitrogênio total e proteína, o que resulta em melhoria na qualidade nutricional da palma forrageira.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, S.S.C.; LIRA, M.A.; SANTOS, M.V. et al. Utilização de três fontes de nitrogênio associadas à palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*, Mill.) Cv. Gigante na suplementação de vacas leiteiras mantidas em pasto diferido. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.1315-1324, 2002.
- ARAÚJO, P.R.B.; FERREIRA, M.A.; BRASIL, L.H.A. et al. Substituição do milho por palma forrageira em dietas completas para vacas em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1850-1857, 2004.
- ARAÚJO, A.M. **Interação entre adubação fosfatada e espaçamento no cultivo da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill) no estado da Paraíba**. 67f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia- Universidade Federal de Campina Grande. Patos - PB- 2009.
- BATISTA, A.M.V. Effects of variety on chemical composition, in situ nutrient disappearance and in Vitro gas production of spineless cactus. **Journal Science and Food Agriculture**. v.83, n.3, p.440-445, 2003.
- CAVALCANTI, C.V.A.; FERREIRA, M.A.; CARVALHO, M.C. et al. Palma forrageira enriquecida com uréia em substituição ao feno de capim tifton 85 em rações para vacas da raça Holandesa em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.37, n.4, p.689-693, 2008.
- CODEVASF. Companhia de Desenvolvimento do Vale da São Francisco **Dados meteorológicos**. 2ª Superintendência Regional, Núcleo Avançado de Guanambi, Estação Agrometeorológicos de Ceraíma. Disponível em: Núcleo Avançado de Guanambi (2ª NGU). Guanambi, Bahia. Consultado em dez. 2007.
- COSTA, M.R.G.F.; CARNEIRO, M.S.S.; PEREIRA, E.S. et al. Produção e composição química da palma forrageira micropropagada *in vitro*. **Revista Brasileira Saúde Produção Animal**, v.11, n.4, p. 953-960 out/dez, 2010.
- DONATO, P.E.R. **Avaliação bromatológica, morfológica, nutricional e de rendimento em palma forrageira sob diferentes espaçamentos e doses de esterco bovino**. Itapetinga-BA: UESB, 2011. 134f. (Tese – Doutorado em Zootecnia, Área de Concentração em Produção de Ruminantes).
- DUARTE, L.S. **Determinação das frações protéicas e de carboidratos e estimativa do valor energético e da digestão intestinal da proteína de forrageiras e resíduos gerados no Nordeste Brasileiro**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Zootecnia. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza-CE. 78f. 2008.
- DUBEUX JUNIOR, J.C.B.; ARAÚJO FILHO, J.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. 2010.
- FOX, D.G.; TYLUTKI, T.P.; TEDESCHI, L.O. et al. **The net carbohydrate and protein system for evaluating herd nutrition and nutrient excretion**. New York, Ithaca: Cornell Universit. 2003. 237p.



LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, n.4, p.347-358, 1996.

MAGALHÃES, M.C.S.; VÉRAS, A.S.C.; FERREIRA, M.A. et al. Inclusão de cama de frango em dietas à base de palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) para vacas mestiças em lactação. 1. Consumo e produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1897-1908, 2004.

MALAVOLTA, E. O futuro da nutrição de plantas tendo em vista aspectos agrônômicos, econômicos e ambientais. **Informações Agronômicas**, n.121, 2008.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2nd ed., New York, Academic Press. 1995. 889p.

MELO, A.A.S.; FERREIRA, M.A.; VERÁS, 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. 1. Desempenho 1. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.3, p.727-736. 2003.

ROMO, M.M.; ESTRADA, G.T.; HARO, I.M. et al. Digestibilidade in situ de dietas com farinha de nopal desidratado contendo um preparado de enzimas fibrolíticas exógenas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.7, p.1173-1177, 2006.

RUIZ-ESPINOZA, F.H.; ALVARADO-MENDOZA, J.F.; MURILLO-AMADOR, B. et al. Rendimiento y crecimiento de nopalitos de cultivares de nopal (*Opuntia ficus-indica*) bajo diferentes densidades de plantación. 2008. Disponível em <http://www.jpacd.org>. Consultado em 25 de outubro de 2011.

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

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

SILVA, R.R.; FERREIRA, M.A.; VÉRAS, A.S.C. et al. Palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) associada a diferentes volumosos em dietas para vacas da raça Holandesa em lactação. **revista Acta Sci. Anim. Sci.** Maringá, v.29, n.3, p.317-324, 2007.

TELES, M.M.; SANTOS, M.V.F.; DUBEUX JÚNIOR, J.C.B. et al. 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, (Suplemento 2). 2004.

TOSTO, M.S.L.; ARAÚJO, G.G.L.; OLIVEIRA, R.L. et al. Composição química e estimativa de energia da palma forrageira e do resíduo desidratado de vitivinícolas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.8, n.3, p.239-249, 2007.

WANDERLEY, W.L; ANDRADE FERREIRA, M.A.; ANDRADE, D.K.B. et al. Palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) em substituição à silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) na alimentação de vacas leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.273-281, 2002.