



**NÍVEIS DE ADUBO DA PALMA FORRAGEIRA E
UTILIZAÇÃO ALIMENTAÇÃO DE NOVILHOS**

SANSÃO DE PAULA HOMEM NETO

2018



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

**NÍVEIS DE ADUBO DA PALMA FORRAGEIRA E
UTILIZAÇÃO ALIMENTAÇÃO DE NOVILHOS**

Autor: DSc. Sansão de Paula Homem Neto
Orientador: Prof. Dr. Aureliano José Vieira Pires

ITAPETINGA
BAHIA – BRASIL
Outubro de 2018

SANSÃO DE PAULA HOMEM NETO

**NÍVEIS DE ADUBO DA PALMA FORRAGEIRA E UTILIZAÇÃO
ALIMENTAÇÃO DE NOVILHOS**

Tese apresentada, como parte das exigências para a obtenção do título de DOUTOR EM ZOOTECNIA, no programa de Pós-graduação em zootecnia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

Orientador:

Prof. Dr. Aureliano José Vieira Pires

Coorientadores:

Prof. Dr. Fábio Andrade de Teixeira

Prof. Dr. Gleidson Giordano Pinto de Carvalho

ITAPETINGA
BAHIA – BRASIL
Outubro de 2018

636.085 Homem Neto, Sansão de Paula.
H724n Níveis de adubo da palma forrageira e utilização alimentação de novilhos. /
Sansão de Paula Homem Neto. – Itapetinga-BA: UESB, 2018.
87f.

Tese apresentada, como parte das exigências para a obtenção do título de DOUTOR EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Sob a orientação do Prof. D.Sc. Aureliano José Vieira Pires e coorientação do Prof. D.Sc. Fábio Andrade de Teixeira e Prof. D.Sc. Gleidson Giordano Pinto de Carvalho.

1. Palma forrageira – Adubo químico - Morfometria e bromatologia. 2. Palma forrageira - Adubo químico – Produção. 3. Novilhos - Palma forrageira - Alimentação. I. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - Programa de Pós-Graduação de Doutorado em Zootecnia, *Campus* de Itapetinga. II. Pires, Aureliano José Vieira. III. Teixeira, Fábio Andrade de. IV. Carvalho, Gleidson Giordano Pinto de. V. Título.

CDD(21): 636.085

Catálogo na Fonte:

Adalice Gustavo da Silva – CRB 535-5ª Região
Bibliotecária – UESB – Campus de Itapetinga-BA

Índice Sistemático para desdobramentos por Assunto:

1. Palma forrageira – Balanço hídrico
2. Palma forrageira – Cana-de-açúcar - Dieta para novilhos
3. *Nopalea, Opuntia*

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA - UESB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
Área de Concentração: Produção de Ruminantes

Campus Itapetinga-BA

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

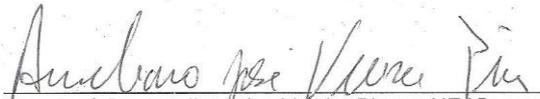
Título: “Níveis de adubo na palma forrageira e utilização na alimentação de novilhos”.

Autor (a): Sansão de Paula Homem Neto

Orientador (a): Prof. Dr. Aureliano José Vieira Pires

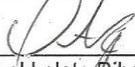
Co-orientador (a): Prof. Dr. Gleidson Giordano Pinto de Carvalho
Prof. Dr. Fábio Andrade Teixeira

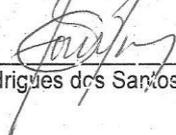
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM ZOOTECNIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PRODUÇÃO DE RUMINANTES, pela Banca Examinadora:


Prof. Dr. Aureliano José Vieira Pires – UESB
Orientador


Prof. Dr. Paulo Valter Nunes Nascimento - UESB


Prof. Dr. Fabiano Ferreira da Silva - UESB


Prof. Dr. Ossival Lolato Ribeiro - UFRB


Prof. Dr. Ariomar Rodrigues dos Santos – IFBaiano

Data de realização: 16 de outubro de 2018.

(...) Deitar-me faz em verdes pastos, guia-me mansamente a águas tranquilas.
Refrigera a minha alma; guia-me pelas veredas da justiça, por amor do meu nome.
Ainda que eu andasse pelo vale da sombra da morte, não temerei mal algum, porque tu estás
comigo; a tua vara e o teu cajado me consolaram.

Preparas uma mesa perante mim na presença dos meus inimigos, unges a minha cabeça com
óleo, o meu cálice transborda.

Certamente que a bondade e a misericórdia me seguirão todos os dias da minha vida: e
habitarei na casa do senhor por longos dias (...).

Salmo 23

escrevo aqui no presente, para que no futuro, quando suas mentes me esquecerem
seus olhos possam lembrar de mim!!!

Robert Nesta Marley

A todos os nordestinos “cabas da peste”, guerreiros, batalhadores, que fazem o pouco se tornar grandioso diante de inúmeras dificuldades de uma terra seca e “pobre”, porém, cheios de fé e esperança que crescem como plantas com a vinda das chuvas.

OFEREÇO ESTE TRABALHO.

Ao meu avô, Sansão de Paula Homem (*In memorian*), a minha avó Emilia Altina Maia de Paula (*In memorian*) e tia avó Maria Altina Maia (*In memorian*);

DEDICO ESTE TRABALHO.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus e a Nossa Senhora, por estarem me acompanhando em todos os momentos de minha vida, sejam estes bons ou ruins;

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, por ter me possibilitado desenvolver este trabalho;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos;

Aos meus avós paternos, Iracema Ramos de Medeiros Fernandes, Cassimiro Ramos Fernandes;

Aos meus pais, José Ricardo Ramos de Medeiros Fernandes e Key France de Paula Maia;

Às minhas tias, Maria das Neves de Paula Maia, Sonia Maria de Paula Maia, Ana Altina de Paula Maia, Jacqueline Ramos de Medeiros Fernandes, Micheline Ramos de Medeiros Fernandes;

Aos meus tios, Robson de Paula Maia, Tarcísio de Paula Maia, Jose Benício Maia Neto;

À minha noiva, Wanessa de Lima Batista;

Aos meus orientadores e ex-orientadores, Prof. Dr. Aureliano José Vieira Pires, Prof. Dr. Gleidson Giordano Pinto de Carvalho, Prof. Dr. Ossival Lolato Ribeiro, Prof. Dr. Edson Mauro Santos pela orientação, competência e profissionalismo que me proporcionou crescimento técnico e pessoal, tornando-os exemplos de vida;

Aos amigos, Ricardo Uriel Pedrosa e Alexandre Fernandes Perazzo por todos os conselhos, apoio, ensinamentos e colaboração;

À professora Juliana Silva de Oliveira, pela contribuição prestada no aprendizado; À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia;

À Coordenação da Pós-graduação em Zootecnia e a todos os funcionários que lá trabalham;

À Universidade Federal da Bahia;

À Universidade Federal da Paraíba;

A todos os professores ao qual tive a oportunidade de adquirir conhecimentos dentro e fora de sala de aula;

Aos meus amigos José Queiroz, Natan Santana e Janilton Ferreira por toda ajuda que se prontificaram a disponibilizar e todos os conselhos;

Aos meus amigos de grupo Natan Santana, Maxwelder Soares, Silvio Cardoso, Messias Nogueira, Túlio Araujo, Rosangela Claurenia, Marly de Jesus, Rebeqa Borges, Jessica Maria, Diego Dutra, Danielle Cangussu, Ingridy Dutra, Deivison Baliza, Weudes Andrade;

Aos meus parceiros Giullyann de Oliveira Salviano, Fleming Sena Campos, Silvaney dos Santos Araújo, Clésio Morgado de Sousa, Thiago Belo da Silva, Thomaz Cyro Guimarães de Carvalho Rodrigues, Italo Reneu Albuquerque, Seldon Almeida de Sousa;

Aos meus amigos, Tarcísio, Guilherme de Sousa Lima, Emerson Gustavo, Afonso, Gustavo, Vitor Jerônimo (*in memorian*), Niraldo Muniz, Ricardo Martins, Higor Fabio, Toni, Rummeningue, Cícero Machado, Diego, Jean, Segundo, Igor, Henrique, Tyrone, Tiago, Pablo, Tales, Naiane, Pedro, Roberto Farias, Olie Martins, Roseane Benicio, Josivaldo Soares costa, Natalia, Natalya Santana, Nelson, Marcel, Dani, e a todos os meus amigos que foram e são presentes em todas as conquistas em minha vida;

A todos do grupo de estudos e pesquisa em Forragicultura GEPEF – UESB

A todos do grupo de estudos os Silageiros – UFBA;

A todo o grupo de estudos em Forragicultura GEF – CCA – UFPB;

A todo o grupo de estudos em Forragicultura GEFBA – CCA – UFRB;

A todos da turma concluinte 2012.1 da UFPB-CCA.

BIOGRAFIA

Sansão de Paula Homem Neto, filho de José Ricardo Ramos de Medeiros Fernandes e Key France de Paula Maia, nasceu em João Pessoa, em 06 de janeiro de 1988.

Concluiu o ensino médio em 2005, em João Pessoa, no Instituto Educacional Rio Branco, ingressou na Universidade Federal da Paraíba no ano de 2007, no curso de Licenciatura em Ciências Agrárias.

No ano de 2008 ingressou no curso de Bacharelado em Zootecnia, Campus II – Areia, concluindo-o em 2012. Ingressou na Universidade Federal da Bahia, no programa de pós-graduação em Zootecnia em nível de Mestrado com ênfase em produção de ruminantes e forragicultura, concluindo-o em 2015.

Em 2015 ingressou na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, em nível de doutorado no programa de pós-graduação em Zootecnia com ênfase em produção de ruminantes.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	xi
RESUMO	xii
ABSTRACT	xiv
INTRODUÇÃO GERAL	1
I - REFERENCIAL TEÓRICO	3
1.1. Introdução	3
1.2. Origem e distribuição geográfica	4
1.3. Morfologia e mecanismos de tolerância ao estresse hídrico	4
1.4. Clima, solo e adubação	6
1.5. Plantio e produção	9
1.6. Utilização da palma forrageira na alimentação animal	12
1.7. Referências bibliográficas	15
II – OBJETIVOS GERAIS	17
2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
III – CAPÍTULO I – Características morfométricas e composição bromatológica de genótipos da palma forrageira submetida a doses crescentes de adubo químico	20
Resumo	20
Abstract	21
Introdução	22
Material e Métodos	23
Resultados e Discussão	26
Conclusão	38
Referências Bibliográficas	39
IV - CAPÍTULO II - Características produtivas, fracionamento dos carboidratos e dos componentes nitrogenados da palma forrageira submetida a doses crescentes de adubo químico	41
Resumo	41
Abstract	42
Introdução	43
Material e Métodos	44
Resultados e Discussão	47
Conclusão	61
Referências bibliográficas	62
V - CAPÍTULO III - Níveis de substituição do milho pela palma forrageira em dietas completas para novilhos em confinamento	64
Resumo	64
Abstract	65
Introdução	66
Material e Métodos	68
Resultados	73

Discussão	79
Conclusão	84
Referências Bibliográficas	85
VI - CONCLUSÕES FINAIS	87

LISTA DE FIGURAS

REFERÊNCIAL TEÓRICO		Página
FIGURA 1.	<i>Opuntia tuna</i> (L) Mill	3
FIGURA 2.	<i>Nopalea cochenillifera</i> (L)	3
CAPITULO I		
FIGURA 1.	Temperatura máxima, média, mínima (°C) e distribuição pluvial (mm) mensal durante o período experimental	24
FIGURA 2.	Desdobramento das interações e suas respectivas equações de regressão: altura (cm) e largura (cm) da planta (cm), comprimento (cm), largura (cm), perímetro (cm) e espessura (mm) dos cladódios avaliadas aos 730 dias após o plantio em cultivares de palma forrageira submetidos a doses crescentes de adubo	28
FIGURA 3.	Desdobramento das interações e suas respectivas equações de regressão: número total de cladódios, peso médio dos cladódios (kg), área fotossinteticamente ativa (m ² .planta ⁻¹) e índice de área de cladódio (m ² .m ⁻¹) avaliados aos 730 dias após o plantio em cultivares de palma forrageira submetidos a doses crescentes de adubo	30
FIGURA 4.	Desdobramento das interações e suas respectivas equações de regressão: matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) e carboidratos não fibrosos (CNF) avaliados aos 730 dias após o plantio em cultivares de palma forrageira submetidos a doses crescentes de adubo	33
FIGURA 5.	Desdobramento das interações e suas respectivas equações de regressão: fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína (FDN _{cp}), celulose, hemicelulose, lignina, fibra em detergente neutro indigestível (FDN _i) e nutrientes digestíveis totais (NDT) avaliados aos 730 dias após o plantio em cultivares de palma forrageira submetidos a doses crescentes de adubo	36

CAPITULO II

FIGURA 1.	Temperatura máxima, média, mínima (°C) e distribuição pluvial (mm) mensal durante o período experimental	45
FIGURA 2.	Desdobramento das interações e suas respectivas equações de regressão para produção de matéria verde (kg planta e Mg.ha-1) e produção de matéria seca (kg planta e Mg.ha-1) avaliados aos 730 dias após o plantio em cultivares de palma forrageira submetidos a doses crescentes de adubo ..	49
FIGURA 3.	Desdobramento das interações e suas respectivas equações de regressão para produção de água, produção de nutrientes digestíveis totais (NDT), produção de proteína bruta (PB) e produção de carboidratos não fibrosos (CNF) expressos em Mg.ha- 1, eficiência na utilização do adubo (kg MS.kg adubo-1) e eficiência na utilização da chuva (kg MS.mm-1) avaliados aos 730 dias após o plantio em cultivares de palma forrageira submetidos a doses crescentes de adubo	54
FIGURA 4.	Desdobramento das interações e suas respectivas equações de regressão para carboidratos totais (CT), frações A + B1, B2 e C dos carboidratos avaliados aos 730 dias após o plantio em cultivares de palma forrageira submetidos a doses crescentes de adubo	56
FIGURA 5.	Desdobramento das interações e suas respectivas equações de regressão para as frações A, B1 + B2, B3 e C do nitrogênio avaliado aos 730 dias após o plantio em cultivares de palma forrageira submetidos a doses crescentes de adubo	58

LISTA DE TABELAS

	Página
REFERENCIAL TEÓRICO	
TABELA 1. Recomendação da adubação da palma forrageira (Opuntia e Nopalea) para o estado de Pernambuco	9
CAPÍTULO I	
TABELA 1. Características morfométricas avaliada aos 730dias após o plantio em cultivares de palma forrageira submetida a doses crescentes de adubo	27
TABELA 2. Composição bromatológica cultivares de palma forrageira avaliado aos 730dias após o plantio em cultivares de palma forrageira submetida a doses crescentes de adubação	32
CAPÍTULO II	
TABELA 1. Características de produção e eficiências avaliadas aos 730 dias após o plantio em cultivares de palma forrageira submetida a doses crescentes de adubação	48
TABELA 2. Fracionamento dos carboidratos e das proteínas avaliada aos 730 dias após o plantio em cultivares de palma forrageira submetida a doses crescentes de adubação	55
CAPÍTULO III	
TABELA 1. Composição química dos ingredientes utilizados na formulação das dietas experimentais	69
TABELA 2. Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais	70
TABELA 3. Consumos dos componentes nutricionais em dietas completas para novilhos em confinamento	74
TABELA 4. Coeficiente de digestibilidade dos componentes nutricionais em dietas completas para novilhos em confinamento	75
TABELA 5. Balanço hídrico de novilhos em confinamento alimentados com dietas completas	77
TABELA 6. Observações das atividades comportamentais, aspectos da ruminação, eficiências de alimentação e ruminação e períodos descritivos do comportamento ingestivo de novilhos em confinamento alimentados com dietas completas	78

RESUMO

HOMEM NETO, Sansão de Paula. **Níveis de adubo da palma forrageira e utilização alimentação de novilhos.** Itapetinga, BA: UESB, 2018. 87 p. Tese. (Doutorado em Zootecnia, Área de Concentração em Produção de Ruminantes) *.

Foram desenvolvidos três estudos, o primeiro teve como propósito avaliar a influência de doses crescentes de adubo químico sobre as características morfológicas e bromatológicas da palma forrageira. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados em esquema fatorial 2x4, sendo o primeiro fator constituído por 2 cultivares de palma forrageira, Gigante e a Miúda, o segundo fator quatro doses crescentes de adubo químico: 0 (000-000-000); 631 (130-43-457); 947 (195-66-686) e 1262 (260-87-915) kg.ha⁻¹ adubo, com 5 repetições. No estudo das características morfológicas apenas o número total dos cladódios apresentou interação não significativa. Para as variáveis bromatológicas, tão somente o teor de EE não foi influenciado pelas doses de adubo, apresentando média de 2,2%. Para as demais características o adubo influenciou de forma positiva até um determinado limite estabelecido pelas equações de regressão. Independente do cultivar, o adubo promove melhoria nas características morfológicas e no valor nutricional da palma forrageira. Recomenda-se o cultivar Miúda colhido aos 730 dias e a dose de 450 kg.ha⁻¹ (93 N - 31 P₂O₅ - 326 K₂O) de adubo por apresentar maior concentração energética e proteica. O segundo experimento foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a influência de doses crescentes de adubo químico sobre as características produtivas, fracionamento dos carboidratos e dos compostos nitrogenados de dois cultivares de palma forrageira. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados em esquema fatorial 2x4, sendo o primeiro fator constituído por 2 cultivares de palma forrageira Gigante e a Miúda, o segundo fator quatro doses crescentes de adubo químico: 0 (000-000-000); 631 (130-43-457); 947 (195-66-686) e 1262 (260-87-915) kg.ha⁻¹ adubo, com 5 repetições. Todas as características produtivas foram influenciadas pelas doses de adubo, apresentando efeito de interação. Para o fracionamento dos carboidratos verificou-se efeito de interação para as frações A + B1 e B2. Para o fracionamento dos compostos nitrogenados verificou-se efeito de interação para todas as frações. O cultivar Miúda apresentou teor de nitrogênio total (1,4%) superior ao cultivar gigante (1,0%). Independente do cultivar, o adubo promove melhoria nas características produtivas e nas frações dos carboidratos e nos compostos nitrogenados da palma forrageira. Recomenda-se o cultivar Gigante aos 730 dias e a dose de adubo de 700 kg.ha⁻¹ (145 N - 48 P₂O₅ - 507 K₂O) por apresentar maiores índices produtivos. O terceiro objetivou-se avaliar a substituição de uma dieta controle por dietas a base de palma substituindo o milho em até 100% utilizando como volumoso bagaço de cana amonizado e a influência de níveis de substituição do milho pela palma associada ao bagaço de cana-de-açúcar em dietas para novilhos confinados. Utilizou-se 5 novilhos machos, distribuídos em um quadrado latino 5 x 5, com cinco períodos experimentais de 21 dias. As dietas consistiam em: controle (feno de Tifton 85, milho, farelo de soja e mistura mineral), e quatro níveis de substituição do milho pela palma (0; 33; 66 e 100%) tendo como volumoso o bagaço de cana-de-açúcar amonizado com 5% de ureia. Para consumo de

matéria seca, de fibra em detergente neutro e de nutrientes digestíveis totais a dieta controle foi superior à dieta quando não houve substituição do milho pela palma, e foi semelhante às dietas com 33, 66, e 100% de substituição. Para consumo de proteína bruta, extrato etéreo e carboidratos não fibrosos, a dieta controle foi semelhante às demais independente do nível de substituição. A digestibilidade dos nutrientes foi influenciada pelo tipo de volumoso. A inclusão da palma forrageira reduziu a ingestão de água de bebida, porém não alterou a ingestão de água total. Recomenda-se a utilização de 100% palma forrageira substituindo o milho associada ao bagaço de cana-de-açúcar amonizado em dietas para novilhos confinados por ter consumos de nutrientes e coeficientes de digestibilidade semelhantes à dieta a com feno de Tifton 85, milho e farelo de soja.

Palavras chave: balanço hídrico, consumo, *Nopalea*, *Opuntia*, produção de água.

* Orientador: Aureliano José Vieira Pires, Dr. UESB e Co-orientadores: Fábio Andrade Teixeira, Dr. UESB, e Gleidson Giordano Pinto de Carvalho, Dr. UFBA.

ABSTRACT

HOMEM NETO, Sansão de Paula. **Levels of cactus forage fertilization and feeding of steers**. Itapetinga, BA: UESB, 2018. 87 p. Thesis. (Doctor in Animal Science, Area of Concentration in Ruminant Production).

Three studies were developed, the first one was to evaluate the influence of increasing doses of chemical fertilizer on the morphometric and bromatological characteristics of forage palm. The experimental design used was randomized blocks in a 2x4 factorial scheme, the first factor consisting of 2 cultivars of forage palm, Giant and Small, the second factor four increasing doses of chemical fertilizer: 0 (000-000-000); 631 (130-43-457); 947 (195-66-686) and 1262 (260-87-915) kg.ha⁻¹ fertilizer, with 5 replicates. In the study of morphometric characteristics only the total number of cladodes presented non-significant interaction. For the bromatological variables, only the EE content was not influenced by the doses of fertilizer, presenting an average of 2.2%. For the other characteristics, the fertilizer influenced positively up to a certain limit established by the regression equations. Regardless of the cultivar, the fertilizer promotes improvement in the morphometric characteristics and in the nutritional value of the forage palm. It is recommended the cultivar Small harvested at 730 days and the dose of 450 kg.ha⁻¹ (93 N - 31 P₂O₅ - 326 K₂O) of fertilizer because it presents higher energy and protein concentration. The second experiment was carried out to evaluate the influence of increasing doses of chemical fertilizer on the productive characteristics, fractionation of carbohydrates and nitrogen compounds of two cultivars of forage palm. The experimental design was a randomized complete block design in a 2x4 factorial scheme, the first factor consisting of 2 cultivars of giant forage palm and small seedling, the second factor four increasing doses of chemical fertilizer: 0 (000-000-000); 631 (130-43-457); 947 (195-66- 686) and 1262 (260-87-915) kg.ha⁻¹ fertilizer, with 5 replicates. All the productive characteristics were influenced by the doses of fertilizer, presenting interaction effect. For the fractionation of the carbohydrates, the interaction effect was verified for the fractions A + B1 and B2. For the fractionation of nitrogen compounds, interaction effect was observed for all fractions. The cultivar Small presented total nitrogen content (1.4%) higher than the cultivar Giant (1.0%). Regardless of the cultivar, the fertilizer promotes improvement in the productive characteristics and fractions of the carbohydrates and in the nitrogen compounds of the forage palm. It is recommended the cultivar Giant at 730 days and the dose of fertilizer of 700 kg.ha⁻¹ (145 N - 48 P₂O₅ - 507 K₂O) for presenting higher productive indexes. The third objective was to evaluate the substitution of a control diet by palm-based diets replacing maize by up to 100% using as ammonia cane bagasse and the influence of corn replacement levels on the palm associated with sugarcane bagasse - sugar in diets for confined steers. Five male steers distributed in a 5 x 5 Latin square with five experimental periods of 21 days were used. The diets consisted of: control (Tifton 85 hay, corn, soybean meal and mineral mix), and four levels of corn replacement by the palm (0, 33, 66 and 100%), with the cane bagasse - ammoniated sugar with 5% urea. For dry matter intake, neutral detergent fiber and total digestible nutrients the control

diet was superior to the diet when there was no substitution of maize by the palm, and was similar to diets with 33, 66, and 100% of substitution. For consumption of crude protein, ethereal extract and non-fibrous carbohydrates, the control diet was similar to the others independent of the level of substitution. The digestibility of the nutrients was influenced by the type of roughage. The inclusion of forage palm reduced the intake of drinking water, but did not change the total water intake. It is recommended the use of 100% forage palm replacing the maize associated with ammonia sugar cane bagasse in diets for confined steers due to nutrient intakes and digestibility coefficients similar to the diet with Tifton 85 hay, maize and bran of soy.

Keywords: water balance, intake, *Nopalea*, *Opuntia*, water production.

* Advisor: Aureliano José Vieira Pires, Dr. UESB and Co-Advisors: Fábio Andrade Teixeira, Dr. UESB and Gleidson Giordano Pinto de Carvalho, Dr. UFBA.

INTRODUÇÃO GERAL

As regiões climaticamente definidas como áridas e semiáridas, representam aproximadamente 48 milhões de km², distribuídas em 2/3 dos países do mundo, onde vive uma população estimada em 630 milhões de pessoas (FAO, 2013). Seguindo a classificação de Köppen, o clima predominante da região semiárida brasileira é o tipo BSw'h'. Caracteriza-se por apresentar baixa umidade do ar, altas temperaturas, elevadas taxas de evaporação e baixas precipitações de água (Ferreira et al., 2009), tanto de forma temporal como espacial, tornando-se difícil a tomada de decisão (Silva et al., 2013), sobretudo quando se trata de agricultura de sequeiro, que convive com altos riscos devido à instabilidade climática (Dubeux Júnior et al., 2010).

A geração de tecnologias capazes de contribuir no processo de transformação desta realidade, passam necessariamente pela exploração de culturas adaptadas às condições edafoclimáticas, e que forneçam aporte forrageiro para os sistemas produtivos (Oliveira et al., 2010), dentre essas, encontra-se a palma forrageira (*Opuntia, Napalea*). Em todo o mundo já foram descritos mais de 300 espécies de cactáceas (Oliveira, 2011). Em 2007, a Organização das Nações Unidas (ONU) reconheceu para a alimentação e a agricultura, a potencialidade da palma forrageira e sua importância para o desenvolvimento das regiões áridas e semiáridas com consequências sustentáveis para o meio ambiente e para segurança alimentar (Lopes, 2007).

Segundo Santos et al. (2010), o Brasil é possuidor do título mundial de maior área cultivada com palma forrageira, ultrapassando 500 mil hectares. No semiárido brasileiro, essa forrageira é aplicada nos diversos sistemas de produção pecuário e representa a principal fonte alimentar para os ruminantes durante a estação seca (Costa et al., 2009).

A palma forrageira quando manejada racionalmente, com uso de correção, adubação do solo, densidade de plantio adequada, controle de plantas daninhas e manejo correto da colheita (Oliveira et al., 2010) pode alcançar elevadas produtividades. Silva et al. (2014) avaliando a produtividade de três genótipos de palma forrageira, submetidas a diferentes densidades de plantio encontraram produção de matéria verde

de até 639 Mg.ha⁻¹.

Devido a sua alta concentração de água (90%), a palma forrageira representa importante alternativa para suprir as necessidades hídricas dos animais (Abididi et al., 2009), pois possui alto teor de carboidratos não fibrosos (60% na MS), podendo ser utilizada como uma alternativa suplementar energética (Abididi et al., 2009). Entretanto, possui em média 26% em fibra em detergente neutro, possuindo baixa efetividade no estímulo da ruminação (Pinto et al., 2013), podendo ocasionar distúrbios metabólicos, fazendo com que se torne necessário a associação com fontes de fibras, fisicamente efetivas, que venham a estimular a mastigação e a ruminação, proporcionando assim, aumento na produção de saliva, contribuindo no aporte de bases alcalinas que auxiliarão na manutenção das condições normais de rúmen (Ferreira et al., 2009).

I – REFERENCIAL TEÓRICO

1.1. Introdução

A palma compreende as plantas de diversas espécies dos subgêneros *Opuntia* (Figura 1) e *Nopalea* (Figura 2), pertencente à Divisão: Embryophyta; Classe: Dicotiledoneae; Subclasse: Archiclamideae; Ordem: Opuntiales; Família: Cactaceae; Tribu: Opuntiae; Subfamília: Opuntioideae; Gênero: *Opuntia*; Subgênero: *Opuntia e Nopalea* (Nunes, 2011). A espécie *Opuntia ficus indica* (L.) Mill. também é conhecida como palma graúda, orelha de onça, palma-da-índia, palma-grande, palmatória, palma redonda, palma-santa, palma-sem-espinho, palma-azedo, cactus-burbank, figo-da-índia, figueira-da-barbaria, figueira-da-índia, figueira-do-inferno, figueira-moura e tuna-de-castilha. Suas plantas são de porte desenvolvido e caule pouco ramificado, o que lhes transmite um aspecto ereto e crescimento vertical pouco frondoso. Sua raquete pesa cerca de 1 kg, apresentando até 50 cm de comprimento, forma oval-elíptica ou sub-ovalada e coloração verde-fosco. As flores são hermafroditas, de tamanho médio, coloração amarelo brilhante e corola que fica aberta na antese. O fruto é uma baga ovóide, grande, de cor amarela, passando à roxa quando madura.



Figura 1: *Opuntia stricta* (HAW) HAW.



Figura 2: *Nopalea cochenillifera* L.

A espécie *Nopalea cochenillifera* (L.) também conhecida como palma-doce,

palma- Miúda, palmatória-doce, urumbeta, cacto, cacto-sem-espinhos, palma-de-engorda, têm plantas de porte pequeno e caule bastante ramificado. Sua raquete pesa cerca de 350 g, possuem cerca de 25 cm de comprimento, forma acentuadamente obovada (ápice mais largo que a base) e coloração verde intenso brilhante. As flores são vermelhas e sua corola permanece meio fechada durante o ciclo. O fruto é uma baga de coloração roxa.

1.2. Origem e distribuição geográfica

A origem da palma forrageira, tanto o gênero *Opuntia* como o *Napalea*, é no continente americano. Pesquisas mostram que a *Opuntia* é originária do Mexicana é considerada o gênero de maior importância, tanto para o consumo humano, quanto para o consumo animal. Em todo o mundo já foram descritas mais de 300 espécies de cactáceas pertencentes ao gênero *Opuntia*, apresentando distribuição desde o Canadá (latitude 59°) até a Argentina (latitude 52°), do nível do mar a 5100 m de altitude (Oliveira, 2011).

O Brasil é possuidor de espécies nativas de cactáceas, Lopes et al. (2012) mencionam que em 1818, o Frei Gaspar de Madre de Deus, comenta em um dos seus escritos que no Brasil há um cacto conhecido como urumbeta, que serve de alimento à variedades silvestres de cochonilha, distintas da cochonilha fina mexicana, cuja utilidade para a produção de carmim merecia destaque.

De acordo com Pessoa (1967), a palma foi introduzida no Brasil pelos portugueses durante o período de colonização, provavelmente, oriunda de espécies nativas das Ilhas Canárias. Inicialmente seu uso foi para produção de corantes naturais, a qual servia de hospedeiro para o inseto que é responsável pela produção do corante natural (cochonilha do carmim). Todavia, seu cultivo no Brasil com finalidade forrageira teve início no século XX, quando historicamente o Brasil foi afetado por uma seca de grande impacto em 1915.

1.3. Morfologia e mecanismo de tolerância ao estresse hídrico

O sistema radicular é composto de raízes carnosas e superficiais, com distribuição horizontal, que pode depender do solo e do manejo da cultura. Observam-se quatro tipos de raízes na palma forrageira: as estruturais, os absorventes, em esporão e as desenvolvidas de aréolas. Em todos os tipos de solos, as raízes absorventes atingem

uma profundidade máxima de 30 cm e uma dispersão de 4 a 8 cm (Sudzuki-Hills, 2001). As raízes finas (<1 mm) são consideradas as principais nos processos de absorção de água e nutrientes pela planta, sendo observada grande variação na sua distribuição no perfil do solo, em função do genótipo e da época de amostragem (Oliveira et al., 2010).

As cactáceas possuem mecanismo morfofisiológicos que a possibilitam tolerar períodos prolongados de estresse hídrico. Durante períodos de estresse, a palma lança mão do desenvolvimento do sistema radicular, como mecanismo de sobrevivência e reserva de carboidratos. Quando o restabelecimento de água ao solo volta a se normalizar, o sistema radicular passa por transformações na qual utiliza-se dos carboidratos de reserva para o desenvolvimento radicular, permitindo o restabelecimento de seu fluxo de nutrientes e em consequência o crescimento acelerado deste sistema.

Os órgãos tipo caule, conhecido como cladódios, são suculentos e sua forma é tipicamente oblonga a espatulada-oblonga, com 30 a 40 cm de comprimento e 18 a 25 cm de largura. Em um corte transversal, anatomicamente o cladódio é uma elipse formada por: cutícula, epiderme, clorênquima e parênquima.

A luz é um fator fundamental na taxa de fotossíntese líquida (TFL) das plantas (Nobel, 2001; Santos et al., 2005). Quando o nível de radiação diminui, a TFL também decresce até chegar a valores negativos. No caso da palma forrageira, a questão da disposição dos cladódios em relação ao solo dificultando a interceptação da luz incidente, resulta em um crescimento inicial lento, em função da baixa área fotossintética. A radiação fotossinteticamente ativa (RFA) influencia a captação noturna de CO₂ e a acumulação ácida. Por outro lado, o nível de RFA em um cladódio varia em função da trajetória do sol e a absorção líquida de luz por unidade de área, atingindo o máximo quando a área total dos cladódios é de 4 a 6 vezes a unidade de superfície.

Com relação ao índice de área de cladódio (IAC), as maiores produtividades de matéria seca são atingidas quando o IAC é de 4 a 5. Se o IAC é 1, 2 e 3, a absorção líquida é 35%, 62% e 85% da máxima, respectivamente. O aumento no IAC promove maior interceptação luminosa e maior atividade fotossintética (Cortazar et al., 1985; Cortazar; Nobel, 1991; Nobel, 2001; Santos et al., 2005).

A palma forrageira apresenta mecanismo fotossintético denominado metabolismo ácido das crassuláceas (CAM). Essas plantas possuem as duas enzimasceptoras do CO₂, a RUBISCO durante o dia e a PEPcase durante noite. São plantas que

possuem separação temporal da captação do CO₂ e das reações fotossintéticas. Durante a noite seus estômatos estão abertos, onde é realizada a captação e fixação do CO₂, ocorrendo a chamada acidificação da folha, devido ao acúmulo de ácido málico acumulado no vacúolo. Durante o dia seus estômatos estão fechados e não ocorrem trocas gasosas, nessa fase há a descarboxilação do malato e refixação do carbono interno, ocorrendo então a desacidificação. Vale lembrar que as reações durante o dia ocorrem nos cloroplastos e a noite no citoplasma. São plantas que apresentam taxa de transpiração menor do que as das plantas C3 e C4.

Algumas plantas podem ser classificadas, de maneira geral, quanto à variação no seu metabolismo fotossintético, em C₃-MAC intermediário, MAC obrigatória e MAC facultativo. De forma geral, o comportamento MAC é modulado pelas condições ambientais e pelas características das plantas (idade da planta e do tecido e seu grau de suculência). De acordo com Rodrigues et al. (2013), a disponibilidade hídrica modula a expressão MAC em órgãos compartimentados, em regiões distintas da mesma planta, exibindo diferentes caminhos fotossintéticos e graus variáveis de expressão MAC.

Plantas da palma forrageira inclinam os cladódios jovens, como o nastismo, em dias com condições meteorológicas favoráveis (umidade, temperatura, radiação, etc.). Isso seria um sinal de que os cladódios jovens estão metabolizando como C3 durante a fase 3 da fotossíntese MAC, e estariam com os estômatos abertos, capturando CO₂ atmosférico, em condições com baixa perda de água pelas condições meteorológicas vigentes (Donato et al., 2017). Quanto à eficiência do uso da água, é de 7 a 8 vezes superior quando comparada a leguminosas, podendo chegar até 3,5 vezes quando comparado a gramíneas. Em média, cactáceas necessitam de 100 a 150 litros de água para produzir 1 kg de MS (Larcher, 1986).

1.4. Clima, solo e adubação

A palma forrageira demonstra potencial produtivo mesmo nas condições climáticas adversas existentes nas regiões semiáridas e suporta prolongados períodos de estiagem. Entretanto, o adequado conhecimento e entendimento das características intrínsecas à cultura torna-se de fundamental importância, pois, contribuirá nas tomadas de decisões quanto ao seu cultivo, alvejando a exploração do seu máximo potencial produtivo.

Para determinar as faixas de aptidão para o cultivo da palma, Souza et al. (2008) elaboraram o zoneamento agrícola para o cultivo da palma forrageira, e concluíram que

a mesma apresenta ampla faixa de adaptação, demonstrando seu potencial produtivo em regiões cuja temperatura média oscile entre 16,1°C e 25,4°C; com máximas entre 28,5°C e 31,5°C e mínimas variando de 8,6°C a 20,4°C. A faixa ideal de precipitação concentra-se entre 368,4 e 812,4 mm e índice de umidade variando entre 37,3 e 63,1%.

O solo é o meio que atua como reservatório de minerais necessários à planta. A solução do solo é o compartimento de onde a raiz retira ou absorve os elementos essenciais. O solo da região semiárida do Brasil apresenta elevada variação nas características físico-química, apresentando-se desde Neossolos Litólicos, os quais são poucos desenvolvidos, com horizonte “A” assentado diretamente sobre a rocha, até Latossolos profundos, bem drenados, porém com baixos teores de matéria orgânica (Silva et al., 2005).

A palma forrageira é uma cultura relativamente exigente quanto às características físico-química do solo. Contanto que exista fertilidade no solo, seu plantio pode ser indicado desde solos com textura arenosa a argilosa. Entretanto, solos com altos teores de argila, por apresentarem textura e estrutura que possibilita maior retenção da água, proporciona um ambiente adequado para o desenvolvimento de patógenos que podem causar injúrias secundárias, ocasionando seu apodrecimento e conseqüentemente sua senescência.

A palma forrageira pode alcançar elevada produtividade (600 Mg.ha⁻¹.ano) 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). Donato et al. (2011) avaliando a composição mineral em cladódios de palma forrageira, observaram que, a composição mineral dos cladódios colhidos a 620 dias pós-plantio obteve médias de 1,3% de nitrogênio, 0,19% de fósforo, 3,8% de potássio e 3,0% de cálcio. Quando quantificamos a extração para uma produção média de 20 Mg.ha⁻¹.ano, ocorre a extração de 260, 38, 760 e 600 kg.ha⁻¹ de N, P, K, e Ca respectivamente.

O nitrogênio é o elemento mineral que as plantas exigem em maior quantidade, responsável para o crescimento das plantas e pela produção de novas células e tecidos. O nitrogênio é percurso da formação de clorofila, que é um pigmento verde encontrado nas folhas que é responsável pela captura da energia do sol. A clorofila se combina com o CO₂+ H₂O formando os açúcares que a planta necessita para o seu crescimento, além de ser constituinte dos aminoácidos livres e protéicos. Está presente em compostos nitrogenados importantes, como as bases nitrogenadas (purinas e pirimidinas), os ácidos

nucléicos (DNA e RNA), que perfazem cerca de 10% do total do nitrogênio na planta.

O fósforo (como fosfato PO_4^{-3}) é um composto fundamental no metabolismo das plantas, pois desempenha papel importante na transferência de energia para a célula, na respiração e na fotossíntese. É também componente estrutural dos ácidos nucléicos de genes e cromossomos, assim como de muitas coenzimas, fosfoproteínas e fosfolipídios. Limitações na disponibilidade de P no início do ciclo vegetativo podem resultar em restrições no desenvolvimento, das quais a planta não se recupera posteriormente, mesmo com o restabelecimento dos níveis adequados de P no solo. Seu suprimento nos estádios iniciais de crescimento da planta é essencial, pois participa diretamente no processo de crescimento radicular.

O potássio presente nas plantas na forma de K^+ desempenha importante papel na regulação osmótica das células vegetais, tem papel importante nas reações enzimáticas, no metabolismo dos carboidratos e proteínas, na translocação do açúcar e do amido, na relação água-planta, e na divisão celular.

Souza et al. (2017), avaliando a produtividade da palma Miúda (*Nopalea cochenillefera salm* Dyck) sob diferentes densidades de plantio (5.000 e 40.000 mil plantas ha^{-1}) associada a doses crescentes de N (0, 150, 450 e 600 kg ha.ano^{-1}) e P (0 e 150 $\text{kg ha.ano}^{-1} \text{P}_2\text{O}_5$), com solo apresentando fertilidade original alta (saturação por bases: 71,0%; P: 30,0 mg.dm^{-3}), concluíram que a adubação com fósforo não alterou as características avaliadas. Os mesmos explicaram que, ao analisar a extração de nutrientes pela palma forrageira o elemento P é pouco requerido, entretanto, de fundamental importância nos processos metabólicos do vegetal. A adubação nitrogenada aumentou a concentração de N no vegetal, além de aumentar linearmente a produtividade de matéria seca, passando de 13,8 (0 kg ha.ano^{-1} N) para 19,8 Mg.ha^{-1} (600 kg ha.ano^{-1} N). Os autores recomendaram o aumento da densidade populacional de plantas associada a adubação química para que se buscasse maior eficiência produtiva da cultura.

Toda recomendação de adubação química deve ser baseada no resultado da análise de solo e/ou conhecimento dos teores dos nutrientes no vegetal, porém são escassos os estudos com palma forrageira quanto a suas exigências nutricionais. Santos et al. (2008), elaboraram para o estado do Pernambuco um manual de recomendação de adubação para palma forrageira (Tabela 1).

Tabela 1. Recomendação da adubação da palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) para o estado de Pernambuco

Teor de nutriente do solo	Implantação						2 Ciclo em diante		
	Plantio			Crescimento			A	B	C
	A	B	C	A	B	C			
	kg.ha ⁻¹								
	Nitrogênio								
Não se aplica	-	-	-	40	100	200	40	100	200
Mg dm ⁻³ de P	Fósforo (P ₂ O ₅)								
< 11	50	80	100				40	60	80
11 – 30	-	25	50				40	60	80
> 30	-	-	-				40	60	80
cmol dm ³ de k	Potássio (K ₂ O)								
< 0,12	60	100	130				60	100	130
0,12 – 0,38	30	50	65				60	100	130
> 0,38	-	-	-	-	-	-	60	100	130

A: 5.000 ou 10.000 plantas ha⁻¹; B: 20.000 plantas ha⁻¹; C: 30.000 plantas ha⁻¹; recomendações: realizar a adubação de crescimento no início do período das chuvas, caso não haja disponibilidade de matéria orgânica, dobrar as doses sugeridas de N e K. (Santos et al. 2008).

1.5. Plantio e produção

A palma forrageira pode ser propagada tanto da forma sexuada como assexuada. A forma sexuada é a mais utilizada no melhoramento genético mais acentuado para o desenvolvimento de novos cultivares. Esse método convém de um aporte tecnológico avançado, necessitando-se em muitos casos a utilização de hormônios sintéticos.

A forma de propagação mais utilizada é a assexuada, através da parte vegetativa da planta mãe. Preferencialmente escolhem-se cladódios maduros livres de pragas e doenças, da parte central da planta mãe, pois cladódios basais possuem maior conteúdo fibrolítico, em consequência taxa de brotação diminuída.

Com o intuito de se produzir mudas em número e qualidade fitossanitária, surge a técnica de micropropagação *in vitro* da palma forrageira, uma tecnologia que promove produção de mudas sadias em larga escala com a utilização de pouco espaço físico, proporcionando ao pecuarista a formação de um estande de plantas uniforme, vigorosas, isenta de pragas e doenças em curto prazo (Costa et al., 2010).

O espaçamento da palma forrageira, como estratégia de manejo é um ponto importante no estabelecimento do palmal. Tradicionalmente, o espaçamento de plantio utilizado é de 1m entre plantas e fileiras, entretanto, seu cultivo em sistemas de adensamento (1 x 0,5 ou 1 x 0,25m) vem sendo bastante difundido, pois promove o incremento produtivo da palma forrageira em regiões potenciais para seu cultivo, elevando a eficiência de uso da terra (Candido et al., 2013). Ramos et al. (2011)

avaliando o crescimento vegetativo de *Opuntia ficus indica* em diferentes espaçamentos, observaram que o adensamento das plantas promoveu correlação positiva com a produtividade total de MV e MS, saltando de 40,56 Mg.ha⁻¹MV no espaçamento de 2x1, para 130,06 Mg.ha⁻¹MV no espaçamento 1x0,5.

Avaliando as características agronômicas da palma forrageira (*Opuntia ficus indica* (L.) P. Mill), distribuídos em arranjo fatorial (2x2x2) corresponderam a plantas expostas ao sol (9,0 Mg.ha⁻¹.MS.ano⁻¹) ou sombreadas com Cajá (*Spondiass sp.*) em espaçamento de 7x7 m (5,2 Mg.ha⁻¹.MS.ano⁻¹), posição de plantio do cladódio de palma forrageira face larga voltada para leste/oeste (8,8 Mg.ha⁻¹.MS.ano) ou norte/sul (5,3 Mg.ha⁻¹.MS.ano⁻¹), com adubação orgânica (8,96 Mg.ha⁻¹.MS.ano⁻¹) ou sem adubação orgânica (5,52 Mg.ha⁻¹.MS.ano⁻¹), Peixoto et al. (2018) concluíram que o sombreamento promove redução na produção de matéria seca da palma forrageira. Já os tratamentos em que foi realizada a adubação com esterco bovino e o plantio realizado no sentido leste/oeste promoveu maior incremento de produtividade na palma forrageira.

Entre os meses de junho de 2012 a junho de 2013, foi conduzido por Rego et al. (2014) um experimento avaliando palma Miúda (*Nopalea cochenillifera Salm Dyc*), em condições de sequeiro, no qual foi registrada precipitação pluviométrica durante o período experimental de apenas 168,6 mm. Foram testados três níveis de adubação orgânica (20, 40 e 60 Mg.ha⁻¹) e três intensidades de corte: deixando somente o cladódio mãe, todos os cladódios primários e todos os secundários. A produção de MS foi maior quando a intensidade de corte ocorreu de forma que todos os cladódios secundários permaneceram (25,9 Mg.ha⁻¹ MS), valor intermediário quando deixado todos os cladódios primários (15,1 Mg.ha⁻¹ MS) e menor produção de MS quando deixado somente o cladódio mãe (12,3 Mg.ha⁻¹ MS). A maior produção de matéria seca foi de 30,47 Mg.ha⁻¹ano, obtida quando a intensidade de corte foi conservando todos os cladódios secundários e com aplicação de 37,5 Mg.ha⁻¹.ano⁻¹ de esterco bovino.

Rocha et al. (2017), avaliou características produtivas de três genótipos de palma forrageira (Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.), IPA 20 (*Opuntia ficus indica* (Mill.) e a palma Miúda (*Nopalea cochenillifera Salm Dyck*), submetida a turnos de rega a cada 15 dias com lâmina de água de 16,4 mm. Foram avaliados os intervalos de corte de 4, 8, 12 e 16 meses após o plantio. Para as plantas submetidas a intervalos de corte de 12 e 16 meses foi realizado apenas um corte na planta, enquanto para os intervalos de 8 meses foram realizados dois cortes e no de 4

meses, quatro cortes. Os mesmos observaram que os cultivares IPA 20 e a palma Miúda quando submetidas a intervalos de corte de 4 e 8 meses, a somatória total dos cortes tiveram acréscimos de 18% na produção de matéria verde quando comparado aos intervalos de cortes de 12 e 16 meses. Entretanto, quando foi avaliada a produção de matéria seca, os tratamentos no qual o corte foi realizado aos 16 meses, independente do cultivar, a produção de matéria seca total foi superior, o cultivar que apresentou maior produtividade foi a Orelha de Elefante Mexicana e produtividade média de 91,7 Mg.ha⁻¹ MS quando o intervalo de corte foi de 16 meses.

Avaliando a produtividade dos clones de palma forrageira IPA Sertânia (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck), Miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) e Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw) Haw) plantadas em condições de sequeiro, Silva et al. (2015) encontraram produtividades de 10,7, 11,5 e 15,6 Mg.ha⁻¹ MS, respectivamente. Os autores concluíram que o gênero *Opuntia* sobressaiu-se em relação o *Nopalea* como o clone mais produtivo em massa fresca e seca. A IPA Sertânia foi o clone com maior mortalidade das plantas em relação ao estande inicial.

Silva et al. (2014) avaliando três genótipos de palma forrageira (Palma Gigante, Palma Redonda e Palma Miúda) com densidades de plantas de 10.000, 20.000, 40.000 e 80.000 plantas ha⁻¹, verificaram que a produtividade de massa verde e massa seca dos genótipos apresentaram resposta positiva e quadrática ao aumento da densidade de plantio, apresentando médias de 639, 518 e 400 Mg.ha⁻¹ MV para o cultivar Miúda, Redonda e Gigante, concluindo então, que a palma forrageira respondeu de forma positiva ao cultivo adensado com até 80.000 plantas por hectare.

Avaliando a produção da palma forrageira micropropagação *in vitro*, com três alturas para o transplântio da plântula (10 a 20, 20 a 30 e maiores que 30 cm) em espaçamento de 1 m entre linhas e 0,50 m entre plantas Costa et al. (2010) observaram que mudas transplantadas com mais de 30 cm tiveram produção média de 102,6Mg.ha⁻¹ MV, superior aos demais tratamentos. De acordo com os autores, essa resposta pode ocorrer em decorrência da menor influência do estresse hídrico ocorrido no início do experimento, pois as plântulas com tamanho superior a 30cm tiveram maior massa verde, consequentemente maiores reservas. Este maior acúmulo de reservas pode ter proporcionado um crescimento radicular superior aos outros tratamentos, por conseguinte, as mudas de maior tamanho mostraram maior eficiência na utilização da água e nutrientes disponíveis no solo, e isto promoveu maior crescimento do tecido vegetal, consequentemente maior produção por área. Concluindo que para obter uma

maior produção de massa verde, plântulas de palma forrageira micropropagação *in vitro* devem ter um tamanho superior a 30 cm, contudo.

1.6. Utilização da palma forrageira na alimentação de ruminantes

A composição bromatológica da palma forrageira pode ser influenciada por diversos fatores, tais como a variedade, a idade da planta, ordem dos cladódios, adubação, etc. De maneira geral, trata-se de uma forrageira que pode ser utilizada como alternativa suplementar alimentar de energia (Abididi et al., 2009), possui em média 26% em fibra em detergente neutro. No entanto, este componente tem baixa efetividade no que diz respeito ao estímulo da ruminação, tornando-se necessário sua associação a fontes que venham a corrigir a FDN efetiva, a fim de evitar distúrbios ruminais (Pinto et al., 2013). Dessa forma, a simples associação com fontes de fibra, fisicamente efetiva, provoca maior mastigação e ruminação, de modo a garantir as condições normais de rúmen (Ferreira et al., 2009).

A palma apresenta cerca de 90% de água, que contribui para a ingestão de água coloidal, ou seja, a água que está presente no alimento, que vem a contribuir diretamente na dessedentação dos animais, além de reduzir expressivamente no consumo de água “bebida”. De acordo com a National Research Council (2007), o consumo de água para ovinos com peso médio de 20 kg é de 0,630 kg animal⁻¹/dia⁻¹, entretanto, o aumento na temperatura ambiental e a redução da umidade relativa do ar levam a um incremento na transpiração ou respiração que eleva as necessidades de água para manutenção dos processos fisiológicos.

Abidi et al. (2009), em experimento conduzido no Instituto Nacional de Pesquisa Agrícola da Tunísia, avaliando a suplementação de ovinos e caprinos com palma forrageira ou cevada associados a uma fonte volumosa (feno), quando avaliaram a ingestão de água total, observaram que os animais consumiram dietas que continha palma forrageira, diminuiram 1/3 no seu consumo de água de bebida.

Ao avaliarem a suplementação alimentar para ovelhas com utilização de sementes oleaginosas associada ao fornecimento de palma forrageira, Degu et al. (2009) observaram na composição bromatológica da palma 8,6, 76,0, 6,3, 23,8 e 14,0% na MS para, MS, MO, PB, FDN e FDA, respectivamente.

Avaliando o efeito do aumento dos níveis de palma forrageira na dieta de cabras leiteiras, Costa et al. (2009) utilizando feno de Tifton 85 como volumoso na proporção 50:50, e a palma forrageira entrando em substituição ao milho nos níveis de 7,14,21 e

28% na MS, concluíram que a substituição do milho pela palma forrageira associada a uma fonte de fibra efetiva não altera a produção de leite.

Gebremariam et al. (2010) avaliando o efeito da inclusão de diferentes níveis de palma forrageira em substituição a palhada de *Eragrostis*, observaram que a medida que se aumentou os níveis de inclusão de palma nas dietas ocorreu efeito linear crescente nos coeficientes de digestibilidade da matéria seca variando de 51 a 76% da MS, entretanto, a digestibilidade aparente da PB, FDN e FDA diminuíram com o aumento dos níveis. Os autores explicam que a digestibilidade da FDN e FDA possivelmente pode ter diminuído devido à alta concentração de carboidratos de rápida degradação ruminal, ocorrendo uma maior produção de ác. acético, que deprime o estabelecimento de bactérias celulolíticas no rumem, além do alto nível de minerais que podem também limitar o crescimento bacteriano.

Avaliando a palma forrageira na alimentação de ovinos associada a diferentes fontes de fibra (feno de Tifton 85, casca de soja e farelo de algodão), Ramos et al. (2013) observaram que a inclusão das diferentes fontes de fibra não alterou o consumo de MS entre as dietas. Wanderley et al. (2012) conduziram o experimento com o intuito de avaliar o consumo, digestibilidade e parâmetros ruminais em ovinos recebendo silagens e fenos em associação à palma forrageira. Os tratamentos experimentais consistiram na associação de silagem de sorgo, silagem de girassol, feno de leucena, feno de feijão guandu e feno de capim-elefante com palma forrageira. A associação de palma forrageira com silagens e fenos não altera o consumo de matéria seca e nutrientes digestíveis totais, bem como o pH e amônia ruminal. De modo geral, a digestibilidade aparente dos diversos nutrientes foi superior quando ocorreu a associação das silagens com palma. Dessa forma, silagens de sorgo, girassol, feno de leucena, guandu e de capim elefante associados à palma forrageira apresentam-se como alternativa alimentar para ovinos na região semiárida do Nordeste brasileiro.

Avaliando o efeito da substituição do milho moído por farelo de palma forrageira (0, 30, 60 e 90% na MS) na suplementação (0,6% PC) de novilhos mestiços Zebu holandês com peso corpóreo médio de 261 kg mantidos em pastagem de *Urochloa brizantha* cv. Marandu, Abreu Filho et al. (2015) observaram que os níveis de substituição do milho pela palma forrageira não alterou os consumos de matéria seca, fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína bruta, em que apresentaram médias respectivas de 6,25, 3,34 e 0,77 kg/dia.

Pessoa et al. (2017) conduziram experimento com o intuito de avaliar o efeito da

associação da palma forrageira com silagem de sorgo corrigida com ureia e farelo de algodão em novilhos da raça Girolando com peso médio de 320 kg. Observaram que as diferentes proporções dos ingredientes em avaliação não alteraram o consumo de matéria seca (7,88 kg/dia e 2,46% do PC), consumo de matéria orgânica (7,01 kg/dia⁻¹), consumo de proteína bruta (0,97 kg/dia), digestibilidade da matéria seca (68,8%) e a digestibilidade dos carboidratos não fibrosos (77,6%). Os animais alimentados com farelo de algodão associada à ureia na dieta apresentaram maior ganho de peso corporal (0,89 kg/dia⁻¹) e melhor conversão alimentar (8,89kg MS/kg GMD). A utilização da ureia como fonte de nitrogênio mostrou-se eficiente na associação à palma forrageira, que segundo os autores podem suprir completamente a exigência de energia dos animais.

De acordo com Ferreira et al. (2009) a inclusão de uma fonte de nitrogênio não proteico em dietas a base de palma forrageira torna-se viável uma vez que se pressupõe adequada sincronização entre o suprimento de energia e o nitrogênio para os microrganismos ruminais, considerando a alta concentração de carboidratos solúveis na palma, que facilita a incorporação do nitrogênio da ureia na proteína microbiana, principal fonte de proteína metabolizável para o animal hospedeiro.

Silva et al. (2017) avaliando diferentes períodos de armazenamento (0, 7, 14 e 21 dias) da palma forrageira (*Opuntia Stricta* Haw) na alimentação novilhos Girolando5/8 com peso médio de 284 kg, observaram que mesmo submetida ao maior período de armazenamento (21 dias), a palma forrageira manteve suas características nutricionais estáveis. Concluindo que todos os tratamentos podem ser utilizados desempenhando igualdade entre si, não propiciando interferências no desempenho animal. O adequado entendimento dos fatores bióticos e abióticos que estão relacionados ao sistema de produção e utilização da palma forrageira é de fundamental importância para que se possa desenvolver técnicas que venham a contribuir no aumento da eficiência produtiva dos sistemas que se baseiam na produção de ruminantes em regiões áridas e semiáridas.

1.7. Referências Bibliográficas

ABIDIA, S.; BEN SALEMA, H.; VASTAB, V.; PRIOLOB, A.; Supplementation with barley or spineless cactus (*Opuntia ficus indica f.inermis*) cladodes on digestion, growth and intramuscular fatty acid composition in sheep and goats receiving oaten hay. **Small Ruminant Research**, v. 87, n. 1-3, p. 9–16, 2009.

ALMEIDA, J.; PEIXOTO, C. P.; LEDO, C. A. da S. Caracterização do sistema de produção e utilização da palma forrageira na região semiárida do estado da Bahia. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n.15, p. 394-404, 2012.

BRYANT, M.P. Nutritional requirements of the predominant rumen cellulolytic bacteria. *Federation Proceedings*, v.32, n.7, p.1809-1813, 1973.

COSTA, M. R. G. F. ; CARNEIRO, M. S. S.; Pereira, E. S; FEITOSA, J. V.; SALES, R. O.; MORAIS NETO, L. B. de.; PEIXOTO, M. J. A. Produção e composição química da palma forrageira micropropaga in Vitro. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v. 11, n.4, p. 953-960, 2010.

COSTA, R. G.; BELTRAO FILHO, E. M.; MEDEIROS, A. N.; GIVISIEZ, P. E. N.; QUEIROGA, R. C. R. E.; MELO, A. A. S.; Effects of increasing levels of cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L. Miller) in the diet of dairy goats and its contribution as a source of water. **Small Ruminant Research**, v.82, n.1, p.62–65, 2009.

DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; ARAÚJO FILHO, J. T.; SANTOS, M. V. F.; LIRA, M.; SANTOS, D. C.; PESSOA, R. A. S.; Adubação mineral no crescimento e composição mineral da palma forrageira –Clone IPA-201. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.5, n.1, p.129-135, 2010.

FERREIRA, M.A.; SILVA, F.M.; BISPO, S.V.; AZEVEDO, M. Estratégias na suplementação de vacas leiteiras no semiárido do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.spe, p.322-329, 2009.

GEBREMARIAM, T.; MELAKU, S.; YAMIA, A. Effect of different levels of cactus (*Opuntia ficus-indica*) inclusion on feed intake, digestibility and body weight gain in tef (*Eragrostis tef*) straw-based feeding of sheep. **Animal Feed Science and Technology**, v.131, n. 1-2, p.42-51, 2006.

LOPES, R.V.V., SILVA, F.L.H. Elaboração de fermentados a partir do figo-da-india. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. v.6, n.2, p. 305-315, 2006.

MENDIETA-ARAICA, B.; SPÖRNDLY, R.; REYES-SÁNCHEZ, N.; SPÖRNDLY, E. Moringa (*Moringa oleifera*) leaf meal as a source of protein in locally produced concentrates for dairy cows fed low protein diets in tropical areas. **Livestock Science**, v.137, n. 1-3, p. 10- 17, 2011.

NEGESSEA, T.; MAKKARB, H.P.S.; BECKERB, K.; Nutritive value of some non-conventional feed resources of Ethiopia determined by chemical analyses and an in vitro gas method. **Technology Animal Feed Science and Technology**, v.154, n. 3-4 p.204–217, 2009.

NUNES, CS. Conhecimento sobre o uso medicinal da palma forrageira (*Opuntia ficus indica*) no município de Baraúna-PB. **Revista Brasileira de Informações Científicas**, v.2, n.3, p.55- 59. 2011.

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**, v.5, n.4, p. 27 – 37, de 2010.

PESSOA, R. A. S.; FERREIRA, M.A.; SILVA, F. M.; BISPO, S. V.; WANDERLEY, W. L.; VASCONCELOS, P. C.; Diferentes suplementos associados à palma forrageira em dietas para ovinos: consumo, digestibilidade aparente e parâmetros ruminais. **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal**, v.14, n.3, p.508-517, 2013.

PINTO, T. F.; COSTA, R. G.; MEDEIROS, A. N.; MEDEIROS, G. R.; AZEVEDO, P. S.; OLIVEIRA, R. L.; TREVIÑO, I. H.; Use of cactus pear (*Opuntia ficus indica* Mill) replacing corn on carcass characteristics and non-carcass components in Santa Inês lambs. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.6, p.1333-1338, 2011.

RAMOS, A. O.; FERREIRA, M. A.; VÉRAS, A. S. C.; COSTA, S. B. M.; CONCEIÇÃO, M. G.; SILVA, E. C.; SALLA, L. E.; SOUZA, A. R. D. L.; Diferentes fontes de fibra em dietas a base de palma forrageira na alimentação de ovinos. **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal**, v.14, n.4, p.648-659, 2013.

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.

REIS, R. A., BERNARDES, T. F., SIQUEIRA, G. R., Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão de recursos forrageiros. P.187, 2013.

SAMPAIO, E. V. S. B. Fisiologia da palma. In: A palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso. (Ed.). MENEZES, R. S.C.; SIMOES, D. A.; SAMPAIO, E. V. S. B. **Universitária da UFPE**, p.258, 2005.

SANTOS, T. C.; ABREU FILHO, G.; ROCHA, T. J. H.; FONSECA, S. F.; FRAN, M.; Palma forrageira como matéria prima para a produção de enzimas celulolíticas. **Revista Verde**, v. 7, n. 2, p 270-276, 2012

SUDZUKI-HILLS, F. Anatomia e fisiologia. In: Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira. **Traduzido por SEBRAE/PB**. SEBRAE/PB, p.28-34, 2001.

WANDERLEY, W. L.; FERREIRA, M. A.; BATISTA, Â. M. V.; VÉRAS, A. S. C.; BISPO, V.; Consumo, digestibilidade e parâmetros ruminais em ovinos recebendo silagens e feno em associação à palma forrageira. **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal**, v.13, n.2, p.444-456, 2012.

II – OBJETIVO GERAL

CAPÍTULO I

Avaliar a influência de doses crescentes de adubo químico sobre as características morfométricas e bromatológicas de dois cultivares de palma forrageira.

CAPÍTULO II

Avaliar a influência de doses crescentes de adubo químico sobre as características produtivas, fracionamento dos carboidratos e dos compostos nitrogenados de dois cultivares de palma forrageira.

CAPÍTULO III

Avaliar a substituição de uma dieta controle por dietas a base de palma forrageira substituindo o milho em até sua totalidade, e a influência dos níveis de substituição do milho pela palma forrageira associada ao bagaço de cana-de-açúcar amonizado em dietas para novilhos.

2.1. Objetivos específicos

CAPÍTULO I

Avaliar a altura e largura da planta; largura, comprimento, perímetro e espessura do cladódio; número total de cladódios; peso médio dos cladódios; área fotossinteticamente ativa; índice de área do cladódio de dois cultivares de palma forrageira em doses crescentes de adubo químico.

Avaliar a matéria seca, matéria mineral, proteína bruta, proteína insolúvel em detergente neutro, proteína insolúvel em detergente ácido, carboidratos não fibrosos, extrato etéreo, fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína, celulose, hemicelulose, lignina, fibra em detergente neutro indigestível e nutrientes digestíveis totais de dois cultivares de palma forrageira em doses crescentes de adubo químico.

CAPÍTULO II

Avaliar a produção de matéria verde, de matéria seca, de nutrientes digestíveis totais de proteína bruta de dois cultivares de palma forrageira em doses crescentes de adubo químico.

Avaliar a eficiência da adubação em dois cultivares de palma forrageira em doses crescentes de adubo químico.

Avaliar o fracionamento dos carboidratos e dos compostos nitrogenados em dois cultivares de palma forrageira em doses crescentes de adubo químico.

CAPÍTULO III

Avaliar o consumo de matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, extrato etéreo, fibra em detergente neutro, carboidratos totais, carboidratos não fibrosos e nutrientes digestíveis totais em novilhos alimentados com dietas contendo bagaço de cana-de-açúcar amonizados e a substituição do milho pela palma forrageira.

Avaliar o balanço hídrico em novilhos alimentados com dietas contendo bagaço de cana-de-açúcar amonizados e a substituição do milho pela palma forrageira.

Avaliar a digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, extrato etéreo, fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína, carboidratos totais e carboidratos não fibrosos em novilhos alimentados com dietas contendo bagaço de cana-de-açúcar amonizados e a substituição do milho pela palma forrageira.

Avaliar o comportamento ingestivo por meio dos tempos de alimentação,

ruminação e ócio, eficiência em alimentação e ruminação (matéria seca e fibra em detergente neutro) e discretização das séries temporais em novilhos alimentados com dietas contendo bagaço de cana-de-açúcar amonizados e a substituição do milho pela palma forrageira.

III - CAPÍTULO I

Características morfométricas e composição bromatológica de genótipos da palma forrageira submetida a doses crescentes de adubo químico

RESUMO: O estudo foi desenvolvido com o propósito de avaliar a influência de doses crescentes de adubo químico sobre as características morfométricas e bromatológicas da palma forrageira. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados em esquema fatorial 2x4, sendo o primeiro fator constituído por 2 cultivares de palma forrageira, Gigante e a Miúda, o segundo fator quatro doses crescentes de adubo químico: 0 (000-000- 000); 631 (130-43-457); 947 (195-66-686) e 1262 (260-87-915) kg.ha⁻¹ adubo, com 5 repetições. No estudo das características morfométricas apenas o número total dos cladódios apresentou interação não significativa. Para as variáveis bromatológicas, tão somente o teor de EE não foi influenciado pelas doses de adubo, apresentando média de 2,2%. Para as demais características o adubo influenciou de forma positiva até um determinado limite estabelecido pelas equações de regressão. Independente do cultivar, o adubo promove melhoria nas características morfométricas e no valor nutricional da palma forrageira. Recomenda-se o cultivar Miúda colhido aos 730 dias e a dose de 450 kg.ha⁻¹ (93 N - 31 P₂O₅ – 326 K₂O) de adubo por apresentar maior concentração energética e proteica.

Palavras chave: área fotossinteticamente ativa, índice de área do cladódio, *Nopalea*, *Opuntia*

Morphometric characteristics and bromatological composition of forage palm genotypes submitted to increasing doses of chemical fertilizer

ABSTRACT: The study was developed with the purpose of evaluating the influence of increasing doses of chemical fertilizer on the morphometric and bromatological characteristics of forage palm. The experimental design used was randomized blocks in a 2x4 factorial scheme, the first factor consisting of 2 cultivars of forage palm, Giant and Small, the second factor four increasing doses of chemical fertilizer: 0 (000-000-000); 631 (130-43-457); 947 (195-66-686) and 1262 (260-87-915) kg.ha⁻¹ fertilizer, with 5 replicates. In the study of morphometric characteristics only the total number of cladodes presented non-significant interaction. For the bromatological variables, only the EE content was not influenced by the doses of fertilizer, presenting an average of 2.2%. For the other characteristics, the fertilizer influenced positively up to a certain limit established by the regression equations. Regardless of the cultivar, the fertilizer promotes improvement in the morphometric characteristics and in the nutritional value of the forage palm. It is recommended the cultivar Miúda harvested at 730 days and the dose of 450 kg.ha⁻¹ (93 N - 31 P₂O₅ - 326 K₂O) of fertilizer because it presents higher energy and protein concentration.

Keywords: photosynthetically active, cladode area index, Nopalea, Opuntia

Introdução

Da família das cactáceas, as palmas forrageiras *Opuntia ficus-indica* e *Nopalea cochenillifera* possuem ampla distribuição geográfica (Souza et al., 2008). Originária do México, foi introduzida no Brasil inicialmente para a produção do corante natural por meio da criação da cochonilha do carmim e seu potencial forrageiro começou a ser explorado de forma expressiva ao final do sec. XX. Estima-se mais de 500 mil ha sejam cultivados com a palma forrageira no Brasil (Rocha, 2012).

Por apresentar o metabolismo ácido das crassuláceas (MAC), a palma é uma cultura que possui baixa exigência hídrica, reduzindo a perda de água por evapotranspiração (Ramos et al., 2011), além de possuir adaptações morfofisiológicas que as possibilitam conviver frente às condições edafoclimáticas existentes em regiões classificadas como áridas e semiáridas (FAO, 2011). Para o aumento da eficiência produtiva da cultura, torna-se necessário o entendimento de fatores bióticos e abióticos que englobam seu sistema produtivo.

Considerando que o teor médio de extração dos elementos minerais da palma forrageira obtidos por Donato et al. (2016) estima-se que para uma produtividade de 10 Mg.ha⁻¹ de MS, seriam exportados do solo para o vegetal a quantidade de 130, 19, 380, 300 e 110 kg.ha⁻¹ respectivamente para N, P, K, Ca e Mg, afirmando a importância de se conhecer as características físicas e químicas do solo e o papel da reposição de nutrientes, contribuindo assim para a manutenção da fertilidade do solo e em consequência, melhoria em seu valor nutricional e obtenção de níveis produtivos desejados. A produção da palma forrageira, resultado dos processos de crescimento e desenvolvimento, pode ter suas características morfométricas e nutricionais substancialmente melhoradas pelo uso de fertilizantes químicos.

O estudo foi desenvolvido com o propósito de avaliar a influência de doses crescentes de adubo químico sobre as características morfométricas e a composição bromatológica de dois cultivares de palma (Gigante e Miúda).

Material e Métodos

O experimento a campo foi conduzido na Fazenda Bela Vista, localizada no município de Encruzilhada – Bahia, com coordenadas geográficas 15° 31' 53" S de latitude sul, 40° 34' 54" W longitude oeste, com altitude de 840 m, e teve duração de 730 dias, que englobou o período de 12 de junho de 2015 a 12 de junho de 2017.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados em esquema fatorial 2x4, sendo o primeiro fator constituído por 2 cultivares (palma Gigante (*Opuntia ficus-indica* (L.) P. Mill) e palma Miúda (*Nopalea cochenilifera* (L.) Salm-Dyck), e o segundo fator quatro doses crescentes de adubo químico. Os tratamentos consistiram em doses completas de N, P₂O₅ e K₂O, sendo o seguinte: sem adubo (000-000-000); 631 kg.ha⁻¹ (130-43-457); 947 kg.ha⁻¹ (195-66-686) e 1262 kg.ha⁻¹ (260-87-915) com 5 repetições. Foram utilizadas parcelas de 25 m² (5 x 5 m cada), totalizando uma área de 1000 m². O espaçamento utilizado foi de 1 m entre fileiras e 0,50 m entre plantas, mantendo-se a densidade populacional de 20.000 plantas ha⁻¹.

Foram coletadas amostras de solo e apresentaram o seguinte resultado: pH = 5,0; P = 1,0 mg.dm³; K = 0,2 cmol.dm³; Ca = 1,6 cmol.dm³; Mg = 0,5 cmol.dm³; Al = 0,6 cmol.dm³; H = 3,6 cmol.dm³; V = 35%; Areia = 550 tfsa g/kg; Silte = 70 tfsa g/kg; Argila = 380 tfsa g/kg. A recomendação da calagem foi realizada através do método de saturação por bases, utilizando a saturação desejada igual a 70. Foi aplicado 2,5 t/ha de calcário dolomítico (95% PRNT) incorporado por meio de aração 60 dias antes da implantação. Foi realizado também gradagem e abertura dos sulcos com profundidade média de 30 cm com auxílio do sulcador.

As mudas utilizadas apresentaram de 25 a 30 cm de comprimento e de 15 a 20 cm de largura para o cultivar Gigante, e de 20 a 25 cm de comprimento e entre 10 a 15 cm de largura para o cultivar Miúda, e foram cortadas na junção entre os cladódios com o auxílio de facão, permanecendo em local sombreado por 10 dias para cicatrização do corte e murchamento.

O plantio das mudas foi realizado no dia 12-06-2015, e os cladódios foram colocados na vertical sendo um terço enterrado. O controle das plantas indesejáveis foi realizado por meio de limpeza manual com o auxílio de enxadas, nas datas de 10-08-2015 e 12-12-2015, e o controle químico realizado em duas aplicações com herbicida (hexazinona nortox 25,0% m/v) nas datas de 05-03-2016 e 27-08-2016. Foram coletados dados no local do experimento de pluviosidade (mm), temperaturas mínimas e

máximas (Figura 1).

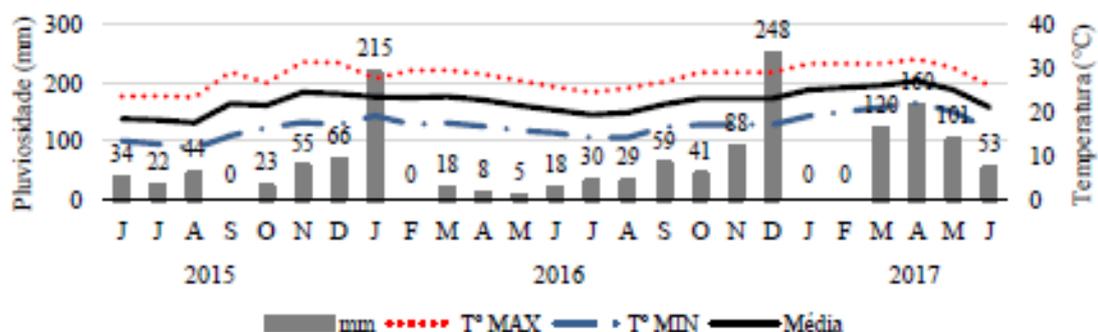


Figura 1 - Temperatura máxima, média, mínima (°C) e distribuição pluvial (mm) mensal durante o período experimental

Foram utilizados como fonte de adubo para suprir as recomendações em N-P₂O₅-K₂O a ureia, o superfosfato simples e o cloreto de potássio, respectivamente. A adubação foi dividida em três aplicações sendo a primeira, na implantação (12-06-2015) foi aplicado 50% do superfosfato simples e do cloreto de potássio, respectivo a cada tratamento, na segunda aplicação, 62 dias pós plantio (15-08-2015), os 50% restantes do superfosfato simples e do cloreto de potássio, e 50% da uréia recomendada a cada respectivo tratamento, e a terceira aplicação (14-10-2015), o 50% restante de ureia.

Para as avaliações das medidas morfométricas foram sorteadas três plantas de cada parcela, desconsiderando as bordaduras, totalizando 120 plantas avaliadas. Isto ocorreu 730 dias após o plantio.

Com o auxílio da fita métrica realizou-se a aferição da altura da planta (APL), largura da planta (LPL), comprimento do cladódio (CCL), largura do cladódio (LCL) e perímetro do cladódio (PCL). Com o auxílio de um paquímetro digital, a espessura dos cladódios (ECL), utilizou-se média ponderal para expressar as respectivas características. A área dos cladódios (ACL) foi estimada com os dados obtidos de largura e comprimento, conforme metodologia descrita por Pinto et al. (2002). O IAC mensura a área total dos cladódios da planta, dividindo-se pela área ocupada pela planta no solo (m² de área de cladódio/m² de solo).

Nas três plantas sorteadas para a realização das avaliações morfométricas foi realizada a amostragem para determinação da composição nutricional. As amostras foram colhidas com o auxílio de uma serra copo acoplada a furadeira à bateria,

coletando cerca de 50 amostras de 25 g em cada parcela. As mesmas foram feitas de modo que todas as ordens de cladódios que seriam colhidos fossem amostradas. Posteriormente, foram secas em estufa de ventilação forçada a 55°C, até que o peso permanecesse constante. Em seguida foram moídas em moinho de facas tipo Willey com peneira de malha de 1 mm e armazenadas em potes devidamente identificados.

Foram realizadas as seguintes análises: teor de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína (FDN_{cp}) e lignina, segundo metodologias descritas por Detmann et al. (2012). Os carboidratos não fibrosos CNF = 100 – (FDN+PB+EE+Cinza), de acordo com metodologia de Mertens (1997), e os nutrientes digestíveis totais (NDT), conforme metodologia de Weiss et al. (1999), com as modificações sugeridas pelo NRC (2001). Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Para as características morfométricas altura e largura da planta (cm) a interação foi significativa ($P < 0,05$) entre cultivares e doses de adubo (Tabela 1). Com relação ao cultivar Miúda, o adubo não influenciou na altura das plantas ($P > 0,05$) apresentando média de 44,7 cm. O cultivar Gigante apresentou efeito quadrático ($P < 0,05$) atingindo ponto de máxima de 80,3 cm com 687 kg.ha^{-1} de adubo (Figura 2). Para a largura da planta observou-se efeito quadrático ($P < 0,05$) para os dois cultivares, apresentando ponto de máxima de 108 cm com 699 kg.ha^{-1} de adubo para o cultivar Gigante, e ponto de mínima de 48,7 cm com 547 kg.ha^{-1} de adubo para o cultivar Miúda (Figura 2). Vale salientar que o solo no qual foi conduzido o experimento classifica-se como argissolo distrófico, apresentando limitação quanto o teor de P (1 mg.dm^3). Visualmente foi possível observar durante os meses de abril a agosto chuvas que ocorriam na forma de garoa, apresentando alto índice de nebulosidade, e durante os três primeiros meses após o plantio (junho a agosto), ocorreram temperaturas mínimas que chegaram a 9°C , podendo assim ter influenciado de forma negativa, no desenvolvimento do vegetal. Souza et al. (2008) elaboraram indicadores climáticos para o zoneamento agrícola da palma forrageira (*Opuntia sp.*) e recomendaram para seu pleno desenvolvimento, que a faixa de temperatura média seria entre $16,1$ e $25,4^\circ\text{C}$. Os mesmos autores relataram ainda que, em regiões no qual apresentem temperaturas mínimas próximas a 9°C poderá ocorrer limitação quanto ao seu desenvolvimento.

O nitrogênio é o nutriente que possui maior representatividade no aumento da produtividade (particularmente sob fornecimento adequado de P), existindo correlação entre altura e largura da planta com sua produtividade. Lima et al. (2016), avaliando as características morfométricas da palma forrageira Gigante, observaram alturas de planta que variaram de 81,1 a 143,7 cm, valendo salientar que o experimento foi conduzido em cambissolo estrófico, rico em Ca ($15,88 \text{ g.kg}^{-1}$) e K ($32,53 \text{ g.kg}^{-1}$), além de apresentar temperatura média anual de $26,5^\circ\text{C}$ com 2400 horas de sol.

Tabela 1. Características morfométricas avaliada aos 730 dias após o plantio em cultivares de palma forrageira submetida a doses crescentes de adubo

Variável	Cultivar		Adubo N-P ₂ O ₅ -K ₂ O (kg.ha ⁻¹)				Valor de P		
	G	M	0	631	947	1262	Cul	Adu	C x A
APL (cm)	67,2	44,7	38,9	62,5	67,1	55,2	0,0000	0,1030	0,0002
LPL (cm)	88,8	67,8	67,1	73,2	88,8	80,2	0,0045	0,1003	0,0001
CCL (cm)	24,8	20,7	19,9	24,7	24,0	22,3	0,0000	0,0001	0,0115
LCL (cm)	14,6	9,3	10,5	13,2	12,5	11,4	0,0000	0,0006	0,0153
PCL (cm)	58,6	45,7	46,0	57,3	54,8	50,4	0,0000	0,0009	0,0245
ECL (mm)	25,9	20,9	20,7	25,7	25,0	22,3	0,0000	0,0006	0,0023
NTCL (n°)	10,3	25,1	10,4	20,3	25,2	14,9	0,0000	0,0000	0,0695
PMCL (kg)	0,61	0,23	0,36	0,44	0,48	0,41	0,0000	0,1548	0,0003
AFAT	2,72	3,17	1,33	3,89	4,27	2,29	0,0323	0,0000	0,0112
IAC	5,4	6,3	2,6	7,7	8,5	4,5	0,0323	0,0000	0,0112
Variável	Equação de regressão								R ²
NTCL (n°)	$\hat{Y} = 52,3839 + 0,0806952*A - 0,0000587251*A^2$								0,73

G = cultivar Gigante; M = cultivar Miúda; Cul = cultivar; Adu = Adubo; C x A = interação cultivar adubo; APL = altura de planta; LPL = largura de planta; CCL comprimento do cladódio; LCL = largura do cladódio; PCL = perímetro do cladódio; ECL = espessura do cladódio; NTCL = número total de cladódio; PMCL = peso médio dos cladódios; AFAT = área fotossinteticamente ativa; IAC = índice de área do cladódio.

O cultivar Miúda apresentou maior número de cladódios (Tabela 1). Visualmente observou-se que, quando existia suprimento de nutriente no solo (adubo) o cultivar Miúda apresentou número de cladódios de primeira ordem superior quando comparado ao cultivar gigante. Antes dos cladódios basais estarem totalmente desenvolvidos, ocorreu o aparecimento de novos cladódios de segunda ordem, principalmente os cladódios que estavam inseridos na parte central do cladódio mãe, contribuindo para a redução na largura da planta e aumento em sua altura. Já na ausência do adubo, ocorreu o inverso, as plantas apresentavam maiores larguras. Observou-se visualmente que, os cladódios de ordens inferiores só emitiam novos cladódios quando estes se encontravam totalmente expandidos, além da arquitetura da planta apresentar-se de forma lateral, contribuindo assim para o aumento na largura. Segundo Donato et al. (2016), apesar de pouco extraído pela palma, apresentando cerca de 0,19% de P, restrições na disponibilidade do mesmo, no início do ciclo vegetativo pode resultar em limitações em seu desenvolvimento, da qual o vegetal não se recupera posteriormente. Níveis abaixo de 1 mg.dm⁻³ de P no solo torna-se fator limitante ao desenvolvimento do vegetal.

$$\hat{Y}_{\text{Gigante}} = 52,5839 + 0,0806952 * A - 0,0000587251 * A^2; R^2 = 0,73$$

$$\hat{Y}_{\text{Miúda}} = 44,716;$$

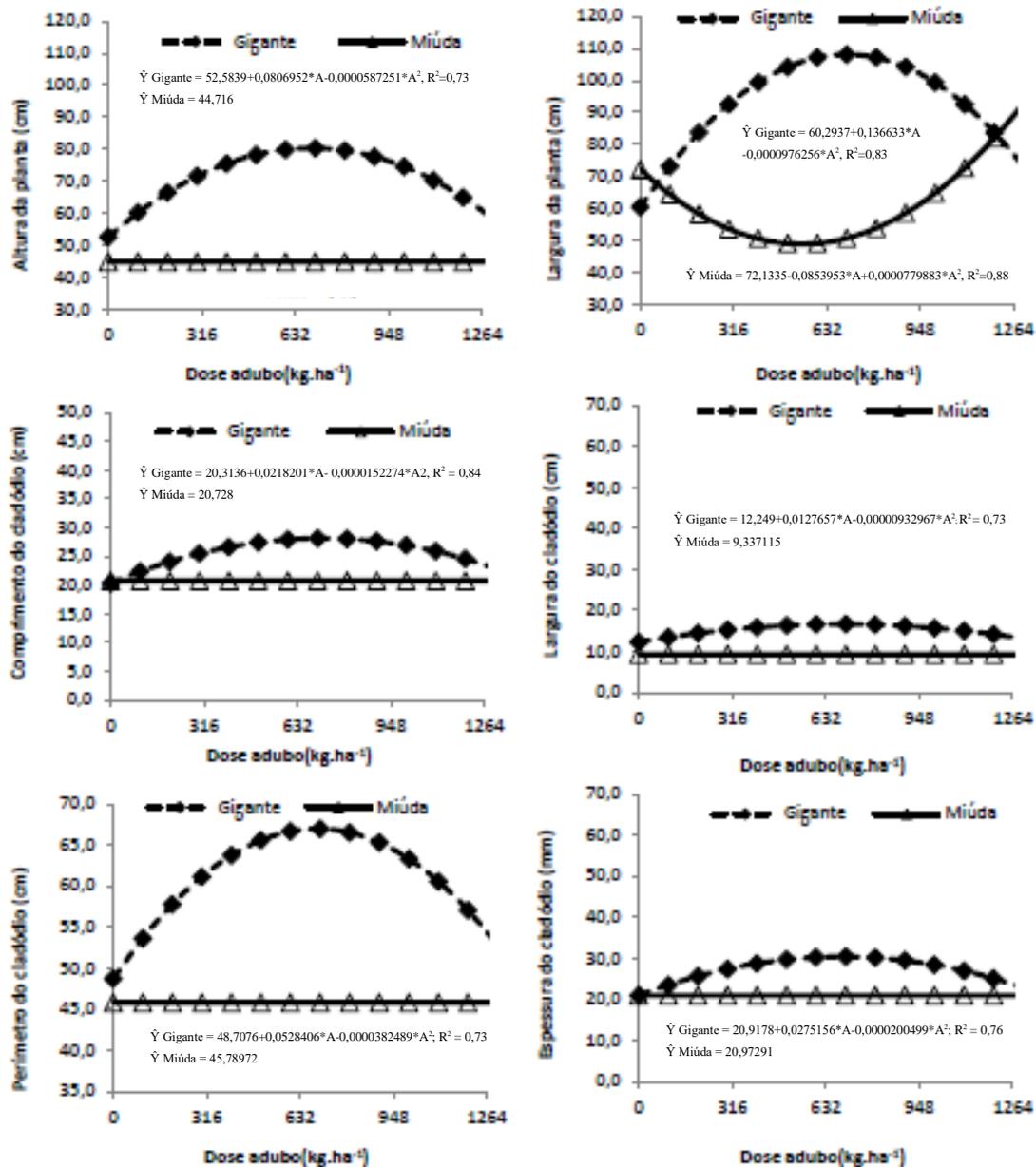


Figura 2 - Desdobramento das interações e suas respectivas equações de regressão: altura (cm) e largura (cm) da planta (cm), comprimento (cm), largura (cm), perímetro (cm) e espessura (mm) dos cladódios avaliadas aos 730 dias após o plantio em cultivares de palma forrageira submetidos a doses crescentes de adubo

Para comprimento do cladódio observou-se efeito quadrático ($P < 0,05$) para o cultivar Gigante, apresentando ponto de máxima 28,1 cm com $716 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de adubo (Figura 2). O adubo não promoveu alteração no comprimento dos cladódios do cultivar Miúda, apresentando média de 20,7 cm. Para largura média do cladódio observou-se

efeito quadrático ($P < 0,05$) para o cultivar Gigante, apresentando ponto de máxima 16,6 cm com $684 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de adubo (Figura 2). O adubo não promoveu alteração no comprimento dos cladódios no cultivar Miúda, apresentando média de 9,33 cm. Observou-se efeito quadrático ($P < 0,05$) para o cultivar Gigante referente ao seu perímetro médio do cladódio, apresentando ponto de máxima 66,9 cm com $690 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de adubo (Figura 3). O adubo não promoveu alteração ($P > 0,05$) no perímetro do cladódio do cultivar Miúda, apresentando média de 45,8 cm. Para a espessura média do cladódio observou-se efeito quadrático ($P < 0,05$) para o cultivar Gigante, apresentando ponto de máxima 30,3 mm com $686 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de adubo (Figura 2). O adubo não promoveu alteração ($P > 0,05$) na espessura do cladódio presentes no cultivar Miúda, apresentando média de 20,9 mm. Haja vista ter sido realizado média ponderada das ordens dos cladódios, características como comprimento, largura e espessura são intrínsecas ao cultivar. Durante o experimento observou-se visualmente que os cladódios do cultivar Miúda das ordens inferiores possuíam comprimento, largura e espessura semelhantes. Ao invés de continuarem se desenvolvendo, ocorria a emissão de novos cladódios em ordens superiores.

Para o número total de cladódios não foi verificado efeito de interação ($P > 0,05$) (Tabela 1). Todavia, à medida que se forneceu adubo ao solo ocorreu aumento ($P < 0,05$) no número total de cladódios, independente dos cultivares, apresentando ponto de máxima de 22,9 cladódios com $731 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Figura 3). Silva et al. (2015), avaliando o crescimento e a produtividade dos clones de palma forrageira, IPA Sertânia (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck), Miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) e Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw) Haw), observaram que o cultivar Miúda apresentou maior número de cladódios, diferindo dos demais, sobretudo devido ao maior número de cladódios das ordens superiores (secundários e terciários).

Ao avaliar o peso médio do cladódio observou-se efeito quadrático ($P < 0,05$) para os dois cultivares, apresentando ponto de máxima 0,714 kg com $857 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de adubo para o cultivar Gigante e ponto de máxima 0,449 kg com $1223 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de adubo para o cultivar Miúda (Figura 3). Possivelmente quando se ultrapassa o limite máximo de adubo predito pela equação, poderá ocorrer efeito tóxico ao vegetal, ocasionando-lhes danos que trarão impacto em seu desenvolvimento, afetando com isso o peso do cladódio.

A área fotossinteticamente ativa apresentou efeito significativo ($P < 0,05$) para a interação. Observou-se efeito quadrático ($P < 0,05$) para os dois cultivares, apresentando

área máxima de $4,38 \text{ m}^2.\text{planta}^{-1}$ com $691 \text{ kg}.\text{ha}^{-1}$ de adubo para o cultivar Gigante. O cultivar Miúda apresentou área máxima de $4,05 \text{ m}^2.\text{planta}^{-1}$ com $745 \text{ kg}.\text{ha}^{-1}$ de adubo (Figura 3). Quanto maior for à área fotossinteticamente ativa, maior será a área de interceptação luminosa, contribuindo assim para o aumento dos fotoassimilados, que são precursores na formação de açúcares, aumentando suas reservas que teoricamente contribuirão para o aumento de sua produtividade

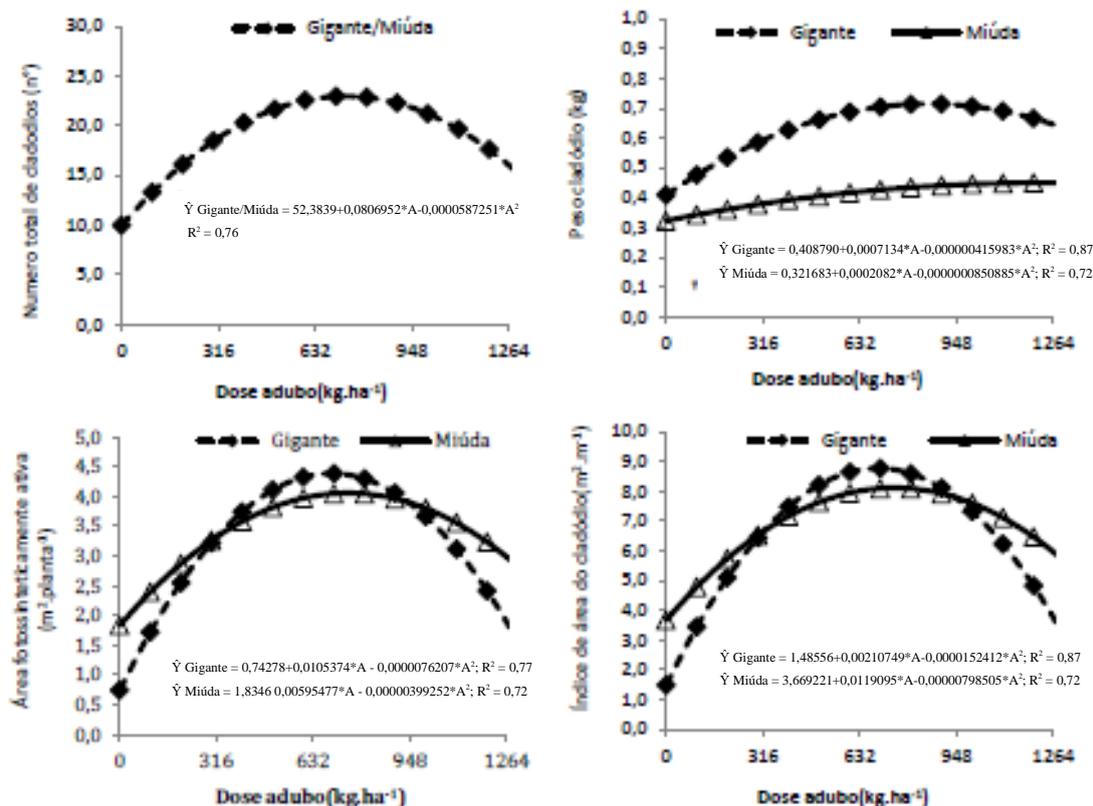


Figura 3 - Desdobramento das interações e suas respectivas equações de regressão: número total de cladódios, peso médio dos cladódios (kg), área fotossinteticamente ativa ($\text{m}^2.\text{planta}^{-1}$) e índice de área de cladódio ($\text{m}^2.\text{m}^{-1}$) avaliados aos 730 dias após o plantio em cultivares de palma forrageira submetidos a doses crescentes de adubo

O índice de área de cladódio ($\text{m}^2.\text{m}^{-1}$) apresentou efeito quadrático ($P < 0,05$) para os dois cultivares, apresentando ponto de máxima de $8,7 \text{ m}^2.\text{m}^{-1}$ com $691 \text{ kg}.\text{ha}^{-1}$ de adubo para o cultivar Gigante e ponto de máxima de $8,1 \text{ m}^2.\text{m}^{-1}$ com $745 \text{ kg}.\text{ha}^{-1}$ de adubo para o cultivar Miúda (Figura 3). De acordo com Donato et al. (2014), o menor número de cladódios no início do desenvolvimento da palma forrageira leva a uma área menor dos mesmos e, conseqüentemente, a um índice de área de cladódio menor, passando a melhorar esse índice a partir da incorporação de novos cladódios,

umentando assim, a área fotossintética ativa da planta. Esse aumento no número de cladódios pode ser potencializado com a adição de nutrientes ao solo, seja esse por meio de adubos químicos ou orgânicos. Os mesmos autores, avaliando quatro doses de adubo orgânico (0, 30, 60 e 90 Mg.ha⁻¹) sobre as características morfológicas e de rendimento da palma forrageira (cultivar Gigante), relataram que a adubação promoveu acréscimo linear positivo para o índice de área do cladódio passando de 2,0 para 4,3 m².m⁻¹. Segundo Nobel (2001), o índice de área de cladódio da ordem de 4 a 5 indicam alto potencial de produção de matéria seca por área.

Ao analisar as características bromatológicas dos cultivares, observou-se que para o teor de matéria seca a interação não foi significativa ($P>0,05$) (Tabela 2). Porém, independente do cultivar a adubação promoveu redução ($P>0,05$) no teor de MS, sendo para cada kg de adubo acrescido ocorreu uma redução de 0,017 pontos percentuais, que correspondeu a um decréscimo de 21,9% para o teor de matéria seca (Figura 4). De acordo com Silva et al. (2013), as adubações condicionam melhor crescimento das plantas e favoreceram o surgimento de cladódios, e é provável que esses cladódios apresentem menores proporções de tecidos estruturais. Além do mais, o período de colheita foi realizado no mês de junho de 2017, que precedeu três meses no qual a somatória da precipitação pluviométrica totalizou 434 mm (Figura 1), proporcionando crescimento ativo com aparecimento de novos cladódios, contribuindo para a redução no percentual de MS. Podem ser observados valores percentuais de MS que variam de 7,8% (Tosto et al., 2008) a 18% (Gomes et al., 2018). De forma geral, com o avanço no desenvolvimento do vegetal, ocorre acréscimo no teor de MS, que pode estar correlacionado com o acréscimo dos constituintes da fração fibrosa com a maturação do vegetal, contribuindo assim para o aumento no percentual da MS.

A interação foi significativa ($P<0,05$) para a matéria mineral (Tabela 3), apresentando comportamento linear decrescente ($P<0,05$) para o cultivar Gigante, em que para cada kg de adubo acrescido ocorreu uma redução de 0,0027 unidades percentuais, correspondendo a 17,8% de redução no percentual da matéria mineral na dose máxima de adubo. Enquanto o cultivar Miúda apresentou comportamento quadrático ($P<0,05$), com modelo ajustado expressando ponto de mínima de 14,05% de MM com 353 kg.ha⁻¹ de adubo (Figura 4). Altos teores minerais podem ser justificados por elevadas concentrações de macrominerais na palma forrageira, principalmente Ca (3,0%) e K (3,8%) (Donato et. al., 2016). De acordo com Mendonça Júnior et al. (2011), a concentração de minerais nas plantas é bastante variável, pois depende do estágio de

maturidade, da época do ano (sazonalidade durante o crescimento da planta), das condições climáticas do local, da quantidade do elemento no solo, do tipo de solo e suas condições, como pH e umidade, pois afetam a disponibilidade e a absorção pela planta.

Os minerais desempenham funções primordiais no organismo animal, todavia, não podem ser sintetizados pelos mesmos, logo, torna-se interessante na nutrição animal o fornecimento de alimentos que em sua composição possuam minerais, contribuindo de forma direta seu aporte, principalmente minerais como Ca e P que participam na mineralização óssea, regulação metabólica, coagulação sanguínea, transmissão de impulsos nervosos, componente de DNA e RNA, parte de compostos de alta energia, regulação de enzimas, dentre outros. Cavalcante et. al. (2014), avaliando a composição bromatológica de diferentes cultivares de palma forrageira encontraram valores de MM de 15,9% (Gigante), 17,5% (Redonda) e 17,5% (Miúda), e Souza et al. (2010), valor de 14,2% de MM para o cultivar Gigante.

Tabela 2 - Composição bromatológica cultivares de palma forrageira avaliado aos 730 dias após o plantio em cultivares de palma forrageira submetida a doses crescentes de adubação

Variável	Cultivar		Adubo N-P ₂ O ₅ -K ₂ O (kg.ha ⁻¹)				Valor de P		
	G	M	0	631	947	1262	Cul	Adu	C x A
MS (%)	9,1	9,3	10,5	9,2	8,8	8,2	0,2471	0,0000	0,3762
MM ¹	17,6	16,7	18,4	14,3	16,3	19,7	0,0272	0,0000	0,0000
PB ¹	6,6	9,2	7,2	7,5	8,2	8,7	0,0000	0,0000	0,0005
PIDN ²	19,6	15,5	21,7	17,1	15,9	15,6	0,0000	0,0000	0,0000
PIDA ²	9,2	6,4	9,0	8,5	8,4	5,3	0,0000	0,0000	0,0000
CNF ¹	48,8	49,5	46,9	54,1	49,6	46,2	0,1629	0,0000	0,0000
EE ¹	2,2	2,3	2,4	2,3	2,2	2,0	0,1536	0,1291	0,0810
FDNcp ¹	23,9	21,4	24,1	21,3	22,8	22,5	0,0000	0,0000	0,0000
Celulose ¹	14,1	11,0	14,2	12,4	12,0	11,4	0,0000	0,0000	0,0000
Hemicelulose ¹	7,2	7,4	7,5	6,0	8,1	7,5	0,0000	0,0654	0,0000
Lignina ¹	2,7	3,1	2,3	3,0	2,7	3,5	0,0001	0,0000	0,0000
FDNi	9,8	10,8	8,2	9,8	9,4	12,7	0,0000	0,0000	0,3546
NDT ^{1,3}	78,5	81,2	78,6	80,6	79,9	80,3	0,0000	0,0764	0,0036

¹Porcentagem na matéria seca; ²porcentagem da proteína bruta; ³estimado NRC; G = cultivar Gigante; M = cultivar Miúda; Cul = cultivar; Adu = Adubo; C x A = interação cultivar adubo; MS = matéria seca; MM = matéria natural; PB = proteína bruta; PIDN = proteína insolúvel em detergente neutro; PIDA = proteína insolúvel em detergente ácido; CNF = carboidratos não fibrosos; EE = extrato etéreo; NDT = nutrientes digestíveis totais

Interação significativa ($P < 0,05$) também foi observada para proteína bruta (PB). O cultivar Miúda apresentou teor médio de PB (9,2%) superior ($P < 0,05$) ao cultivar gigante (6,6%) (Tabela 2). O adubo influenciou de forma quadrática ($P < 0,05$) para os dois cultivares estudados, apresentando ponto de máxima de 9,5% PB com 285 kg.ha⁻¹

de adubo para o cultivar Miúda, e ponto de mínima de 5,5% PB com 1133 kg.ha⁻¹ de adubo para o cultivar Gigante (Figura 4). Em geral o cultivar Miúda apresenta maior teor de PB quando comparado ao cultivar gigante. Provavelmente isso se deve ao fato de maior emissão de cladódios jovens.

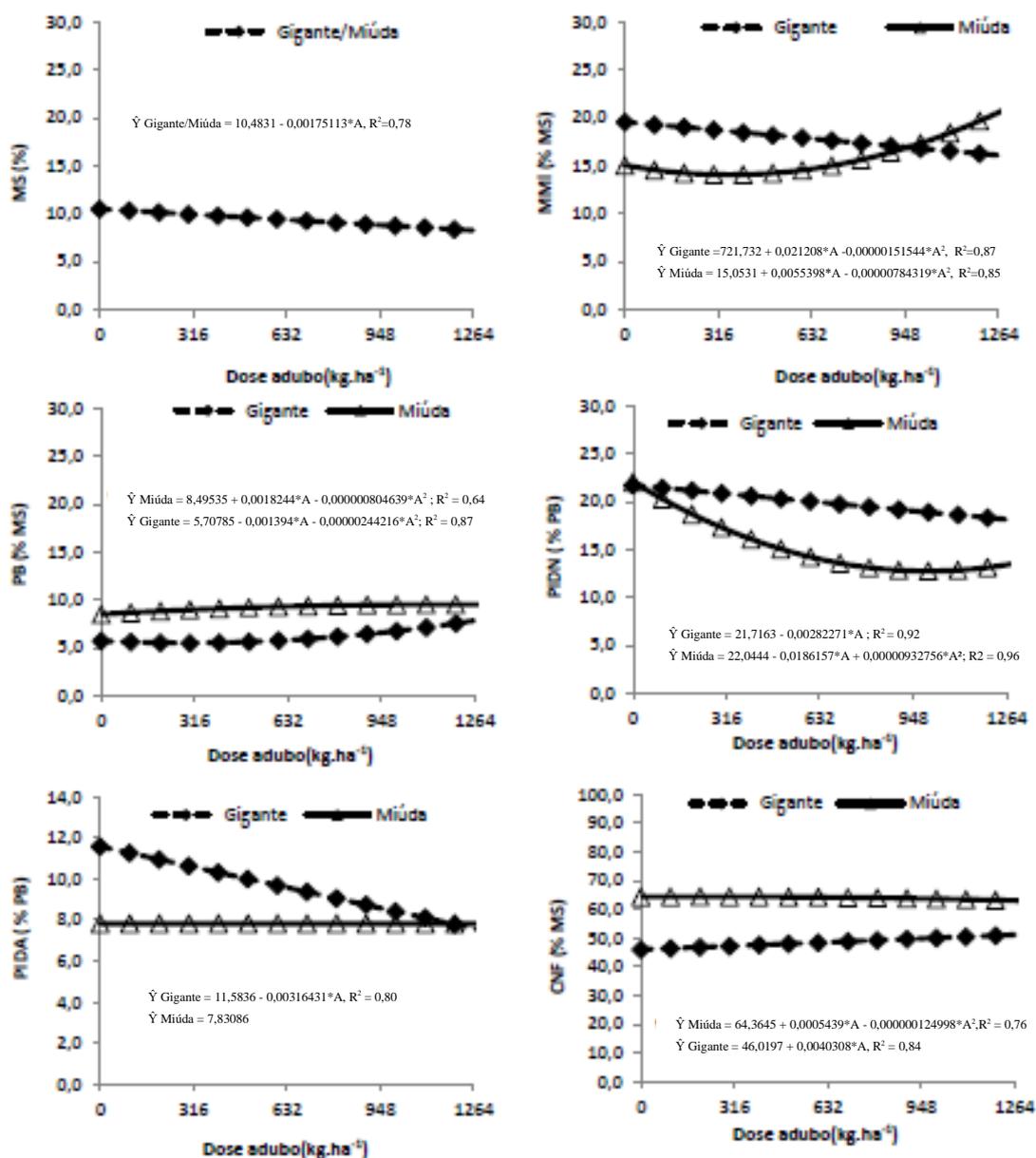


Figura 4 - Desdobramento das interações e suas respectivas equações de regressão: matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) e carboidratos não fibrosos (CNF) avaliados aos 730 dias após o plantio em cultivares de palma forrageira submetidos a doses crescentes de adubo

No desdobramento da interação ($P < 0,05$) para o percentual de proteína insolúvel em detergente neutro, expresso em porcentagem da PB (Tabela 2), observou-se comportamento linear decrescente ($P < 0,05$) para o cultivar Gigante, em que para cada kg de adubo acrescido ocorreu a redução de 0,0028 pontos percentuais, que representou uma redução total de 83% no teor de PIDN, enquanto para o cultivar Miúda verificou-se comportamento quadrático ($P < 0,05$) com ponto de mínima de 12,5% PIDN com a dose de 997 kg.ha⁻¹ de adubo (Figura 4).

Para o percentual de proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) expresso em porcentagem da PB, observou-se interação significativa ($P < 0,05$), onde apresentou após desdobramento, efeito linear decrescente ($P < 0,05$) para o cultivar Gigante, em que para cada kg acrescido de adubo ocorreu um decréscimo de 0,0031 pontos percentuais, que correspondeu a uma redução total de 65,4% no teor de PIDA, enquanto para o cultivar Miúda a adubação não alterou seu percentual, expressando média de 7,83% de PIDA em função da PB total (Figura 4). Por representar a fração indigestível da proteína (C), do ponto de vista nutricional, a redução da fração PIDA é interessante, pelo fato de em sua consequência aumentar-se as frações digestíveis e potencialmente digestíveis, contribuindo assim para o aumento do valor nutricional, potencializando sua utilização na alimentação de animais de produção.

A percentagem de carboidratos não fibrosos apresentou interação significativa ($P < 0,05$) entre os cultivares e doses de adubo (Tabela 2). As doses de adubo aplicadas contribuíram para a elevação ($P < 0,05$) no percentual de CNF para o cultivar Gigante. Para cada kg acrescido de adubo ocorreu a elevação de 0,0040 ponto percentual, que correspondeu a 9,9% na elevação total de CNF (Figura 4). Já para o cultivar miúda a adubação promoveu efeito quadrático ($P < 0,05$) ocorrendo acréscimo no percentual de CNF até a dose máxima de 217 kg.ha⁻¹ de adubo que apresentando 64,4% CNF (Figura 4). Este aumento nos CNF está relacionado ao comportamento do IAC (Tabela 1) por apresentar maior interceptação luminosa e produção de fotoassimilados, e em consequência maior assimilação dos carboidratos, com evidência para os não fibrosos, sendo armazenados no vegetal como reservas, contribuindo assim para elevação dos mesmos. Ribeiro et al. (2010) avaliando a composição dos carboidratos no cultivar Gigante, observaram a presença de sacarose, frutose, glicose, arabinose, xilose, galactose. Segundo Balsalobre et al. (2003) a variação na qualidade dessa fração interfere diretamente na disponibilidade de energia para o ruminante, ou seja, o avanço da idade da planta causa aumento nos constituintes da parede celular, diminuindo,

assim, os teores de CNF.

O teor de fibra em detergente neutro corrigido para cinza e proteína apresentou efeito significativo para a interação ($P < 0,05$) (Tabela 2). No estudo das doses de adubo observou-se comportamento quadrático ($P < 0,05$) para os dois cultivares, apresentando para o cultivar Gigante ponto de máxima 25,5% FDNcp com 186 kg.ha⁻¹ de adubo, e ponto de mínima de 18,9% de FDNcp com a aplicação de 580 kg.ha⁻¹ de adubo para o cultivar Miúda (Figura 5).

Esse fato pode ser explicado pelo mecanismo de sobrevivência do vegetal, haja vista o solo no qual foi implantado o experimento ser considerado de baixa fertilidade, principalmente no que se diz respeito ao nutriente P, que nesses casos torna-se limitante ao crescimento vegetal, lançando mão de emitir novos cladódios a guardar reservas. Durante esse processo ocorreu a maturação do cladódio, principalmente na bainha parenquimática. Fotius et al. (2014) avaliando a palma forrageira cultivar Miúda encontraram valores percentuais de FDN de 20,1%, enquanto Souza et al. (2010) encontraram para a palma forrageira cultivar Gigante valor de 26% de FDN. Observa-se que na média o cultivar gigante possui maior relação de constituintes da parede celular quando comparado ao cultivar Miúda. Esse fato também foi observado no presente estudo (Tabela 2).

A interação foi significativa ($P < 0,05$) para o teor de celulose (Tabela 2), apresentando efeito quadrático ($P < 0,05$) para o cultivar Gigante (Figura 5), com modelo ajustando ponto de mínima de 11,0% de celulose com 1721 kg.ha⁻¹ de adubo, já o cultivar Miúda, o adubo não proporcionou modificação ($P > 0,05$) nos percentuais de celulose, apresentando média de 11,0% de celulose. O teor de hemicelulose variou de forma quadrática ($P < 0,05$) para os dois cultivares, o cultivar Gigante apresentou modelo ajustado com ponto de máxima de 8,6% de hemicelulose com 762 kg.ha⁻¹ de adubo, e o cultivar Miúda apresentou ponto de mínima de 5,0% de hemicelulose com 667 kg.ha⁻¹ (Figura 5). Para o percentual de lignina (Tabela 2) observou-se efeito significativo para a interação ($P < 0,05$). O cultivar Gigante apresentou efeito linear crescente, sendo para cada kg de adubo acrescido, ocorreu aumento de 0,00072 ponto, que correspondeu a 31,2% de acréscimo total na lignina, e para o cultivar Miúda o acréscimo foi de 0,00082 pontos para cada kg de adubo, que correspondeu a um aumento de 30,5% no teor de lignina (Figura 5).

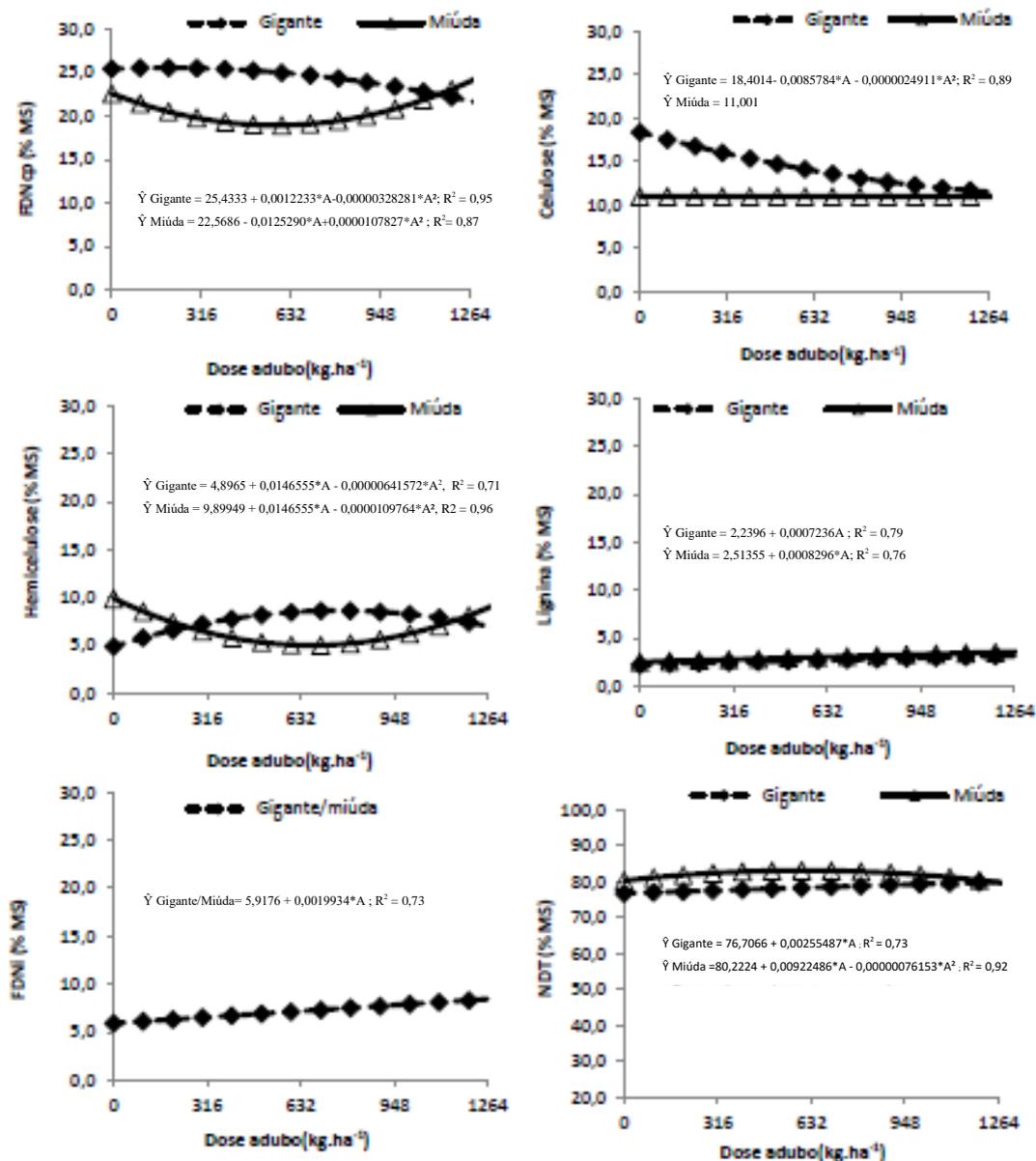


Figura 5 - Desdobramento das interações e suas respectivas equações de regressão: fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína (FDNcp), celulose, hemicelulose, lignina, fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) e nutrientes digestíveis totais (NDT) avaliados aos 730 dias após o plantio em cultivares de palma forrageira submetidos a doses crescentes de adubo

Para o percentual de FDNi a interação não foi significativa ($P > 0,05$) (Tabela 2). Independente do cultivar, a adubação promoveu efeito quadrático ($P < 0,05$) para fração de FDNi (fração C dos carboidratos), apresentando ponto de mínima de 8,3% com 147 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de adubo (Figura 5). No vegetal, o teor de FDNi desempenha função de sustentação e proteção, que de certa forma é interessante, pois evita o tombamento das plantas, reduzindo consigo as perdas. Por outro lado, por representar a fração

indigestível dos carboidratos na nutrição animal, com sua elevação se diminui consequentemente as frações digestíveis e potencialmente digestíveis, reduzindo consigo o valor nutricional do alimento, que de certa forma não é tão interessante. Entretanto, uma das desvantagens da utilização da palma forrageira na dieta de ruminantes é a baixa efetividade de sua fibra. Como teor de lignina está diretamente correlacionado com a fração de FDNi, tende-se a aumentar a efetividade da fibra com a elevação dos percentuais de lignina, com isso reduzindo possíveis distúrbios metabólicos aos animais.

O percentual de NDT variou em função das doses de adubo aplicada ao solo, apresentou efeito significativo ($P < 0,05$) para a interação cultivar e adubo (Tabela 2). Verificou-se modelo linear crescente ($P < 0,05$) para o cultivar Gigante, no qual ocorreu acréscimo de 0,0025 ponto, para cada kg acrescido de adubo, que correspondeu a um aumento de 4,0% no percentual total de NDT (Figura 5), enquanto para o cultivar Miúda observou-se efeito quadrático ($P < 0,05$) apresentando ponto de máxima de 83,0% de NDT com 605 kg.ha^{-1} de adubo (Figura 5). Estes resultados nos mostram que a palma forrageira possui perfil energético que a torna interessante sua utilização na alimentação animal, com energia que se aproxima às características nutricionais do milho grão. Segundo o NRC (2007), o teor médio estimado de NDT do milho grão é de 88%, entretanto, a cultura do milho está mais susceptível a variações climáticas quando comparadas com a cultura da palma forrageira, variações essas comumente encontradas em regiões áridas e semiáridas.

O adequado entendimento dos fatores bióticos e abióticos que estão relacionados ao sistema de produção e utilização da palma forrageira é de fundamental importância para que possamos desenvolver técnicas que poderão contribuir no aumento da eficiência produtiva do vegetal e que venham a potencializar os sistemas de produção animal inseridos em regiões áridas e semiáridas. A palma forrageira apresenta características nutricionais que permitem utilizá-la como fonte de energia.

Conclusão

Recomenda-se o cultivar Miúda colhido aos 730 dias e a dose de 450 kg.ha⁻¹ (93 N - 31 P₂O₅ - 326 K₂O) de adubo por apresentar maior concentração energética e proteica.

Referências Bibliográficas

DETMANN, E.; SOUZA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; QUEIROZ, A.C.; BERCHIELLI, T.T.; SALIBA, E.O.S.; CABRAL, L.S.; PINA, D.S.; LADEIRA, M.M.; AZEVEDO, J.A.G. Métodos para análises de alimentos - INCT – Ciência Animal. Editora UFV, p.214, 2012.

DONATO, P.E.R.; DONATO, S.L.R.; SILVA, J.A.; PIRES, A.J.V.; ROSA, R.C.C.; AQUINO, A.A. Nutrition and yield of ‘Gigante’ cactus pear cultivated with different spacings and organic fertilizer. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.20, n.12, p.1083-1088, 2016.

DONATO, P.E.R.; PIRES, A.J.V.; DONATO, S.C.R.; BONOMO, P.; SILVA, J.A.; AQUINO, A.A. Morfometria e rendimento da palma forrageira “Gigante” sob diferentes espaçamentos e doses de adubação orgânica. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.9, n.1, p.151-158, 2014.

FAO. Climate change, water and food security. **FAO water reportes**, v.36, p.174, 2011. FOTIUS, A.C.A.; FERREIRA, M.A.; BISPO, S.V.; VÉRAS, A.S.C.; SALLA, L.E.; CHAGAS, J. C. Behavior of sheep fed different sequences of ingredients in a spineless cactus (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck) based-diet. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.15, n.1, p.74-82, 2014.

GOMES, G.M.F.; CÂNDIDO, M. J. D.; LOPES, M.N.; MARANHÃO, T. D.; ANDRADE, D.R.; COSTA, J.F.M.; SILVEIRA, W. M.; Neiva, J.N.M. Chemical composition of cactus pear cladodes under different fertilization and harvesting managements. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.53, n.2, p.221-228, 2018.

LIMA, G.F.C.; REGO, M.M.T.; DANTA, F.D.G.; LÔBO, R.N.B.; SILVA, J.G.M.; AGUIAR, E.M. Morphological characteristics and forage productivity of irrigated cactus pear under different cutting intensities. **Revista Caatinga**, v.29, n.2, p.481-488, 2016.

MENDONÇA JÚNIOR, A.F.; BRAGA, A.P.; RODRIGUES; A. P.M.S.; SALES, L.E.M.; MESQUITA, H.C. Minerais: importância de uso na dieta de ruminantes. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.7, n.1, p.1-13, 2011.

MERTENS, D.R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.80, n.7, p.1463-1481, 1997.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids and New World Camelids. **National Academies Press**, 2007.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7.rev.ed. Washinton, D.C, p.381, 2001.

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

PINTO, M. S. C.; MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. S. B.; ANDRADE, A. P.; PIMENTA FILHO, E. C.; SILVA, I. F.; ANDRADE, M. V. M.; FIGUEREDO, M. V. Estimativa do peso da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*, Mill.) a partir de medidas dos cladódios. In: **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Anais...SBZ, v.1, p.54-64, 2002.

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.

ROCHA, J.E.S. Palma forrageira no nordeste do Brasil: estado da arte. (Documentos/Embrapa Caprinos e Ovinos, ISSN 1676-7659 ; 106); **Embrapa Caprinos e Ovinos**, CE, p.40, 2012.

SILVA, G.S.; OLIVEIRA, R.A.; QUEIROZ, N.L.; SILVA, M.N.B.; SOUSA, M. F.; SILVA, S.A. Desempenho agrônômico de algodão orgânico e oleaginoso consorciados com palma forrageira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.17, n.9, p.975–981, 2013.

SILVA, N.G.M.; SANTOS, M.V.F.; DUBEUX JÚNIOR, J.C.B.; CUNHA, M.V.; LIRA, M.A.; FERRAZ, I. Effects of planting density and organic fertilization doses on productive efficiency of cactus pear. **Revista Caatinga**, v.29, n.4, p.976-983, 2016.

SILVA, T.G.F.; ARAÚJO PRIMO, J.T.; DE MORAIS, J.E.F.; DINIZ, W.J.S.; SOUZA, C.A.A.; SILVA, M.C. Crescimento e produtividade de clones de palma forrageira no semiárido e relações com variáveis meteorológicas. **Revista Caatinga**, v.28, n.2, p.10-18, 2015.

SOUZA, C.M.S.; MEDEIROS, A.N.; FURTADO, D.A. Desempenho de ovelhas nativas em confinamento recebendo palma-forrageira na dieta na região do semiárido nordestino. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.5, p.1146-1153, 2010.

SOUZA, L.S.B.; MOURA, M.S.B.; SILVA, T.G.F.; SOARES, J.M.; CARMO, J.F.A.; BRANDÃO, E.O. Indicadores climáticos para o zoneamento agrícola da palma forrageira (*Opuntia* sp.). 3, Petrolina. **Anais... Embrapa Semiárido, Documentos**, 210, p. 23-28, 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5.ed. Artemed, p.954p, 2013.

TOSTO, M.S.L.; ARAÚJO, G.G.L.; OLIVEIRA, R.L.; JAEGER, S.M.P.L.; MENEZES, D.R.; DANTAS, F.R. Utilização de uréia no resíduo desidratado de vitivinícola associado à palma forrageira na alimentação de caprinos: consumo e digestibilidade de nutrientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.10, p.1890-1896, 2008.

WEISS, W. Energy prediction equations for ruminant. In: Cornell Nutrition Conference For Feed Manufacturers, 61, Ithaca. **Ithaca: Cornell University**.176-185. 1999.

IV - CAPÍTULO II

Características produtivas, fracionamento dos carboidratos e dos componentes nitrogenados da palma forrageira submetida a doses crescentes de adubo químico

RESUMO: O estudo foi desenvolvido com o propósito de avaliar a influência de doses crescentes de adubo químico sobre as características produtivas, fracionamento dos carboidratos e dos compostos nitrogenados de dois cultivares de palma forrageira. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados em esquema fatorial 2x4, sendo o primeiro fator constituído por 2 cultivares de palma forrageira Gigante e a Miúda, o segundo fator quatro doses crescentes de adubo químico: 0 (000-000-000); 631 (130-43-457); 947 (195-66-686) e 1262 (260-87-915) kg/ha⁻¹ adubo, com 5 repetições. Todas as características produtivas foram influenciadas pelas doses de adubo, apresentando efeito de interação. Para o fracionamento dos carboidratos verificou-se efeito de interação para as frações A + B1 e B2. Para o fracionamento dos compostos nitrogenados verificou-se efeito de interação para todas as frações. O cultivar Miúda apresentou teor de nitrogênio total (1,4%) superior ao cultivar Gigante (1,0%). Independente do cultivar, o adubo promove melhoria nas características produtivas e nas frações dos carboidratos e nos compostos nitrogenados da palma forrageira. Recomenda-se o cultivar Gigante aos 730 dias e a dose de adubo de 700 kg.ha⁻¹ (145 N - 48 P₂O₅ - 507 K₂O) por apresentar maiores índices produtivos.

Palavras chave: produção de água, produção de matéria seca, *Nopalea cochenilifera*, *Opuntia ficus-indica*.

Productive characteristics, fractionation of carbohydrates and nitrogenous components of forage palm submitted to increasing doses of chemical fertilizer

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the influence of increasing doses of chemical fertilizer on the productive characteristics, fractionation of carbohydrates and nitrogen compounds of two cultivars of forage palm. The experimental design was a randomized complete block design in a 2x4 factorial scheme, the first factor consisting of 2 cultivars of giant forage palm and small seedling, the second factor four increasing doses of chemical fertilizer: 0 (000-000-000); 631 (130-43-457); 947 (195-66-686) and 1262 (260-87- 915) kg / ha-1 fertilizer, with 5 replicates. All the productive characteristics were influenced by the doses of fertilizer, presenting interaction effect. For the fractionation of the carbohydrates, the interaction effect was verified for the fractions A + B1 and B2. For the fractionation of nitrogen compounds, interaction effect was observed for all fractions. The cultivar Miúda presented total nitrogen content (1.4%) higher than the cultivar Gigante (1.0%). Regardless of the cultivar, the fertilizer promotes improvement in the productive characteristics and fractions of the carbohydrates and in the nitrogen compounds of the forage palm. It is recommended the cultivar Gigante at 730 days and the dose of fertilizer of 700 kg.ha-1 (145 N - 48 P2O5 - 507 K2O) for presenting higher productive indexes.

Keywords: production of water, dry matter production, *Nopalea cochenilifera*, *Opuntia ficus- indica*.

Introdução

A Organização das Nações Unidas (ONU) para a alimentação e a agricultura reconhece o potencial da palma (*Opuntia ficus-indica* Mill e *Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) e sua importância para o desenvolvimento das regiões áridas e semiáridas, especialmente nos países em desenvolvimento, através da exploração econômica das várias espécies, com consequências sustentáveis para o meio ambiente e para segurança alimentar. Haja vista ser um vegetal que apresenta alta capacidade adaptativa em regiões áridas e semiáridas, tolerante a condições de altas temperaturas e solos diversos (FAO, 2011), a palma forrageira vem se destacando frente às constantes mudanças climáticas ocorridas no atual cenário produtivo (Silva, et.al., 2010). Sua utilização no semiárido brasileiro objetiva minimizar a ação da sazonalidade no processo produtivo, fornecendo energia e incrementando a biodisponibilidade de água coloidal para os animais.

Considerando que o teor médio de extração dos elementos minerais da palma forrageira obtidos por Donato et al. (2016), estima-se que para uma produtividade de 10 Mg.ha⁻¹ de MS, seriam exportados do solo para o vegetal a quantidade de 130, 19, 380, 300 e 110 kg.ha⁻¹ respectivamente para N, P, K, Ca e Mg, afirmando a importância de se conhecer as características físicas e químicas do solo e o papel da reposição de nutrientes, contribuindo assim para a manutenção da fertilidade do solo, e em consequência, melhoria em seu valor nutricional e obtenção de níveis produtivos desejados. O conhecimento dos componentes da palma forrageira por meio do fracionamento dos carboidratos e dos compostos nitrogenados possibilita o conhecimento das partes do alimento, identificando-se as principais potencialidades em sua utilização, viabilizando o desenvolvimento de estratégias alimentares que venham a potencializar seu aproveitamento, e em consequência, a elevação dos índices produtivos, a qual o sistema esteja inserido. A produção da palma forrageira, resultado dos processos de crescimento e desenvolvimento, pode ter suas características produtivas e nutricionais substancialmente melhoradas pelo uso de fertilizantes químicos.

O estudo foi desenvolvido com o propósito de avaliar a influência de doses crescentes de adubo químico sobre as características produtivas, fracionamento dos carboidratos e dos compostos nitrogenados de dois cultivares de palma (Gigante e Miúda).

Material e Métodos

O experimento a campo foi conduzido na Fazenda Bela Vista, localizada no município de Encruzilhada – Bahia, com coordenadas geográficas 15° 31' 53" S de latitude sul, 40° 34' 54" W longitude oeste, com altitude de 840 m, e teve duração de 730 dias, que englobou o período de 12 de junho de 2015 a 12 de junho de 2017.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados em esquema fatorial 2x4, sendo o primeiro fator constituído por 2 cultivares (palma Gigante (*Opuntia ficus-indica* (L.) P. Mill) e palma Miúda (*Nopalea cochenilifera* (L.) Salm-Dyck), e o segundo fator quatro doses crescentes de adubo químico. Os tratamentos consistiram em doses completas de N, P₂O₅ e K₂O, sendo o seguinte: sem adubo (000-000-000); 631 kg.ha⁻¹ (130-43-457); 947 kg.ha⁻¹ (195-66-686) e 1262 kg.ha⁻¹ (260-87-915) com 5 repetições. Foram utilizadas parcelas de 25 m² (5 x 5 m cada), totalizando uma área de 1000 m². O espaçamento utilizado foi de 1 m entre fileiras e 0,50 m entre plantas, mantendo-se a densidade populacional de 20.000 plantas ha⁻¹.

Foram coletadas amostras de solo e apresentou o seguinte resultado: pH = 5,0; P = 1,0 mg.dm³; K = 0,2 cmol.dm³; Ca = 1,6 cmol.dm³; Mg = 0,5 cmol.dm³; Al = 0,6 cmol.dm³; H = 3,6 cmol.dm³; V = 35%; Areia = 550 tfsa g/kg; Silte = 70 tfsa g/kg; Argila = 380 tfsa g/kg. A recomendação da calagem foi realizada através do método de saturação por bases, utilizando a saturação desejada igual a 70. Foi aplicado 2,5 t/ha de calcário dolomítico (95% PRNT) incorporado por meio de aração, 60 dias antes da implantação. Foi realizado também gradagem e abertura dos sulcos com profundidade média de 30 cm com auxílio do sulcador.

As mudas utilizadas apresentaram de 25 a 30 cm de comprimento e de 15 a 20 cm de largura para o cultivar Gigante, e de 20 a 25 cm de comprimento e entre 10 a 15 cm de largura para o cultivar Miúda, e foram cortadas na junção entre os cladódios com o auxílio de facão, permanecendo em local sombreado por 10 dias para cicatrização do corte e murchamento.

O plantio das mudas foi realizado no dia 12-06-2015, e os cladódios foram colocados na vertical sendo um terço enterrado. O controle das plantas indesejáveis foi realizado por meio de limpeza manual com o auxílio de enxadas, nas datas de 10-08-2015 e 12-12-2015, e o controle químico realizado em duas aplicações com herbicida (hexazinona nortox 25,0% m/v) nas datas de 05-03-2016 e 27-08-2016. Foram coletados dados no local do experimento de pluviosidade (mm), temperaturas mínimas e

máximas (Figura 1).

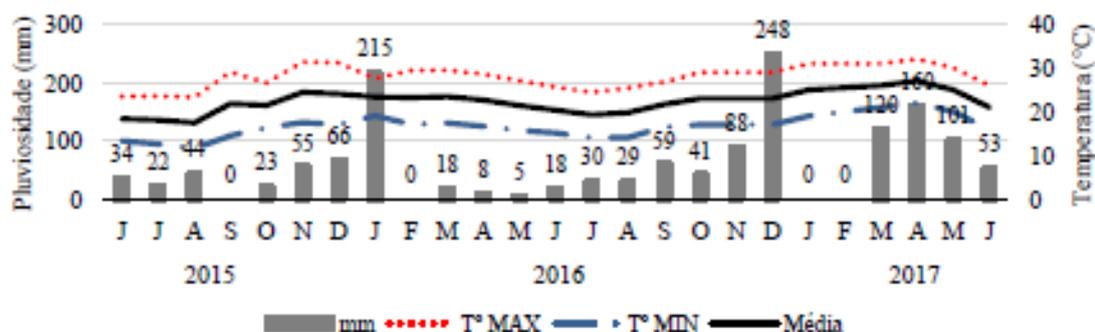


Figura 1 - Temperatura máxima, média, mínima (°C) e distribuição pluvial (mm) mensal durante o período experimental

Foram utilizados como fonte, adubo para suprir as recomendações em N-P₂O₅-K₂O a ureia, o superfosfato simples e o cloreto de potássio, respectivamente. A adubação foi dividida em três aplicações sendo a primeira, na implantação (12-06-2015), foi aplicado 50% do superfosfato simples e do cloreto de potássio, respectivo a cada tratamento, na segunda aplicação, 62 dias pós plantio (15-08-2015), os 50% restantes do superfosfato simples e do cloreto de potássio, e 50% da ureia recomendada a cada respectivo tratamento, e a terceira aplicação (14-10-2015), o 50% restante de ureia.

A produção de matéria verde por planta (kg/planta), produção de matéria verde por hectare (Mg.ha⁻¹), produção de matéria seca por planta (kg/planta), produção de matéria seca por hectare (Mg.ha⁻¹), produção de água (Mg.ha⁻¹), produção de nutrientes digestíveis totais (Mg.ha⁻¹), produção de PB (Mg.ha⁻¹) e carboidratos não fibrosos (Mg.ha⁻¹) foram calculados em função do teor do nutriente encontrado em sua composição bromatológica multiplicando-se pela produção da matéria seca (Mg.ha⁻¹).

A eficiência do uso do adubo (EFAD) expressa em kg MS.kg.ha⁻¹ de adubo foi determinado por meio da divisão da produção de matéria seca (kg.ha⁻¹) pela quantidade de adubo correspondente ao seu respectivo tratamento. Para determinação da eficiência do uso da chuva pelas plantas em kg de MS.mm⁻¹ de chuva, foi realizada pela divisão da produção de MS pela quantidade de chuva acumulada durante o ciclo produtivo (1437 mm).

Três plantas foram sorteadas, desconsiderando as em bordaduras para a determinação da composição nutricional. As amostras foram colhidas com o auxílio de

uma serra copo acoplada a furadeira à bateria, coletando cerca de 50 amostras de 25 g em cada tratamento, perfazendo um total de 1.250 g. As mesmas foram feitas de modo que todas as ordens de cladódios que seriam colhidos fossem amostradas. Posteriormente, secas em estufa de ventilação forçada a 55°C, até que o peso permanecesse constante. Em seguida foram moídas em moinho de facas tipo Willey com peneira de malha de 1 mm e armazenadas em potes plásticos devidamente identificados e submetidas às análises laboratoriais seguindo metodologias descritas por (Detmann et al., 2012). As frações de carboidratos foram obtidas como descrito a seguir: a porcentagem de carboidratos totais (CHT) foi determinada pela equação: $CHT = 100 - (PB+EE+MM)$. Os carboidratos fibrosos (CF) foram obtidos a partir da FDN corrigida para seu conteúdo de cinzas e proteínas (FDNcp); assim, as frações A+B1 que representa os carboidratos não fibrosos (CNF) foram estimados segundo a equação: $CNF = 100 - [MM+EE+FDNcp+PB]$ em que: CNF = teor de carboidratos não fibrosos; MM= teor de matéria mineral; PB= teor de proteína bruta; EE = teor de extrato etéreo; FDNcp = teor de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; e a fração C que corresponde a fibra em detergente neutro indigerível. A fração B2, que corresponde a fração disponível da fibra, foi obtida pela diferença entre a FDNcp e a fração C (fração indisponível – FDNi).

A determinação das frações de proteínas foi realizada da seguinte forma: fração A (compostos nitrogenados não-protéicos), obtida pelo método do ácido tricloroacético (TCA) (Detmann et al., 2012). A fração B3 (proteína de degradação lenta) foi determinada por meio da diferença entre o nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e o nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA). A fração C (proteína indegradável e indigerível) foi obtida pelo teor de NIDA, e as frações B1+B2 (proteína verdadeira de degradação rápida e intermediária, respectivamente), foram obtidas pela diferença entre as frações A, B3 e C, de acordo com a equação: $B1+B2 = 100 - [NNP+(NIDN-NIDA)+NIDA]$.

Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Para a produção de matéria verde expressas em kg.planta^{-1} e Mg.ha^{-1} a interação foi significativa ($P < 0,05$) entre os cultivares e as doses de adubo (Tabela 1). Apresentou comportamento quadrático ($P < 0,05$) para os dois cultivares, com ponto máximo de $10,2 \text{ kg.planta}^{-1}$ com 724 kg.ha^{-1} de adubo para o cultivar Gigante e $6,5 \text{ kg.planta}^{-1}$ com 559 kg.ha^{-1} de adubo para o cultivar Miúda (Figura 2). Também foi observado efeito quadrático ($P < 0,05$) para a produção de matéria verde expressa em Mg.ha^{-1} para os dois cultivares. O cultivar Gigante apresentou ponto máxima de $204,4 \text{ Mg.ha}^{-1}$ com 724 kg.ha^{-1} de adubo. O cultivar Miúda ponto máximo de $130,0 \text{ Mg.ha}^{-1}$ com 559 kg.ha^{-1} de adubo (Figura 2).

Para a produção de matéria seca expressas em kg.planta^{-1} e Mg.ha^{-1} a interação foi significativa ($P < 0,05$) entre os cultivares e as doses de adubo (Tabela 1). O fornecimento de adubo possibilitou acréscimos na produtividade até certo ponto. Como a produção de matéria seca expressas em kg.planta^{-1} e Mg.ha^{-1} estão diretamente correlacionadas, observou-se efeito quadrático ($P < 0,05$) para os dois cultivares (Figura 2).

O cultivar gigante apresentou ponto máximo para produção de matéria seca de $0,938 \text{ kg.planta}^{-1}$ e $18,7 \text{ Mg.ha}^{-1}$ com 702 kg.ha^{-1} de adubo (Figura 2). Para o cultivar Miúda se verificou ponto máximo de produção de matéria seca de $0,630 \text{ kg.planta}^{-1}$ e $12,2 \text{ Mg.ha}^{-1}$ com 415 kg.ha^{-1} de adubo (Figura 2).

A palma forrageira pode apresentar variação em seu metabolismo fotossintético (MAC facultativa), seu comportamento pode ser modulado pelas condições ambientais e pelas características das plantas (idade da planta e do tecido e seu grau de suculência). O principal modulador dessa característica e a disponibilidade hídrica (Rodrigues et al., 2013), plantas da palma forrageira inclinam os cladódios jovens, como o nastismo, em dias com condições meteorológicas favoráveis (precipitação, alta UR do ar, nebulosidade), sinalizando que os cladódios jovens estão metabolizando como C3 durante a fase 3 da fotossíntese MAC, estando com os estômatos abertos, atuando a fosfoenolpiruvatocarboxilase (PEPCase) e a rubulose/oxigenase (Rubisco) simultaneamente, contribuindo assim para o ganho líquido de carbono e acúmulo de reserva.

Tabela 1 - Características de produção e eficiências avaliadas aos 730 dias após o plantio em cultivares de palma forrageira submetida a doses crescentes de adubação

Variável	Cultivar		Adubo N-P ₂ O ₅ -K ₂ O (kg.ha ⁻¹)				Valor de P		
	G	M	0	631	947	1262	Cultivar	Adubo	Cul x Ad
PMV (kg planta)	6,6	5,4	2,7	7,3	8,8	5,0	0,0000	0,0000	0,0000
PMV (Mg.ha ⁻¹)	132,7	108,8	70,2	147,2	177,5	88,1	0,0000	0,0000	0,0000
PMS (kg planta)	0,59	0,51	0,37	0,68	0,79	0,36	0,0013	0,0000	0,0000
PMS (Mg.ha ⁻¹)	11,9	10,2	5,5	13,6	15,8	9,6	0,0013	0,0000	0,0000
PAG (Mg.ha ⁻¹)	120,8	98,5	51,1	133,5	161,7	92,3	0,0000	0,0000	0,0000
PNDT (Mg.ha ⁻¹)	9,6	8,5	4,1	11,2	12,9	7,9	0,0090	0,0000	0,0000
PPB (kg.ha ⁻¹)	789,0	943,2	0,4	0,9	0,12	0,7	0,0009	0,0000	0,0000
PCNF (Mg.ha ⁻¹)	6,5	5,5	2,5	7,8	8,5	5,2	0,0008	0,0000	0,0000
EFAD (kg MS.kg adubo ⁻¹)	13,3	8,7	0,0	21,6	16,6	7,6	0,0000	0,0000	0,0000
EFC (kg MS.mm ⁻¹ chuva)	8,2	7,1	3,3	9,4	10,9	6,7	0,0013	0,0000	0,0000

G = cultivar Gigante; M = cultivar Miúda; Cul = cultivar; Adu = Adubo; C x A = interação cultivar adubo; PMV = produção de matéria verde; PMS = produção de matéria seca; PAG = produção de água; PNDT = produção de nutrientes digestíveis totais; PPB = produção de proteína bruta; PCNF = produção de carboidratos não fibrosos; EFAD = eficiência na utilização do adubo; EFC = eficiência na utilização da água da chuva.

Na condução do experimento foi possível observar visualmente a inclinação dos cladódios jovens nos dois cultivares, todavia, com maior evidência para o cultivar Miúda, que apresentou 14,3 cladódios (Tabela 2) a mais quando comparado ao cultivar Gigante. No decorrer do ciclo experimental, sucederam-se dois períodos de inverno e um de verão, no qual, durante o período de inverno foi observado visualmente alto índice de nebulosidade associada a temperatura amena (12°C). Amorim et al. (2017), avaliando a fenologia da palma forrageira submetida à irrigação, observaram que, existindo disponibilidade de água no solo, o incremento na produtividade foi maior durante os meses que apresentaram temperatura média superior a 28,6 °C.

Observa-se nos resultados da análise de solo deficiência de nutrientes minerais, principalmente no que se referem ao elemento P, que está diretamente envolvido em funções essenciais do metabolismo celular, atuando na síntese de metabólitos e moléculas complexas como o DNA, RNA e fosfolipídeos, na cadeia de transporte de elétrons, reações enzimáticas e processos metabólicos, como respiração e fotossíntese (Alves et al.,1996). De acordo com Tomé Jr. (1997), valores inferiores á 1ppm de P no solo sob condições de estado constante torna-se limitante para o desenvolvimento vegetal, o nutriente presente em menor quantidade (concentração próxima à mínima necessária) tende a ter efeito limitante sobre a planta, sua escassez causa estresse

nutricional impactando no transporte e redistribuição de nutrientes que ocorrem predominantemente no floema.

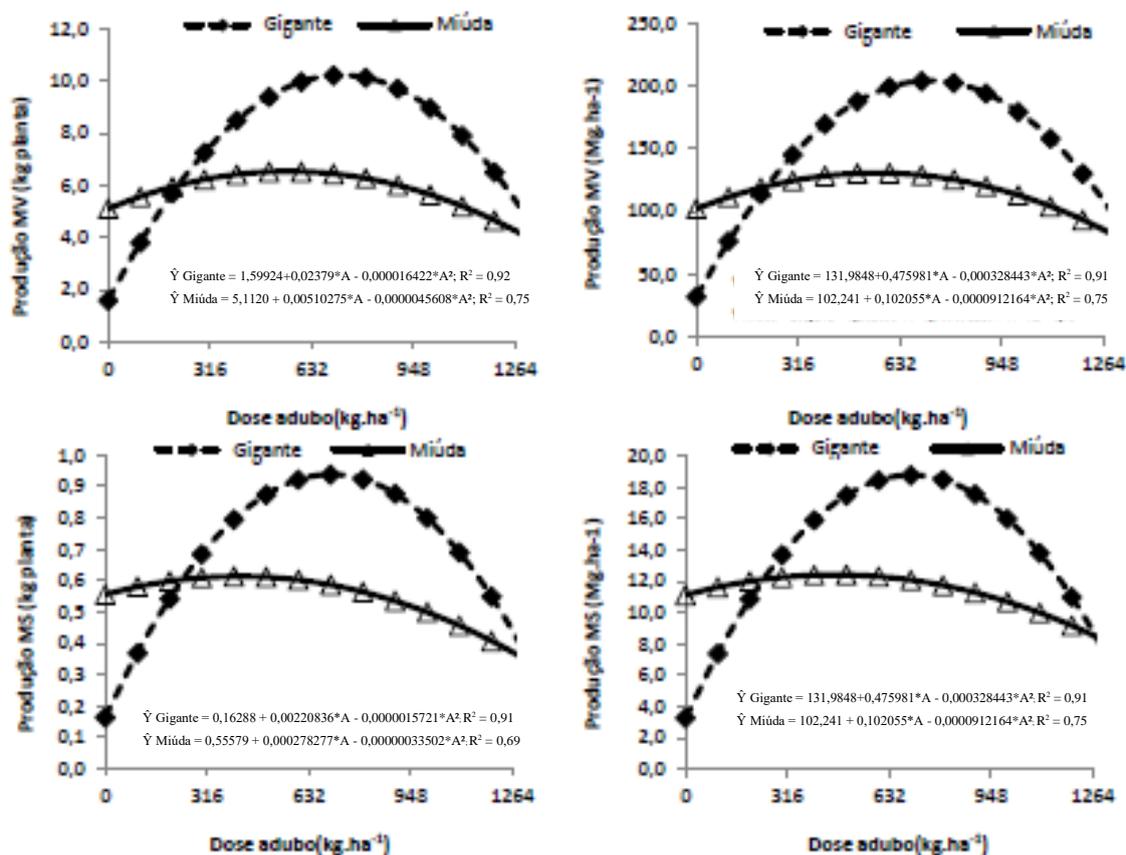


Figura 2 - Desdobramento das interações e suas respectivas equações de regressão para produção de matéria verde (kg planta e Mg.ha⁻¹) e produção de matéria seca (kg planta e Mg.ha⁻¹) avaliados aos 730 dias após o plantio em cultivares de palma forrageira submetidos a doses crescentes de adubo

Para o cultivar Miúda, na ausência de adubo, apresentou melhores índices produtivos (MV e MS) quando comparado ao cultivar gigante, possivelmente por ter sido observado visualmente maior número de cladódios jovens para o cultivar Miúda, e as condições climáticas estavam apresentando-se favoráveis para que os cladódios metabolizassem com C3, que apresenta maior eficiência quanto à assimilação dos carboidratos, e isso pode ter contribuído para o aumento na produtividade.

Na medida em que foi aplicado o adubo ao solo, ocorreu o aumento na produtividade até certo limite. Esse aumento na produtividade pode estar correlacionado com maior aporte de minerais fornecido pelo adubo. Possivelmente, quando se ultrapassa o limite máximo de adubo estabelecido pelas equações para cada cultivar, pode ter desencadeado efeito tóxico ao vegetal, ocorrendo a ativação de mecanismos e

controles fisiológicos, tentando contornar como estratégia de sobrevivência. A partir do momento em que se ocorre a saturação dos nutrientes internamente nas células vegetais, ocorre a ativação do transporte por meio da bomba de prótons, ocorrendo o translocamento do meio intra para o extracelular. Durante esse transporte ocorre gasto energético (ATP), que de certa forma contribui para a redução do nutriente tóxico no vegetal. A depender da severidade da toxidez, o vegetal pode ter seu ciclo vegetativo afetado, com impactos produtivos irreversíveis, podendo levar o vegetal senescer, justificando com isso a menor produtividade observada no cultivar Miúda quando se aplicou a dose máxima de adubo (Figura 2). Enquanto no tratamento sem adubo, por mais que a fertilidade do solo seja baixa, o vegetal continuou se desenvolvendo, emitindo cladódios jovens, que possivelmente metabolizaram como C3, contribuindo para o aumento em seu ganho líquido e conseqüentemente, aumento em sua produtividade.

Apesar de possuírem baixa mobilidade no solo, elementos como P e K possuem alta mobilidade no vegetal, determinando o grau de transporte e redistribuição de nutrientes. Em doses superiores ao ponto máxima atingido em cada cultivar, o fornecimento de minerais (N- P-K) aplicados via adubo, pode ter ocasionado efeito de antagonismo, no qual a presença de um elemento em excesso diminui, ou até mesmo inibe a absorção do outro (Malavolta, 2006). A maior disponibilidade de minerais no solo aumentou a absorção desse nutriente pelas raízes em níveis que provavelmente excederam a capacidade da planta para metabolizar os nutrientes (Taiz & Zeiger, 2013). Avaliando características produtivas de três genótipos de palma forrageira (Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.), IPA 20 (*Opuntia ficus indica* (Mill.)) e a palma Miúda, colhidas aos 580 dias após o plantio e submetidas a irrigação por gotejamento, Rocha et al. (2017) observaram produtividades de MS para plantas do gênero *Opuntia* (Orelha Mexicana: 91,7 Mg.ha⁻¹. IPA: 52,0 Mg.ha⁻¹) superior quando comparadas às plantas do gênero *Nopalea* (Miúda: 46,0 Mg.ha⁻¹).

Vale salientar que a densidade populacional foi de 50.000 mil plantas.ha⁻¹, a água total (chuva + irrigação) que entrou no sistema foi de 738,5 mm e os mesmos fracionaram o adubo ao longo do ciclo (19 meses) mensalmente, sendo aplicados a quantidade total de 144 kg.ha⁻¹ de adubo (30 N - 14 P₂O₅ - 100 K₂O), totalizando 570 N - 266 P₂O₅ - 1900 K₂O (2736 kg.ha⁻¹). No presente estudo, o adubo total respectivo a cada tratamento foi fracionado em apenas duas vezes, no tratamento com a dosagem máxima de adubo (1264 kg.ha⁻¹), foi adicionado ao solo a quantidade de 632 kg.ha⁻¹ de

adubo por aplicação, que, possivelmente, pode ter causado danos (toxidez) ao vegetal, principalmente pelo fato das aplicações terem ocorrido na primeira fase do seu desenvolvimento vegetativo (150 dias), considerada como fase de pegamento das mudas.

Para o desenvolvimento do sistema radicular, a palma forrageira inicialmente utiliza-se dos carboidratos de reserva presente no cladódio. À medida que os carboidratos de reserva são consumidos, começa-se a depender das raízes e de seu metabolismo fotossintético para seu suprimento (Silva et al., 2016), o excesso na quantidade de adubo, na primeira fase de desenvolvimento da palma forrageira, possivelmente pode ter ocasionado efeito tóxico ao vegetal, reduzindo com isso a taxa de aparecimento radicular, que nessa primeira fase, é a principal fonte de dreno dos carboidratos de reserva do cladódio muda, podendo com isso ocasionar danos que impactarão em seu ciclo vegetativo.

A produção de água expressa em $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Tabela 1) apresentou efeito quadrático ($P < 0,05$) para os dois cultivares. Se verificou ponto máxima de $185 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ água com $726 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de adubo para o cultivar Gigante. O cultivar Miúda apresentou ponto máximo de $118 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de água com $570 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de adubo (Figura 3). De acordo com Silva et al. (2013), as adubações condicionam melhor crescimento das plantas e favoreceram o surgimento de cladódios, e é provável que esses cladódios apresentem menores proporções de tecidos estruturais. Além disso, o período de colheita foi realizado no mês de junho de 2017, que precedeu três meses no qual a somatória da precipitação pluviométrica totalizou 434 mm, proporcionando crescimento ativo com aparecimento de novos cladódios, contribuindo para o aumento no teor de água dentro do vegetal. Haja vista ser o parênquima, um órgão composto por células esbranquiçadas que ocupam a parte central do cladódio, e tem função de armazenamento de água para o suprimento aos demais órgãos, quanto maior a quantidade de água armazenada dentro do cladódio maior será sua espessura do cladódio, fato visualmente observado no presente estudo. Silva et. al. (2014), ao avaliar três cultivares de palma forrageira, *Nopalea* (IPA e Miúda) e uma *Opuntia* (Gigante), observou que plantas do subgênero *Opuntia* foram superiores 25,26% em produção de água quando comparado aos da *Nopalea*. Fato também observado no presente estudo, considerando os pontos máximos de produção, o cultivar Gigante foi superior em 32,6% quando comparado ao cultivar Miúda. Outro fato a ser observado, é a contribuição que a água coloidal, ou seja, água oriunda do alimento tem no suprimento da demanda hídrica dos animais de produção,

contribuindo assim na diminuição da ingestão de água oriunda da bebida, viabilizando estratégias alimentares que venham a potencializar a utilização de recursos hídricos basais, principalmente em regiões pelas quais passam por períodos de déficit hídricos. Esse aporte de água é de fundamental importância, podendo em certos casos até pleitear a sobrevivência dos animais, além de reduzir custos operacionais relativos ao suprimento hídrico dos empreendimentos rurais.

No desdobramento das interações ($P < 0,05$) respectivo a produtividade de NDT observou-se comportamento quadrático ($P < 0,05$) para os dois cultivares. O cultivar Gigante obteve ponto de máxima de $15,3 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ NDT com $700 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de adubo. Para o cultivar Miúda o ponto máximo foi de $10,2 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ NDT com $403 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de adubo (Figura 3). Fazendo-se uma analogia, a produção média de milho grão no Brasil é de $8,460 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de matéria natural (Conab, 2018), estimando-se que o milho tenha 85% de MS e 88% de NDT (NRC, 2007), a produção total de NDT seria de $6,328 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$, produtividade essa inferior a produtividade média ($9,0 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ NDT) encontrada no presente estudo. Vale salientar que a cultura do milho está mais susceptível a variações climáticas quando comparadas a cultura da palma forrageira, variações essas comumente encontradas em regiões áridas e semiáridas.

A produção de proteína bruta $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ está diretamente correlacionada com a produção de MS ($\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$) e o teor de PB encontrado na sua composição. Verificou-se efeito quadrático ($P < 0,05$) para os dois cultivares, ajustando modelo com ponto de máxima de $1,1 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ PB com $745 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de adubo para o cultivar Gigante, e ponto de máxima de $1,1 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ com $510 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de adubo para o cultivar Miúda (Figura 3). Possivelmente, em doses de adubo superiores as ajustadas pelas equações de regressão, podem interferir de forma negativa na sua produtividade. A partir do momento em que o soluto é absorvido pelo vegetal através das raízes ele é transportado pelo xilema através do fluxo de massa, desencadeado pelo gradiente de pressão. Quando a concentração de íons de NH_3 e NO_3 é elevada no solo, que normalmente ocorre após fertilização química com ureia, sua absorção pelas raízes pode exceder a capacidade de acúmulo ocorrendo uma translocação para os tecidos vegetais superiores, e sendo rapidamente acumulada nos vacúolos, tentando reduzir seu efeito tóxico nas membranas e o citosol. Quando esse limite ultrapassa sua capacidade de acúmulo nos vacúolos, começam a provocar danos na membrana celular e toxidez (Taiz & Zeiger, 2013).

A produção de carboidratos não fibrosos ($\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$) variou em função das doses de adubo aplicada ao solo de forma quadrática ($P < 0,05$), para os dois cultivares

estudados, o modelo ajustado estima para o cultivar Gigante ponto de máxima $10,8\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ CNF com aplicação de $686\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de adubo. O cultivar Miúda apresentou ponto de máxima de $6,8\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ CNF com aplicação de $349\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de adubo (Figura 3). Ribeiro et al. (2010) avaliando a composição dos carboidratos no cultivar Gigante, observaram a presença de sacarose, frutose, glicose, arabinose, xilose, galactose, carboidratos esses que contribuem diretamente no aporte energético para os animais de produção.

As variáveis produção de NDT, PB e CNF expressas em $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ estão diretamente correlacionadas com a produção de MS ($\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$), se observou que, quando ocorreu efeito significativo ($P<0,05$) para a variável produção de MS, as demais variáveis em questão acompanharam sua tendência. De maneira geral a utilização do adubo aumentou a disponibilidade do nutriente no solo, contribuindo para maior absorção pela planta, existindo um limite máximo, estabelecido pelas equações de regressão.

Para a eficiência da utilização do adubo verificou-se efeito significativo para a interação ($P<0,05$) (Tabela 1), em que apresentou efeito quadrático ($P<0,05$) para os dois cultivares, com modelo ajustado indicando pontos máximas de 25,8 e 24,0 kg MS.kg adubo⁻¹ com a aplicação de 670 e 689 kg.ha⁻¹ de adubo, respectivo cultivar Gigante e Miúda (Figura 3).

O cultivar Gigante ($13,3\text{kg MS}\cdot\text{mm}$) foi superior ($P<0,05$) ao cultivar Miúda ($8,7\text{kg MS}\cdot\text{mm}$) para eficiência de utilização da água da chuva. Verificou-se efeito significativo ($P<0,05$) para a interação (Tabela 1), em que observou-se efeito quadrático ($P<0,05$) para os dois cultivares, com modelo ajustado indicando pontos máximas de 13,0 e 9,3 kg MS.kg⁻¹ com a aplicação de 702 e 415 kg.ha⁻¹ de adubo, respectivo cultivar Gigante e Miúda (Figura 3). Ramos et. al. (2017) obtiveram $28,0\text{kg MS}\cdot\text{mm}^{-1}$ de chuva para o cultivar Palmepa – PB01 (*Nopalea cochenillifera* SalmDyck), a maior eficiência foi observada durante o período experimental ter sido 366,6 mm, todavia, sua produção total de matéria verde foi de apenas de $10,2\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$, quanto menor for a relação chuva/produção maior será sua eficiência de utilização da chuva.

De maneira geral, o cultivar Gigante apresentou percentual de carboidratos totais (73,4%) superior ($P<0,05$) ao cultivar Miúda (71,6%) (Tabela 2). Para a fração A + B1 que são representadas pelos carboidratos solúveis e não fibrosos de rápida degradação ruminal o cultivar Miúda destacou-se ($P<0,05$) com 69,9% (Tabela 2). O cultivar gigante apresentou a maior concentração ($P<0,05$) da fração B2 23,2%, que é representada pela fração potencialmente digestível, entretanto de menor velocidade.

Para a fração indigestível do carboidrato (C) o cultivar miúda foi superior ($P < 0,05$), apresentando 10,8% C. (Tabela 4).

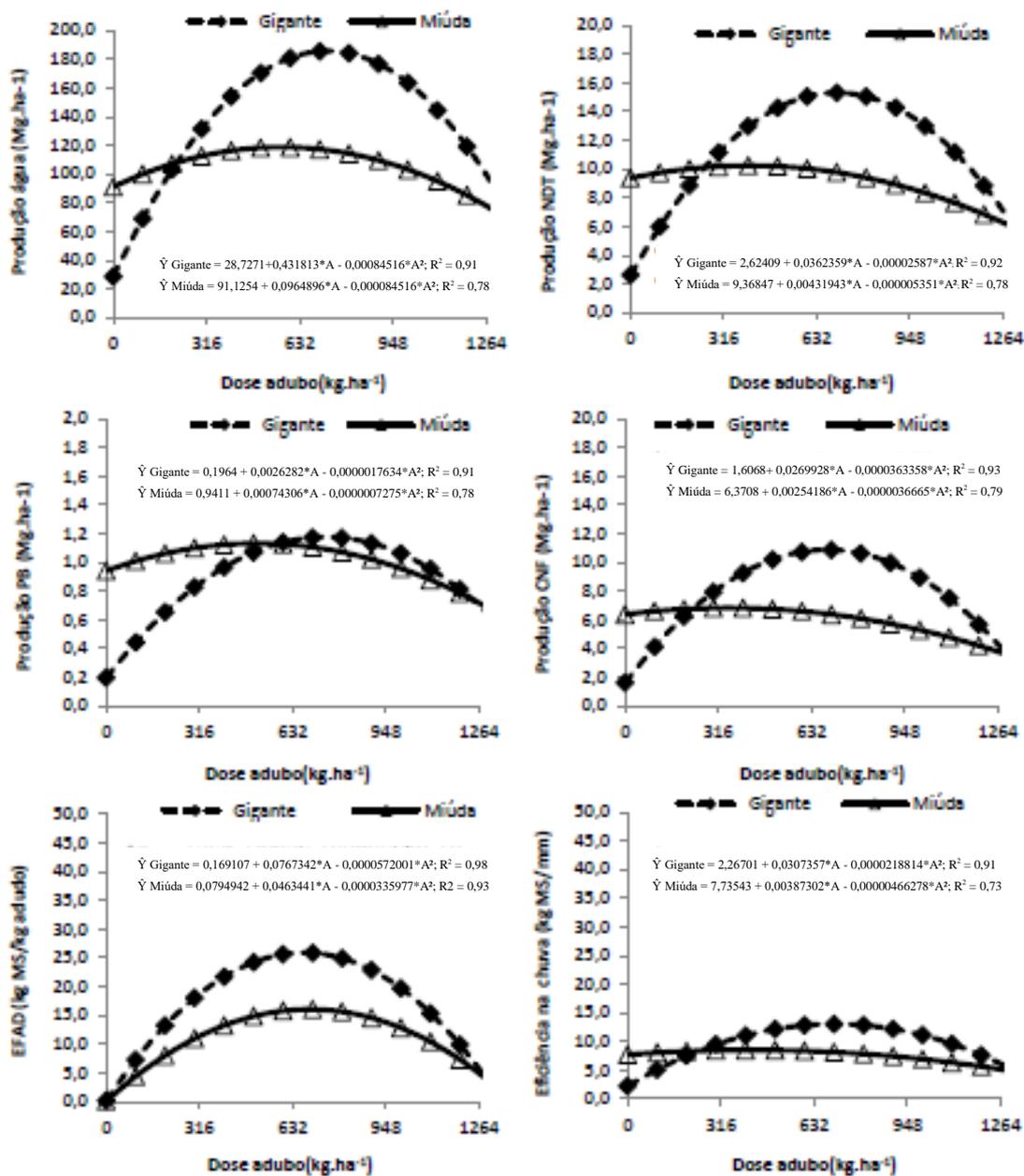


Figura 3 - Desdobramento das interações e suas respectivas equações de regressão para produção de água, produção de nutrientes digestíveis totais (NDT), produção de proteína bruta (PB) e produção de carboidratos não fibrosos (CNF) expressos em Mg.ha⁻¹, eficiência na utilização do adubo (kg MS.kg adubo⁻¹) e eficiência na utilização da chuva (kg MS.mm⁻¹) avaliados aos 730 dias após o plantio em cultivares de palma forrageira submetidos a doses crescentes de adubo

Para o teor de carboidratos totais verificou-se efeito de interação ($P < 0,05$) entre os cultivares e as doses de adubo (Tabela 2). O cultivar gigante apresentou efeito linear

crecente ($P < 0,05$), para cada kg de adubo acrescido ocorreu uma elevação de 0,009 pontos, que correspondeu a acréscimo total de 1,61% no teor de carboidratos totais (Figura 4). Para o cultivar Miúda observou-se efeito quadrático ($P < 0,05$), apresentando ponto de máxima de 54,9% com a aplicação de 492 kg.ha⁻¹ de adubo (Figura 4), possivelmente doses superiores promoveram efeito tóxico na palma forrageira, ocasionando decréscimo.

Ao avaliar as frações A + B1 e B2 dos carboidratos observou-se efeito significativo ($P < 0,05$) para a interação (Tabela 2). O cultivar Gigante apresentou efeito linear decrescente ($P < 0,05$), em que, para cada kg de adubo acrescido ocorreu decréscimo de 0,00068 pontos percentuais, que representou em uma redução total de 1,15% no teor de A + B1, e ponto de máxima de 80,77% A + B1 com 943 kg.ha⁻¹ de adubo para o cultivar Miúda. Para a fração B2 verificou-se efeito quadrático ($P < 0,05$) para o cultivar Gigante, apresentando ponto mínimo de 15,7% B2 com 681 kg.ha⁻¹ de adubo. As doses de adubo alteraram ($P > 0,05$) nas frações digestível e potencialmente digestível, para o cultivar Miúda, apresentando média 13,8% para a fração B2 (Figura 4).

Tabela 2 - Fracionamento dos carboidratos e das proteínas avaliada aos 730 dias após o plantio em cultivares de palma forrageira submetida a doses crescentes de adubação

Variável	Cultivar		Adubo N-P ₂ O ₅ -K ₂ O (kg.ha ⁻¹)				Valor de P		
	G	M	0	631	947	1262	Cul	Adub.	CxA
Frações dos carboidratos									
CT ¹	73,4	71,6	71,9	75,8	73,1	69,4	0,0002	0,0000	0,0000
A+B1 ²	67,3	69,9	66,4	71,9	68,7	67,5	0,0000	0,0018	0,0000
B2 ²	23,2	19,2	25,2	18,1	21,8	19,6	0,0000	0,0078	0,0001
C ²	9,8	10,8	8,2	9,8	9,4	12,7	0,0000	0,0000	0,3546
Frações da proteína									
NT ¹	1,0	1,4	1,1	1,2	1,3	1,3	0,0000	0,0000	0,0005
A ³	36,8	34,2	32,7	34,2	34,6	40,6	0,0000	0,0000	0,0000
B1+B2 ³	43,5	50,2	45,6	48,6	49,4	43,7	0,0000	0,0000	0,0000
B3 ³	10,4	9,1	12,7	8,6	7,5	10,3	0,0000	0,0000	0,0000
C ³	9,2	6,4	9,0	8,5	8,4	5,3	0,0000	0,0000	0,0000

¹; percentual na matéria seca; ²Percentual dos carboidratos totais; ³ Percentual do nitrogênio total. G = cultivar Gigante; M = cultivar Miúda; Cul = cultivar; Adu = Adubo; C x A = interação cultivar adubo; CT = carboidratos totais; NT = nitrogênio total.

Segundo Habibi et al. (2004), a palma forrageira é rica em carboidratos, principalmente de polissacarídeos pécnicos, que são de rápida fermentação ruminal,

contribuindo assim para o maior aporte energético para os animais. Melo et. al. (2003) mencionam a fração A + B1 é de fundamental importância na nutrição animal, pois favorece ao ambiente ruminal substrato para a fermentação, principalmente quando se trata de bovinocultura leiteira, no qual sua digestão potencializa a produção de acetato, contribuindo para o aumento no teor de sólidos no leite, o mesmo autor observou que no cultivar gigante apresentou 53,2% na fração A + B1. O aumento no teor de nitrogênio acarreta diminuição no teor de carboidratos fibrosos da parede celular das gramíneas. Acredita-se que o mesmo ocorra com a palma forrageira, à medida que se forneceu adubo elevou-se o percentual de nitrogênio no vegetal, ocorrendo um decréscimo nas frações dos carboidratos.

A fração C apresentou efeito não significativo ($P < 0,05$) para a interação (Tabela 2). Independente do cultivar, o adubo proporcionou efeito linear crescente ($P < 0,05$) no percentual da fração C, para cada kg de adubo acrescido ocorreu a elevação de 0,003 pontos, que representou uma elevação total de 32,2%, passando de 8,0 (0 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de adubo) para 11,8 % (1264 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de adubo) (Figura 4).

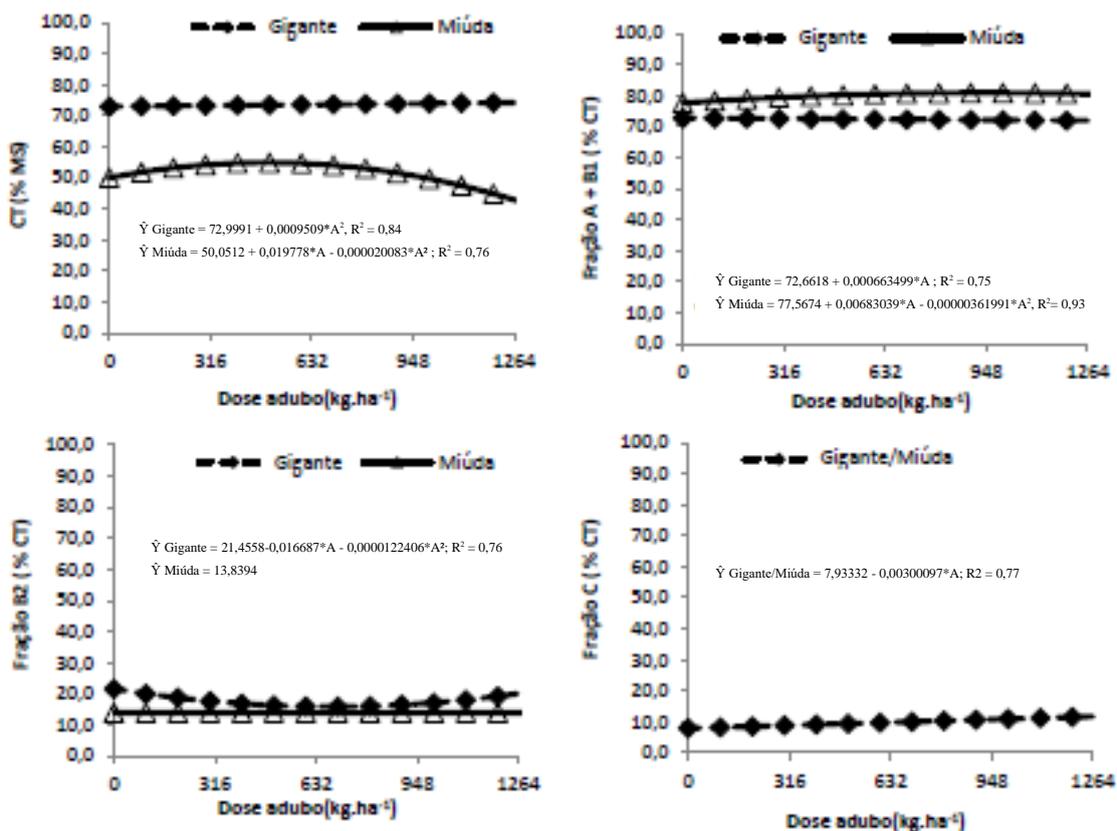


Figura 4 - Desdobramento das interações e suas respectivas equações de regressão para carboidratos totais (CT), frações A + B1, B2 e C dos carboidratos avaliados aos 730 dias após o plantio em cultivares de palma forrageira submetidos a doses crescentes de adubo

Em todos os tratamentos estudados, o cultivar Miúda (1,4%) apresentou percentual nitrogênio total (NT) superior ($P < 0,05$) ao cultivar Gigante (1,0%) (Tabela 2). Para a fração A, que representa o nitrogênio não proteico, de solubilidade instantânea no rumem, o cultivar Gigante destacou-se ($P < 0,05$) com 36,8% (Tabela 2). O cultivar Miúda apresentou a maior concentração ($P < 0,05$) da fração B1 + B2 50,2% (Tabela 2), que é representada pela fração digestível com alta taxa de degradação ruminal. Para a fração B3, potencialmente digestível, entretanto, apresenta baixa taxa de degradação ruminal o cultivar Gigante (10,4%), que foi superior ($P < 0,05$) ao cultivar Miúda (9,15%). A fração C que representa a fração indisponível do nitrogênio, que está ligado a parede FDA foi maior ($P < 0,05$) para o cultivar Gigante (9,2%) (Tabela 2).

Para o percentual de nitrogênio total, foi observado efeito de interação ($P < 0,05$) entre os cultivares e o adubo (Tabela 2). No estudo da regressão referente às doses de adubo, os dois cultivares estudados verificou-se efeito quadrático ($P < 0,05$). O cultivar Gigante apresentou ponto de máxima de 0,9% de NT com 284 kg.ha⁻¹ de adubo (Figura 5). O cultivar Miúda apresentou ponto de máxima 1,1% NT com a aplicação de 1130 kg.ha⁻¹ de adubo (Figura 5). Em geral o cultivar Miúda apresenta maior teor de PB quando comparado ao cultivar Gigante, isso se deve provavelmente à maior emissão de cladódios jovens.

Para as frações A (NNP), B1 + B2, B3 e C a interação foi significativa ($P < 0,05$) (Tabela 2). No estudo da regressão referente aos níveis de adubo, a fração A (NNP), de solubilidade instantânea no rumem, apresentou para o cultivar Miúda efeito linear crescente ($P < 0,05$), estimando-se que para cada kg de adubo acrescido de adubo ocorre um aumento de 0,0029 pontos, que representou em uma elevação total de 10,3% no percentual da fração A (Figura 5). O cultivar Gigante apresentou efeito quadrático ($P < 0,05$), no qual verificou-se ponto de máxima de 31,6% com a aplicação de 340kg.ha⁻¹ de adubo (Figura 5). No desdobramento da interação respectivo a fração B1 + B2, que é a fração da proteína verdadeira de rápida e intermediária degradação ruminal o adubo proporcionou acréscimo, ajustando modelo quadrático ($P < 0,05$) para os dois cultivares (Figura 9), no qual apresentaram pontos de máxima 43,0 e 52% com 413 e 807 kg.ha⁻¹ de adubo, respectivamente cultivar Gigante e Miúda (Figura 5).

A fração da proteína disponível (B3), entretanto de lenta degradação ruminal, apresentou comportamento quadrático ($P < 0,05$) para os dois cultivares. Nos quais foram verificados pontos de mínima 9,2 e 6,4% com 557 e 846 kg.ha⁻¹ de adubo, respectivamente para o cultivar Gigante e Miúda (Figura 5). O adubo não provocou

alteração ($P>0,05$) na fração C do cultivar Miúda, expressando média de 7,83%. Para o cultivar Gigante, o efeito foi linear decrescente ($P<0,05$). Para cada kg de adubo acrescido ao solo ocorreu um decréscimo de 0,0031 pontos, que representou uma redução total de 34,4% no teor da fração C (Figura 5).

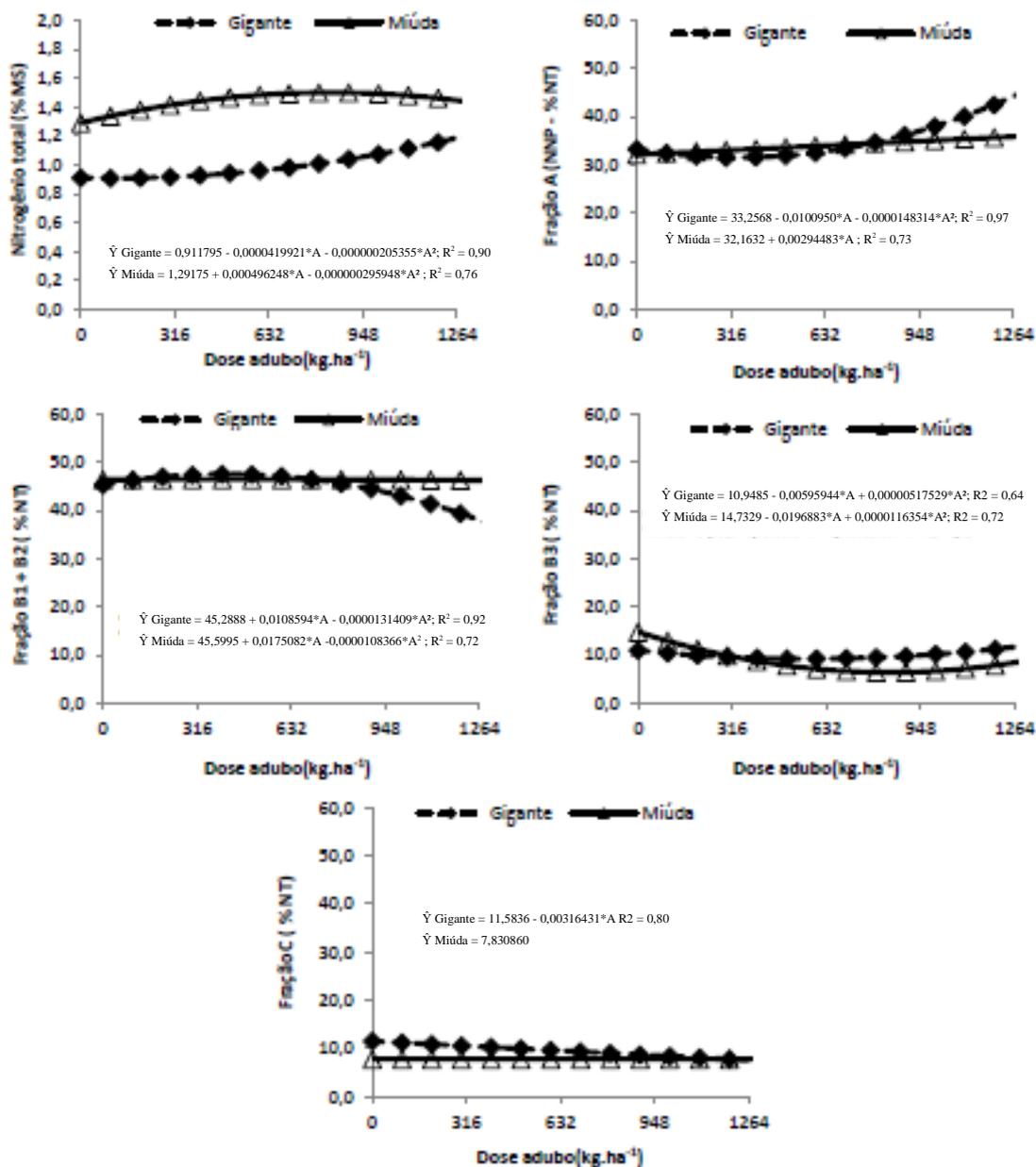


Figura 5 - Desdobramento das interações e suas respectivas equações de regressão para as frações A, B1 + B2, B3 e C do nitrogênio avaliado aos 730 dias após o plantio em cultivares de palma forrageira submetidos a doses crescentes de adubo

Observou-se que na média, o cultivar Gigante apresentou 80,3% da sua proteína

embutidas nas frações de real aproveitamento pelo animal (A, B1 + B2) e 10,4% na fração B3 potencialmente digestível. O cultivar Miúda apresentou 84,4% (A, B1 + B2) e 9,1% na fração B3. As doses de adubo aplicadas ao solo apresentaram relação direta no teor de nitrogênio na palma forrageira aumentando com isso as frações de nitrogênio não proteico e de proteína verdadeira, melhorando consigo o valor nutricional do alimento, conseqüentemente, melhor aproveitamento pelo animal. Com a redução na fração C (indigestível), que é representada pela proteína ligada á parede da FDA (NIDA), obrigatoriamente ocasiona elevação das outras frações, que do ponto de vista nutricional é interessante. Apesar da palma forrageira não ser considerada um alimento proteico, observa-se que seu perfil proteico possui características interessantes para sua utilização, não só na alimentação de animais de produção (Carvalho et al., 2012; Santos & Grangeiro, 2012), mas também na alimentação humana, como já se é explorada em diversos países (FAO, 2006).

Com o conhecimento das partes do alimento quanto às frações dos carboidratos e de seus compostos nitrogenados, podemos observar que, de maneira geral, ao somarmos as frações digestíveis (A+B1 + B2) (de maior e menor velocidade) dos carboidratos, verificamos que os dois possuem similaridade, apresentando médias de 90,5 e 89,1% (A + B1 + B2), respectivamente cultivar Gigante e Miúda. Já para as frações dos compostos nitrogenados, o cultivar miúda apresentou média de 93,5% (frações A + B1+B2 + B3), enquanto o cultivar gigante apresentou 90,7% (frações A + B1+B2 + B3), todavia, o cultivar Miúda apresentou 28,5% superior quanto ao nitrogênio total. Ainda assim, na busca do aumento da eficiência produtiva por área, foi tomado como base a produção de matéria seca, produção de água, produção de nutrientes digestíveis totais, produção de proteína bruta expressas em Mg.ha⁻¹ e as eficiências na utilização do adubo e na utilização da água da chuva para se determinar o cultivar, que respondeu de forma mais eficiente às condições experimentais e a quantidade de adubo recomendada para o cultivar.

O adequado entendimento dos fatores bióticos e abióticos que estão relacionados ao sistema de produção e utilização da palma forrageira é de fundamental importância para que possamos desenvolver técnicas que venham a contribuir no aumento da eficiência produtiva do vegetal e viabilizar os sistemas de produção animal inseridos em regiões áridas e semiáridas. A palma forrageira apresenta características nutricionais que a permitem utilizá-la como fonte de energia. Além de contribuir de forma expressiva na ingestão de água coloidal pelo animal, reduzindo assim seu consumo de

água oriundo da bebida.

Conclusão

Recomenda-se o cultivar Gigante aos 730 dias e a dose de adubo de 700 kg.ha⁻¹ (145 N - 48 P₂O₅ – 507 K₂O) por apresentar maiores índices produtivos.

Referências Bibliográficas

- ALVES, V.M.C.; NOVAIS, R.F.; OLIVEIRA, M.F.G; BARROS, N.F. Efeito da omissão de fósforo na absorção de nitrogênio por híbridos de milho (*Zea mays*, L.). **Revista Ceres**, v.58, n.248, p.435-443, 1996
- AMORIM, D.M.; SILVA, T.G.F.; PEREIRA, P.C.; SOUZA, L.S.B.; MINUZZI, R.B. Phenophases and cutting time of forage cactus under irrigation and cropping systems. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.47, n.1, p.62-71, 2017.
- CARVALHO, A.V.; BRANDÃO, J.S.; BRANDÃO, P.A.; SOUZA, B.B.; FERREIRA, D.H.; SILVA, D.R.P.; ALMEIDA, A.P.; BATISTA, N.L. Farelo de palma forrageira na fase final de criação, sobre o desempenho de codornas de corte criadas no semiárido. **Revista Científica de Produção Animal**, v.14, n.2, p.177-180, 2012.
- COSTA, R.G.; BELTRÃO FILHO, E.M.; QUEIROGA, R.C.R.E.; MADRUGA, M.S.; MEDEIROS, A.N.; OLIVEIRA, C.J.B. Chemical composition of milk from goats fed with cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L. Miller) in substitution to corn meal. **Small Ruminant Research**, v. 94, p.214–217, 2010.
- DETMANN, E.; SOUZA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; QUEIROZ, A.C.; BERCHIELLI, T.T.; SALIBA, E.O.S.; CABRAL, L.S.; PINA, D.S.; LADEIRA, M.M.; AZEVEDO, J.A.G. Métodos para análises de alimentos - INCT – **Ciência Animal**. Editora UFV, p.214, 2012.
- DONATO, P.E.R.; DONATO, S.L.R.; SILVA, J.A.; PIRES, A.J.V.; ROSA, R.C.C.; AQUINO, A.A. Nutrition and yield of ‘Gigante’ cactus pear cultivated with different spacings and organic fertilizer. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.20, n.12, p.1083-1088, 2016.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. Mineral nutrition of plants: principles and perspectives. **Sunderland: Sinauer Associates**, p.400, 2004.
- FAO. Utilización agroindustrial del nopal, Servicio de Tecnologías de Ingeniería Agrícola y Alimentaria (AGST) con la colaboración de la Red Internacional de Cooperación Técnica del Nopal (FAO-CACTUSNET) **Boletín de servicios agrícolas de la FAO** n.162, 2006.
- HABIBI, Y.; HEYRAUD, A.; MAHROUZ, M.; VIGNON, M.R. Structural features of pectic polysaccharides from the skin of *Opuntia ficus-indica* prickly pear fruits. **Carbohydrate Research**, v. 339, n.6, p.1119–1127, 2004.
- MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. **Revista Ceres**, p.638, 2006.
- MELO, A.A.S.; FERREIRA, M.A.; VERÁS, A.S.C.; LIRA, M.A.; LIMA, L.E.; VILELA, M.S.; MELO, E.O.S.; ARAÚJO, P.R.B. Substituição parcial do farelo de soja por uréia e palma forrageira (*Opuntia ficus indica* mill) em dietas para vacas em lactação. i. desempenho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.3, p.727-736, 2003.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC Nutrient Requirements of Small

Ruminants: Sheep, Goats, Cervids and New World Camelids. **National Academies Press**, 2007.

RAMOS, J.P.F.; SOUZA, J.T.A.; SANTOS, E.M.; PIMENTA FILHO, E.C.; RIBEIRO, O.L. Crescimento e produtividade de *Nopalea Cochenillifera* em função de diferentes densidades de plantio em cultivo com e sem capina. **Revista Electrónica de Veterinaria**, v.18, n.8, 2017.

RIBEIRO, E.M.O.; SILVA, N.H.; LIMA FILHO, J.L.; BRITO, J.Z.; SILVA, M.P.C. Study of carbohydrates present in the cladodes of *Opuntia ficus-indica* (fodder palm), according to age and season/Food Science and Technology. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v.30, n.4, p.933-939, 2010.

ROCHA, R.S.; VOLTOLINI, T.V. GAVA, C.A.T. Características produtivas e estruturais de genótipos de palma forrageira irrigada em diferentes intervalos de corte. **Archivos de Zootecnia**, v.66, n.255, p.365-373, 2017.

RODRIGUES, M.A.; MATIZ, A.; CRUZ, A.B.; MATSUMURA, A.T.; TAKAHASHI, C.A.; HAMACHI, L.; FÉLIX, L.M.; PEREIRA, P.N.; LATANSIO-AIDAR, S.R.; AIDAR, M.P.M.; DEMARCO, D.; FRESCHI, L.; MERCIER, H.; KERBAUY, G.B. Spatial patterns of photosynthesis in thin- and thick-leaved epiphytic orchids: unravelling C₃-CAM plasticity in an organ-compartmented way. **Annals of Botany**, v.112, n.1, p. 17–29, 2013.

SANTOS, J.F.; GRANGEIRO, J.I.T. Desempenho de aves caipira de corte alimentadas com mandioca e palma forrageira enriquecidas com levedura1. **Revista Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v.6, n.2, p.49-54, 2012.

SILVA, G.S.; OLIVEIRA, R.A.; QUEIROZ, N.L.; SILVA, M.N.B.; SOUSA, M.F.; SILVA, S.A. Desempenho agrônômico de algodão orgânico e oleaginoso consorciados com palma forrageira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.17, n.9, p.975–981, 2013.

SILVA, T.G.F.; ARAÚJO PRIMO, J.T.; SILVA, S.M.S.; MOURA, M.S.B.; SANTOS, D.C.; SILVA, M.C.; ARAÚJO, J.E.M. Indicadores de eficiência do uso da água e de nutrientes de clones de palma forrageira em condições de sequeiro no Semiárido Brasileiro. **Bragantia**, v.73, n.2, p.184-191, 2014.

SILVA, T.G.F.; MOURA, M.S.B.; SÁ, I.I.S.; ZOLNIER, S.; TURCO, S.H.N.; SOUZA, L.S.B. Cenários de mudanças climáticas e seus impactos na produção leiteira em estados nordestinos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.14, n.8, p.863–870, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 5.ed. **Artemed**, p.115, 2013. TOMÉ JÚNIOR, J. B. Manual para interpretação de análise de solo. **Guaíba: Agropecuária**, p.247, 1997.

V - CAPÍTULO III

Níveis de substituição do milho pela palma forrageira em dietas completas para novilhos em confinamento

RESUMO: Objetivou-se avaliar a substituição de uma dieta controle por dietas a base de palma substituindo o milho em até 100% utilizando como volumoso bagaço de cana amonizado e a influência de níveis de substituição do milho pela palma associada ao bagaço de cana-de-açúcar em dietas para novilhos confinados. Utilizou-se 5 novilhos machos, distribuídos em um quadrado latino 5 x 5, com cinco períodos experimentais de 21 dias. As dietas consistiam em: controle (feno de Tifton 85, milho, farelo de soja e mistura mineral), e quatro níveis de substituição do milho pela palma (0; 33; 66 e 100%) tendo como volumoso o bagaço de cana-de-açúcar amonizado com 5% de ureia. Para consumo de matéria seca, de fibra em detergente neutro e de nutrientes digestíveis totais a dieta controle foi superior à dieta quando não houve substituição do milho pela palma, e foi semelhante às dietas com 33, 66, e 100% de substituição. Para consumo de proteína bruta, extrato etéreo e carboidratos não fibrosos, a dieta controle foi semelhante às demais independente do nível de substituição. A digestibilidade dos nutrientes foi influenciada pelo tipo de volumoso. A inclusão da palma forrageira reduziu a ingestão de água de bebida, porém não alterou a ingestão de água total. Recomenda-se a utilização de 100% palma forrageira substituindo o milho associada ao bagaço de cana-de-açúcar amonizado em dietas para novilhos confinados por ter consumos de nutrientes e coeficientes de digestibilidade semelhantes à dieta a com feno de Tifton 85, milho e farelo de soja.

Palavras chave: balanço hídrico, comportamento ingestivo, consumo, digestibilidade

Levels of replacement of maize by forage palm in complete diets for feedlot steers

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the substitution of a control diet by palm-based diets replacing corn up to 100% using ammonia sugar cane bagasse and the influence of corn substitution levels on the palm associated with sugarcane bagasse in diets for confined steers. Five male steers distributed in a 5 x 5 Latin square with five experimental periods of 21 days were used. The diets consisted of: control (Tifton 85 hay, corn, soybean meal and mineral mix), and four levels of corn replacement by the palm (0, 33, 66 and 100%), with the cane bagasse - ammoniated sugar with 5% urea. For dry matter intake, neutral detergent fiber and total digestible nutrients the control diet was superior to the diet when there was no substitution of maize by the palm, and was similar to diets with 33, 66, and 100% of substitution. For consumption of crude protein, ethereal extract and non-fibrous carbohydrates, the control diet was similar to the others independent of the level of substitution. The digestibility of the nutrients was influenced by the type of roughage. The inclusion of forage palm reduced the intake of drinking water, but did not change the total water intake. It is recommended the use of 100% forage palm replacing the maize associated with ammonia sugar cane bagasse in diets for confined steers due to nutrient intakes and digestibility coefficients similar to the diet with Tifton 85 hay, maize and bran of soy.

Keywords: water balance, ingestive behavior, Intake digestibility

Introdução

A Organização das Nações Unidas (ONU) para a alimentação e a agricultura reconhece o potencial da palma (*Opuntia ficus-indica* Mill e *Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) e sua importância para o desenvolvimento das regiões áridas e semiáridas, especialmente nos países em desenvolvimento, através da exploração econômica das várias espécies, com consequências sustentáveis para o meio ambiente e para segurança alimentar (Lopes, 2007).

Haja vista ser um vegetal que apresenta alta capacidade adaptativa em regiões áridas e semiáridas, tolerante a condições de altas temperaturas e solos diversos (FAO, 2011), a palma forrageira vem se destacando frente às constantes mudanças climáticas ocorridas no cenário produtivo (Silva, et.al., 2010). Sua utilização no semiárido brasileiro objetiva minimizar a ação da sazonalidade no processo produtivo, fornecendo energia e incrementando a biodisponibilidade de água coloidal para os animais.

Devido ao alto valor nutricional, o grão de milho é a principal fonte energética utilizada no Brasil para compor as dietas na alimentação animal, porém, sofre variação de preço e disponibilidade ao longo do ano, principalmente em regiões em que condições climáticas não a possibilitam sua exploração de forma competitiva, tornando os custos elevados, com isso, busca-se a inserção de alimentos alternativos nas dietas que venham a contribuir na redução nos custos produtivos.

Dentre esses alimentos, a palma forrageira possui composição nutricional que lhe possibilita ser introduzida como alternativa alimentar energética em substituição total ou parcial ao milho em dietas (Abidia et al., 2009). De forma geral, trata-se de uma forrageira com teor de carboidratos não fibrosos de 65% na MS (Pordeus Neto et al., 2016), apresentando por volta de 70% de nutrientes digestíveis totais (Silva et al., 2016). Sua utilização como única fonte alimentar não é indicada, pois apresenta baixa concentração de proteína, em torno de 7%, e de fibra, em torno de 26%. Entretanto, sua fração fibrosa possui baixa efetividade e juntamente com a mucilagem (substância composta por polissacarídeos complexos e com características hidrofílicas), apresentam características físico-químicas que tendem a aumentar o fluxo de passagem do alimento no trato gastrointestinal, podendo promover efeito laxativo aos animais, modificando seu escore fecal. Essa situação não é atribuída a nenhuma doença, e sim a características intrínsecas do próprio alimento.

Com intuito de controlar possíveis distúrbios metabólicos, recomenda-se a

associação da palma forrageira a um alimento volumoso que apresente alta efetividade da sua fração fibrosa, dentre esses, o bagaço de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) vem a contornar o efeito da baixa efetividade da fibra da palma forrageira. Na intenção de melhorar o aproveitamento dos subprodutos agroindustriais de baixo valor nutricional, existem técnicas de tratamento químico (amonização) de volumosos de baixa qualidade com ureia visando melhorar o valor nutritivo, com aumento de proteína bruta e digestibilidade da matéria seca, elevando, assim, o consumo e o desempenho dos animais, além de proporcionar melhor conservação do volumoso (Gesualdi et al., 2001).

O estudo foi desenvolvido com o propósito de avaliar a substituição de uma dieta controle (feno de Tifton 85, milho moído e farelo de soja) por dietas à base de palma forrageira em substituição ao milho em até sua totalidade utilizando como volumoso bagaço de cana amonizado e a influência dos níveis de substituição do milho pela palma forrageira associada ao bagaço de cana-de-açúcar amonizado em dietas para novilhos.

Material e Métodos

Essa pesquisa foi conduzida em estreita conformidade com a legislação brasileira sobre as pesquisas com uso de animais, sendo aprovado pela comissão de ética no uso de animais, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *Campus Juvino Oliveira*, Itapetinga, Bahia, sob o protocolo nº 17/2015.

O experimento foi conduzido na Fazenda Bela Vista, localizada no município de Encruzilhada – Bahia, no período de 20 agosto de 2017 a 02 de dezembro de 2017.

Os animais foram distribuídos em um quadrado latino 5 x 5, sendo cinco dietas experimentais em cinco períodos de 21 dias cada, no qual, os 15 primeiros dias utilizados para a adaptação e 6 dias para as coletas dos dados. Utilizou-se 5 novilhos mestiços Holandês/Zebu, machos, não castrados, com idade de 18 ± 3 meses e peso corporal médio de $260,0 \pm 24,5$ kg.

No início do experimento, os animais foram identificados com brincos, desverminados (ivermectina 1%) e confinados em baias individuais de 5,0 m de comprimento por 2,5 m de largura, com piso de chão batido, providos de comedeur de alvenaria e bebedouro individuais.

Os animais foram pesados no início e no final de cada período experimental.

A composição química dos ingredientes utilizados nas dietas pode ser observada na Tabela 1. As dietas consistiam em: controle (feno de Tifton 85, milho moído e farelo de soja), e quatro níveis de substituição do milho pela palma forrageira (0; 33; 66 e 100% da MS da dieta) associada ao bagaço de cana-de-açúcar amonizado (Tabela 2). As dietas foram formuladas para suprir às exigências de manutenção e ganho de 1,5 kg/dia (NRC, 1996).

O bagaço de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) *in natura* foi obtido de engenho artesanal de produção de aguardente, proveniente da Fazenda Bela Vista. O bagaço da cana foi picado em máquina forrageira, regulada para corte da forragem em partículas de aproximadamente 5 cm. No momento da amonização o bagaço de cana-de-açúcar foi recondicionado para 30% de MS, utilizando a água juntamente com 5% de uréia e 1% de feijão fradinho (*Vigna unguiculata*) moído como fonte de Uréase, com base da matéria seca. A ureia foi homogeneizada com o feijão, diluída em água e aplicado ao volumoso, ocorrendo a homogeneização de todo o material. Posteriormente, foram armazenados em silos tipo superfície com lona na parte inferior e superior, minimizando com isso o escape dos gases.

Tabela 1 - Composição química dos ingredientes utilizados na formulação das dietas experimentais

Itens	Ingredientes				
	Feno de Tifton 85	Bagaço amonizado ³	Palma Forrageira	Milho moído	Farelo de soja
Matéria seca (%)	72,3	30,9	9,2	86,1	88,0
Matéria mineral ¹	7,9	2,3	9,1	1,5	6,8
Proteína bruta ¹	17,6	8,3	7,9	10,0	45,7
Extrato etéreo ¹	1,5	1,3	2,5	4,6	1,9
Fibra em detergente neutro cp ¹	74,3	81,1	24,7	13,6	13,9
Fibra em detergente ácido cp ¹	63,7	75,0	15,3	4,8	10,3
NIDN ²	35,1	54,3	16,5	13,0	4,10
NIDA ²	20,5	40,2	9,7	9,3	2,8
Celulose ¹	56,2	61,7	11,8	3,2	8,1
Hemicelulose ¹	10,8	6,1	9,2	8,8	3,6
Lignina ¹	7,3	12,3	3,7	1,7	2,2
Carboidratos totais ¹	72,9	87,9	80,3	83,8	45,6
Carboidratos não fibrosos cp ¹	9,0	6,7	55,5	70,2	31,7
NDT ^{1,4}	55,0	42,0	78,2	84,3	83,1

¹Valores em percentagem da MS; ²Valores em percentagem do nitrogênio total, ³Valores em percentagem da fibra em detergente neutro e ⁴ estimado segundo NRC (2001). NIDN = Nitrogênio insolúvel em detergente neutro; NIDA = Nitrogênio insolúvel em detergente ácido; NDT = Nutrientes digestíveis totais.

Utilizou-se a densidade de compactação estimada de 200 kg de matéria natural por m³. O material permaneceu armazenado pelo período de 100 dias.

A palma forrageira (*Nopalea cochenilifera*) foi colhida manualmente do campo já estabelecida na propriedade. A alimentação foi ofertada às 7 e 16 horas, de tal forma que 60% do ofertado total foi fornecido pela manhã e 40% pela tarde. A mistura entre o volumoso, a palma forrageira e o concentrado foram realizados manualmente no momento da oferta. As dietas foram ajustadas a permitir sobras de aproximadamente 10% da matéria natural fornecida. Cada animal teve livre acesso à água em tempo integral.

Durante cinco dias finais de cada período experimental, foram colhidas amostras do fornecido, bem como das sobras e fezes, as quais foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados e armazenados em freezer -20°C. Após o descongelamento, as amostras foram pesadas e submetidas à pré-secagem em estufa de ventilação forçada a 60°C durante 72 horas. Em seguida, trituradas em moinhos de faca, tipo Willey, armazenadas e identificadas.

Tabela 2 - Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais

Ingrediente (% da MS)	Substituição do milho pela palma (%MS)				
	Controle	0	33	66	100
Composição percentual na dieta					
Feno de Tiffiton 85	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bagaço amonizado	0,0	40,0	40,0	40,0	40,0
Milho moído	44,8	51,0	34,17	17,34	0,0
Palma forrageira	0,0	0,0	16,8	33,66	51,0
Farelo de soja	3,2	6,2	6,1	5,9	5,75
Ureia	0,0	0,8	0,9	1,1	1,25
Mineral ¹	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Composição química					
Matéria seca (%)	58,8	50,3	27,7	19,1	14,5
Matéria mineral ²	6,8	4,9	6,3	7,3	9,3
Proteína bruta ²	13,7	13,2	13,1	13,5	13,4
Extrato etéreo ²	2,8	3,01	2,6	2,3	1,93
Fibra em detergente neutro cp ²	43,6	42,6	42,1	43,9	45,8
Carboidratos não fibrosos cp ²	37,0	40,5	38,0	35,4	32,8
Nutrientes digestíveis totais ^{2,5}	69,7	66,4	64,1	63,0	61,1

¹Níveis de garantia (por kg em elementos ativos): cálcio - 120,00 g; fósforo - 87,00 g; sódio - 147,00 g; enxofre - 18,00 g; cobre - 590,00 mg; cobalto - 40,00 mg; cromo - 20,00 mg; ferro - 1.800,00 mg; iodo - 80,00 mg; manganês - 1.300,00 mg; selênio - 15,00 mg; zinco - 3.800,00 mg; molibdênio - 300,00 mg; flúor máximo - 870,00 mg; solubilidade do fósforo (P) em ácido cítrico a 2% mínimo - 95%; ²Valores em percentagem da MS; ³Valores em percentagem do nitrogênio total; ⁴Valores em percentagem da fibra em detergente neutro e ⁵estimado segundo NRC (2001).

As amostras foram submetidas às análises laboratoriais de matéria seca, matéria mineral, nitrogênio, extrato etéreo, fibra em detergente neutro isenta de cinza e proteína, fibra em detergente ácido isenta de cinza e proteína e lignina foram realizadas segundo metodologias descritas por Detmann et al. (2012), os nutrientes digestíveis totais conforme a metodologia proposta por Weiss et al. (1999), com as modificações sugeridas pelo NRC (2001).

A coleta de fezes foi realizada entre o 16º e o 20º dia de cada período, sendo coletadas duas vezes ao dia, uma pela manhã (10 h) e outra à tarde (17 h). Para a estimativa da produção fecal utilizou-se a fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) como indicador interno (Cochran et al., 1986). Amostras do fornecido (concentrado, palma forrageira, bagaço amonizado e o feno de Tifton 85), sobras e fezes foram incubadas no rúmen de animais fistulados, por 240 horas, para a obtenção da FDNi (Casali et al., 2008).

O consumo individual dos novilhos foi avaliado ao longo dos cinco dias finais de cada período de fornecimento das dietas experimentais, subtraindo-se as sobras da quantidade de dieta ofertada para cada animal. Dessa forma, foram avaliados os

consumos de matéria seca (CMS), proteína bruta (CPB), fibra em detergente neutro (CFDN), carboidratos não fibrosos (CCNF), extrato etéreo (CEE), nutrientes digestíveis totais (CNDT) e ingestão de água (IA). A composição química do alimento efetivamente consumido foi obtida por meio da divisão do consumo de cada nutriente pelo consumo de MS e o quociente foi então multiplicado por 100.

Foram avaliados os coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS), proteína bruta (CDPB), fibra em detergente neutro (CDFDN), carboidratos não fibrosos (CDCNF), extrato etéreo (CDEE) e os nutrientes digestíveis totais (NDT), segundo metodologia descrita por Schneider & Flatt (1975).

Durante cinco dias finais de cada período a ingestão de água de bebida foi mensurada mediante o cálculo da diferença entre a quantidade de água ofertada e sua sobra, descontando-se ainda a água perdida por evaporação. Para a obtenção das perdas de água por evaporação foram utilizados três baldes com a mesma quantidade de água ofertada aos animais, distribuídos ao longo da instalação, por diferença de peso em 24 horas, quantificou-se a perda média de evaporação. A ingestão de água coloidal foi calculada através da multiplicação do percentual de umidade da dieta pelo consumo de matéria seca expresso em kg/dia. A ingestão de água total foi medida através da soma da ingestão de água de bebida e da ingestão de água coloidal.

Foram realizadas observações visuais para avaliação do comportamento ingestivo, por 24 horas, que ocorreu no 21º dia de cada período experimental. As observações das atividades (alimentando, ruminando ou ócio) foram registradas a cada dez minutos, de acordo com metodologia proposta por Carvalho et al. (2007). Foi contabilizado o número de mastigações meréricas por bolo e o tempo despendido com a ruminação de cada bolo utilizando-se cronômetro digital. Foram realizadas observações da mastigação de três bolos ruminais, em todos os animais, em três turnos diferentes do dia (06 às 12h; 12 às 18h; 18 às 06h). Ocorreu a adaptação dos animais à iluminação noturna três dias antes do comportamento. Os parâmetros etológicos obtidos foram: eficiências de alimentação (EAL) e de ruminação (ERU), tempo de mastigação total por dia (TMT), número de bolos ruminais por dia (NBR) e número de mastigações meréricas por dia (NMd) de acordo com metodologia proposta por Bürger et al. (2000).

A EAL e a ERU da matéria seca foram estimadas dividindo o consumo de MS (kg/dia) pelo tempo despendido com a alimentação e a ruminação, respectivamente. De forma semelhante, conseguiu-se a EAL e a ERU da fibra em detergente neutro (FDN). O TMT foi obtido pela soma do tempo gasto com ruminação e com alimentação. O

NBR foi obtido a partir da razão entre o tempo despendido com a ruminação e o tempo de mastigação por bolo.

Aplicou-se o teste Dunnett para contrastar o tratamento controle dos demais e análise de regressão referente aos níveis de substituição do milho pela palma forrageira utilizando o bagaço amonizado como volumoso. Em todos os procedimentos estatísticos adotou-se o nível de 0,05 de probabilidade para o erro do tipo I.

Resultados

Ao comparar o CMS, CFDN e CNDT da dieta controle (feno de Tifton 85, milho, farelo de soja e mistura mineral) contra os demais tratamentos onde o volumoso foi o bagaço amonizado verificou-se maior consumo ($P < 0,05$) tanto de MS, FDN quanto de NDT para a dieta controle apenas quando não houve inclusão de palma na dieta, e semelhante às dietas que continham palma substituindo o milho (Tabela 3).

Não foi observada diferença ($P > 0,05$) para CPB, CEE e CCNF quando comparada a dieta controle às demais (Tabela 3) onde os valores médios encontrados para CPB foram de 0,96 kg/dia e 14,8 g/kg $PC^{0,75}$, para CEE de 0,202 g/dia, e para CCNF de 2,9 kg/dia.

Ao analisar os tratamentos que englobam os níveis de substituição do milho pela palma forrageira com o bagaço amonizado como volumoso, verificou-se comportamento quadrático ($P < 0,05$) para CMS diário, %PC e g/kg $PC^{0,75}$. Para o CMS apresentou ponto máximo de 8,1 kg/dia com 60,42% de substituição. O CMS em % PC o ponto máximo foi de 2,6% com 59,4% de substituição. Já o CMS $PC^{0,75}$ apresentou ponto máximo de 110,1 g/kg $PC^{0,75}$ com 59,7% de substituição. Para os consumos de FDNcp expressos em kg/dia e % PC, apresentou efeito quadrático ($P < 0,05$) (Tabela 3), em que ajustou ponto máximo de 3,2 kg/dia e 1,1% PC com 68,9% de substituição (Tabela 3).

O consumo de PB e EE não foram influenciados ($P > 0,05$) pelos níveis de substituição do milho pela palma, onde apresentaram valores médios de 0,95 kg/dia e 14,0 g/kg $PC^{0,75}$ para CPB e de 0,20 kg/dia para CEE. O CCNF apresentou efeito não significativo ($P > 0,05$), expressando média de 2,8 kg/dia, enquanto foi verificado comportamento quadrático ($P < 0,05$) para o consumo de NDT (Tabela 3), com ponto máximo de 4,7 kg/dia com 63,2% de substituição (Tabela 3).

Para o CDMS, apresentou efeito não significativo ($P < 0,05$) expressando média de 59,6% quando comparado o tratamento controle aos demais (Tabela 4). O CDFDN foi influenciado pelo tipo do volumoso utilizado. Animais que consumiram feno de Tifton 85 apresentaram CDFDN de 62,3%, que foi superior ($P < 0,05$) quando comparado aos que consumiram como volumoso o bagaço amonizado (51,6%) (Tabela 4).

Tabela 3 - Consumos dos componentes nutricionais em dietas completas para novilhos em confinamento

Parâmetro	Substituição do milho pela palma (% da MS)					Efeito		Equação
	Controle	0	33	66	100	L	Q	
	Consumo animal/dia							
CMS (kg/dia)	7,5	5,7*	7,8	7,8	7,2	0,1001	0,0229	1
CMS (%PC)	2,3	1,9*	2,5	2,5	2,3	0,0623	0,0059	2
CMS (g/kg ^{0,75})	100,4	79,0*	106,4	107,1	97,5	0,0596	0,0064	3
CFDN (kg/dia)	3,1	1,8*	2,9	3,0	2,9	0,0026	0,0126	4
CFDN (%PC)	0,9	0,6*	0,9	1,0	0,9	0,0011	0,0066	5
CPB (kg/dia)	1,1	0,9	1,1	1,1	1,0	0,1126	0,0559	6
CPB (g/kg ^{0,75})	15,1	12,5	14,7	14,9	13,9	0,0643	0,0673	7
CEE ¹ (kg/dia)	0,20	0,20	0,24	0,19	0,18	0,0524	0,0626	8
CCNF (kg/dia)	3,1	2,6	3,2	3,1	2,8	0,0607	0,0585	9
CNDT (kg/dia)	4,8	3,6*	4,8	5,0	5,1	0,0755	0,0474	10

Médias seguidas por * diferem do tratamento controle a 5% de significância, pelo teste de Dunnett; R² = Coeficiente de determinação e ¹Efeito = linear, quadrático (P>0,05); Equ. = equação de regressão; CMS = consumo de matéria seca; CMO = consumo de matéria orgânica; CPB = consumo de proteína bruta; CEE = consumo de extrato etéreo; CFDN = Consumo de fibra em detergente neutro; CCNF = consumo de carboidratos não fibrosos; CNDT = consumo de nutrientes digestíveis totais; CFDNi = Consumo de fibra em detergenteneutro indigestível.

$$1 = \hat{Y} = 5,89450 + 0,0736060**xP - 0,000609081**xP^2; R^2 = 0,97$$

$$2 = \hat{Y} = 1,94010 + 0,0231098**xP - 0,000194205**xP^2; R^2 = 0,98$$

$$3 = \hat{Y} = 80,9021 + 0,976464**xP - 0,00817329**xP^2; R^2 = 0,97$$

$$4 = \hat{Y} = 1,91124 + 0,0395933**xP - 0,000286968**xP^2; R^2 = 0,98$$

$$5 = \hat{Y} = 0,630885 + 0,0124250xP - 0,0000901194**xP^2; R^2 = 0,97$$

$$6 = \hat{Y} = 1,016025$$

$$7 = \hat{Y} = 14,003897$$

$$8 = \hat{Y} = 0,208558$$

$$9 = \hat{Y} = 2,9386275$$

$$10 = \hat{Y} = 3,550795 + 0,0385032**xP - 0,000304164**xP^2; R^2 = 0,93$$

Com relação ao CDPB, os animais que consumiram a dieta com 66% de substituição do milho pela palma o valor encontrado foi de 55,2%, semelhante (P>0,05) em relação ao tratamento controle. Porém, para os níveis 0 e 33% de substituição os valores para CDPB foram inferiores (P<0,05) ao controle, enquanto para o tratamento com 100% de substituição apresentou superioridade (P<0,05) na digestibilidade (Tabela 4).

Para o CDEE não foi observado diferença (P>0,05) entre o tratamento controle e os demais, apresentando média de 61,1% (Tabela 4).

Ao avaliar o CDCNF pode-se observar maiores valores (P<0,05) desta variável para o nível máximo de substituição do milho pela palma (80,9%), enquanto os demais tratamentos não diferiram (P>0,05) do controle (Tabela 4).

Já o NDT foi influenciado apenas pelo tipo de volumoso utilizado. Os animais que consumiram o tratamento controle apresentou valor de 63,6%, com feno de Tifton

como volumoso apresentaram superioridade ($P < 0,05$) de 24,9% quando comparado à média dos demais tratamentos (58,9%) que utilizaram o bagaço amonizado como volumoso (Tabela 4).

Ao analisar os níveis de substituição com a utilização do bagaço amonizado como volumoso verificou-se que o CDMS apresentou efeito não significativo ($P > 0,05$), expressando média de 58,6%. Verificou-se efeito não significativo ($P > 0,05$) para o CDFDNcp, apresentando média de 51,6%. No estudo dos níveis de substituição CDPB apresentou efeito linear crescente ($P < 0,05$), em que, para cada unidade percentual de substituição de milho pela palma, ocorreu uma elevação de 0,154 pontos percentuais em seu coeficiente, que correspondeu a um aumento total de 28,3%.

Para o CDEE não houve diferença ($P > 0,05$) entre os níveis de substituição expressando média de 61,1%, enquanto para o CDCNF foi verificado comportamento linear crescente ($P < 0,05$), onde para cada unidade percentual de substituição do milho pela palma forrageira houve uma elevação de 0,083 pontos percentuais, que correspondeu a um acréscimo total de 10,7% (Tabela 4). Os níveis de substituição não influenciaram ($P > 0,05$) o NDT, verificando-se média de 58,9% de NDT (Tabela 4).

Tabela 4 - Coeficiente de digestibilidade dos componentes nutricionais em dietas completas paranovilhos em confinamento

Parâmetro	Substituição do milho pela palma (% MS)					Efeito ¹		Equação.
	Controle	0	33	66	100	L	Q	
CDMS	60,7	58,7	57,2	57,6	60,9	0,2695	0,0731	1
CDFDN	62,3	51,1*	52,6*	52,0*	50,8*	0,0865	0,0715	2
CDPB	58,9	51,6*	53,3*	55,2	66,5*	0,0000	0,0920	3
CDEE	57,3	65,5	60,9	58,6	63,3	0,1274	0,0989	4
CDCNF	70,2	71,8	73,1	74,0	80,9*	0,0002	0,0538	5
NDT ²	63,6	59,1*	58,6*	57,8*	60,4*	0,0927	0,0705	6

Médias seguidas por *diferem do tratamento controle a 5% de significância, pelo teste de Dunnett; R² = Coeficiente de determinação; ¹Efeito = linear, quadrático ($P > 0,05$); ²estimado NRC 2001. CDMS = coeficiente de digestibilidade da matéria seca; CDPB = coeficiente de digestibilidade da proteína bruta; CDEE = coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo; CDFDN = coeficiente de digestibilidade da fibra em detergente neutro; CDCNF = coeficiente de digestibilidade dos carboidratos não fibrosos; NDT = nutrientes digestíveis totais;

$$1 = \hat{Y} = 58,612$$

$$2 = \hat{Y} = 51,635$$

$$3 = \hat{Y} = 54,6678 + 0,154752 \cdot xP; R^2 = 0,96$$

$$4 = \hat{Y} = 62,12$$

$$5 = \hat{Y} = 70,7928 + 0,0848986 \cdot xP; R^2 = 0,82$$

$$6 = \hat{Y} = 58,90375$$

Com relação à ingestão de água oriunda da bebida, os animais que consumiram a dieta controle apresentaram ingestão de 32,3 kg/dia, superior ($P < 0,05$) aos animais que

consumiram as dietas em que estava presente a palma forrageira, 33 (15,0), 66 (9,5) e 100% (1,8) de substituição (Tabela 5). A ingestão de água coloidal, expressa em kg/dia foi significativamente maior ($P < 0,05$) quando as dietas continham palma forrageira em sua composição, obtendo-se média de 17,9; 27,4 e 35,1 kg/dia para os níveis de inclusão 33, 66 e 100% (Tabela 5). A ingestão de água total expressas em kg/dia, % PC e $PC^{0,75}$ não diferiram ($P > 0,05$) quando comparado o controle aos demais. As médias de ingestão de água foram de 34,7 kg/dia, 11,2% do PC e de 0,4 g/ $PC^{0,75}$. De forma semelhante, a eficiência de ingestão de água expressa em kg MS/kg, ingestão de água total também não foi influenciada apresentando valor médio de 0,22 kg de MS/kg de água ingerida.

Observou-se efeito linear decrescente ($P < 0,05$) para a ingestão da água de bebida, em que, para cada unidade percentual do milho substituído pela de palma forrageira ocorreu uma redução de 0,238 pontos percentuais, que correspondeu a uma redução total de 508% na água de bebida (Tabela 5). Efeito inverso foi verificado para o consumo de água coloidal onde apresentou efeito linear crescente ($P < 0,05$), sendo para cada unidade percentual de palma acrescida em detrimento ao milho ocorreu um aumento de 0,293 pontos percentuais, que representou 525,8% no acréscimo no consumo de água coloidal, passando de 6,9 kg de água/dia (0% substituição) para 35,1 kg de água/dia (100% de substituição) (Tabela 5). A ingestão de água total expressas em kg/dia, %PC e $gPC^{0,75}$ não foram influenciadas ($P > 0,05$) pela substituição do milho pela palma. Os valores médios foram 34,7 kg/dia, 11,2 %PC e de 0,47 g/ $PC^{0,75}$, enquanto a eficiência acompanhou a mesma tendência obtendo valor médio de 0,22 kg MS/kg ingestão de água total (Tabela 5).

Não foi observada diferença ($P > 0,05$) para as variáveis de comportamento ingestivo, quando contrastado o tratamento controle com os demais. Os valores médios diários encontrados foram de 15,3% para alimentação, 22,2% para ruminação e de 62,8% para ócio. Comportamento semelhante foi verificado ao analisar o número de bolos ruminados por dia (440 n°/dia), número de mastigações por bolo (40,5 n°/bolo), tempo de mastigação por bolo (38,6 seg.), eficiência de alimentação da MS (2136,96 g/hora) e eficiência de alimentação da FDNcp (828,9 g/hora) s (Tabela 6).

Tabela 5 - Balanço hídrico de novilhos em confinamento alimentados com dietas completas

Parâmetro	Substituição do milho pela palma (% MS)					Efeito		Equação
	Controle	0	33	66	100	L	Q	
IAB (kg/dia)	32,3	26,4	15,0*	9,5*	1,8*	0,0000	0,4859	1
IAC (kg/dia)	1,8	6,9*	17,9*	27,4*	35,1*	0,0000	0,0361	2
IATot (kg/dia)	34,2	32,0	33,3	36,9	36,9	0,2297	0,3157	3
IATot (%PC)	11,1	10,8	10,6	11,8	11,8	0,3045	0,4879	4
IATot (g/PC ^{0,75})	0,46	0,44	0,44	0,49	0,49	0,2616	0,3108	5
EFIA (kg MS/ITot kg)	0,23	0,20	0,25	0,22	0,20	0,2811	0,1405	6

Médias seguidas por * diferem do tratamento controle a 5% de significância, pelo teste de Dunnett; R² = Coeficiente de determinação e ¹Efeito = linear, quadrático (P>0,05); IAB = ingestão da água de bebida; IAC = ingestão da água coloidal; IATot = ingestão de água total; EFIA = eficiência da ingestão de água;

$$1 = \hat{Y} = 25,0820 - 0,238189^{**}xP; R^2 = 0,85$$

$$2 = \hat{Y} = 6,90358 + 0,293995^{**}xP; R^2 = 0,96$$

$$3 = \hat{Y} = 34,805$$

$$4 = \hat{Y} = 11,25$$

$$5 = \hat{Y} = 0,465$$

$$6 = \hat{Y} = 0,465$$

A eficiência de ruminação da MS (1389,5 g/hora) e de FDNcp (538,4 g/hora) foram inferiores (P<0,05) para as dietas contendo bagaço amonizado como volumoso em comparação à dieta controle contendo feno de Tifton 85, que apresentou médias de 2699,6 e 1107,8 g/hora, respectivamente para eficiência de ruminação da MS e da FDNcp (Tabela 6).

Quando analisados os níveis de substituição do milho pela palma forrageira não foram observadas diferenças (P>0,05) para as atividades comportamentais onde os valores diários médios foram de 15,1% para alimentação, 23,9% para ruminação e de 60,3% para ócio. De forma semelhante, as demais variáveis comportamentais seguiram a mesma tendência como bolos ruminados por dia (533,2 n°/dia), mastigações por bolo (39,1 n°) e o tempo gasto para ruminar cada bolo (38,3 seg.), assim como para as variáveis de eficiências de alimentação da MS (2084,6 g/hora) e da FDNcp (794,0 g/hora), eficiência de ruminação da MS (1389,5 g/hora) e da FDNcp (538,4 g/hora) (Tabela 6).

Tabela 6 - Observações das atividades comportamentais, aspectos da ruminação, eficiências de alimentação e ruminação e períodos descritivos do comportamento ingestivo de novilhos em confinamento alimentados com dietas completas

Parâmetro	Controle	Substituição do milho pela palma (% MS)				Efeito		Equação
		0	33	66	100	L	Q	
		Alimentação (%dia)	14,4	14,5	13,6	16,8	17,2	
Ruminação (%dia)	16,2	24,1	22,0	25,8	23,8	0,4546	0,4462	2
Ócio (%dia)	69,3	61,2	64,3	57,3	58,3	0,2571	0,4665	3
Nº Bolos/dia	370,6	433,7	494,1	407,6	497,5	0,0638	0,3894	4
Nº Mastigações/bolo	46,5	46,6	39,9	34,6	35,2	0,3284	0,2743	5
Mastigação/bolo (seg)	39,7	37,9	39,0	39,4	37,1	0,1420	0,3514	6
EAMS	2346,6	1957,8	2509,2	2069,0	1802,4	0,3487	0,2579	7
EAFDNcp	968,5	635,9	958,6	835,5	746,1	0,2555	0,1294	8
ERMS	2699,8	995,6*	1682,3*	1411,8*	1468,3*	0,1980	0,2381	9
ERFDNcp	1107,8	321,8*	642,1*	566,3*	623,5*	0,1054	0,2395	10

Médias seguidas por * diferem do tratamento controle a 5% de significância, pelo teste de Dunnett.

¹Efeito: L = linear, Q = quadrático; EAMS = eficiência de alimentação da matéria seca; EAFDNcp = eficiência da alimentação da fibra em detergente neutro cp; ERMS = eficiência de ruminação da matéria seca; ERFDNcp = eficiência de ruminação da fibra em detergente neutro cp

1: $\hat{Y}=15,5525$

2: $\hat{Y}=23,9875$

3: $\hat{Y}=60,3225$

4: $\hat{Y}=5458,225$

5: $\hat{Y}=39,1115$

6: $\hat{Y}=38,3584$

7: $\hat{Y}=2084,653$

8: $\hat{Y}=794,0825$

9: $\hat{Y}=1389,538$

10: $\hat{Y}=538,4625$

Discussão

Foi observada visualmente alta aceitabilidade dos animais pela palma forrageira. No processo de diminuição do tamanho da partícula da palma forrageira, ocorre o rompimento das células do clorênquima e parênquima, onde fica armazenado a mucilagem, que é um hidrocoloide que proporciona grande retenção dos fluídos (Saag et al., 1975), contribuindo diretamente na adsorção dos ingredientes das dietas. No momento do fornecimento das dietas, foi realizada a homogeneização dos ingredientes (volumoso, concentrado, palma) manualmente, para com isso, diminuir o efeito da seleção. Entretanto, de acordo com Lazarini et al. (2014), animais que têm acesso livre ao cocho, geralmente separam os ingredientes pela sua forma física, ou seja, pelo tamanho e densidade de partícula, consumindo as partes preferidas, fato esse observado no presente estudo.

Para as dietas controle, 0 e 33% de substituição do milho pela palma forrageira, foi perceptível visualmente a seleção realizada pelos animais quanto aos ingredientes que compunham a dieta, favorecendo o aumento dos ingredientes com maior aceitabilidade (concentrado e palma forrageira) em detrimento ao volumoso, principalmente nas dietas no qual a fonte volumosa foi o bagaço amonizado, contribuindo assim para a redução nos consumos de MS e FDNcp. Já para os tratamentos com 66 e 100% de substituição, a presença do concentrado nas sobras foi menos perceptível, além do aumento significativo no consumo da palma forrageira.

Segundo Mertens (1994), dentre os vários fatores que podem interferir no desempenho animal, o mais importante é o consumo de matéria seca, existindo correlação direta com a ingestão de energia digestível. De acordo com NRC (2000), a exigência de consumo de matéria seca para novilhos com 300 kg e ganho de 1,5 kg/dia é de 8,2 kg/dia, 2,7 %PC e 113,8 g/kg PC^{0,75}. Nenhum dos tratamentos alcançou os consumos preditos pelo NRC, entretanto, de acordo com Azevedo et al. (2010), as equações propostas pelo NRC não são adequadas para prever o CMS para bovinos em condições tropicais. Quando utilizada a equação predita pelos autores ($CMS = -2,6098 + 0,08844 * PV^{0,75} + 4,4672 * GMD - 1,3579 * GMD^2$), o consumo estimado seria de 7,4 kg/dia MS, ajustando-se de forma mais prudente com o valor médio (7,2 kg/dia) observado no presente estudo. Vale salientar que, mesmo com a utilização de um volumoso considerado de baixa qualidade (bagaço de cana-de-açúcar amonizado), entrando em 40% na MS da dieta não provocou efeito de limitação física, que de acordo

com Mertens (1992), a partir de 1,2% PC poderia ocorrer limitação no consumo de MS. Observa-se na Tabela 3 que o maior consumo de FDNcp foi de 1,0% PC, inferindo-se que o processo de amonização do bagaço proporcionou melhorias na qualidade do volumoso com provável aumento em sua digestibilidade.

O consumo médio de PB verificado no presente estudo foi de 1,04 kg/dia (Tabela 3), corroborando com recomendações preditas pelo NRC (2000), que para a categoria animal estudada é de 1,0 kg/dia. Além das dietas terem sido balanceadas para serem isonitrogenadas, forneceu-se um aporte de NNP (ureia) para os tratamentos onde o volumoso foi o bagaço amonizado. O maior aporte de NNP favorece o desenvolvimento da microflora celulolítica, tanto em número quanto em sua eficiência de síntese, contribuindo para o aumento da produção de proteína microbiana, além de potencializar a degradação da fração fibrosa dos alimentos. Outro fato inerente é a constituição da proteína na palma forrageira, onde cerca de 60% do nitrogênio total (NT) está presente na fração B1+B2 (proteína verdadeira) e sua fração indigestível (C-NIDA) é considerada baixa (9,7% do NT).

Ao comparar a composição bromatológica entre o milho e a palma forrageira, pode-se observar que para a fração indigestível da proteína (C) que está ligada a FDA (NIDA), a palma forrageira apresenta 9,7%, enquanto o milho possui 9,2% (Tabela 1). A fração B3 potencialmente digestível, entretanto de lenta degradação, que é representada pela diferença entre o NIDN e NIDA, a palma forrageira apresenta 6,8%, já o milho 3,7%. Por diferença, pode-se concluir que a palma forrageira contém 83,5% do NT distribuídos nas frações “A” e “B1+B2”, já o milho possui 75% do NT, frações essas consideradas de alto valor biológico. Além disso, com a inclusão da palma, a dieta ficou mais homogênea, reduzindo com isso a seleção por parte dos animais, favorecendo a ingestão do bagaço amonizado, e com isso maior aporte de NNP residual oriundo do processo de amonização.

De acordo com Nogueira (2016), a palma forrageira é rica em açúcares solúveis (8 a 10% na MS) e em pectina, carboidratos de rápida fermentação ruminal. Torna-se necessário a utilização de uma fonte de nitrogênio (ureia) de rápida degradação ruminal para equilibrar o sincronismo de absorção (energia-proteína). No momento que a ureia (NNP) entra em contato com o líquido ruminal ela rapidamente é convertida, produzindo picos de amônia entre 1 a 2 horas após o fornecimento do alimento. Já em casos com o fornecimento de proteína verdadeira, esse pico ocorrerá entre 3 a 4 horas após. A associação entre as duas fontes de N (NNP e PB verdadeira) melhora o

sincronismo de absorção (PB x CHOs), favorecendo o aumento na eficiência da degradação dos CNF por parte da microbiota ruminal, que possivelmente pode contribuir para o aumento nos coeficientes de digestibilidade.

Os coeficientes de digestibilidade foram influenciados pelo tipo de volumoso utilizado, animais que consumiram a dieta contendo feno de Tifton 85 apresentaram superioridade (Tabela 4). Esse fato pode ser explicado pela própria constituição bromatológica dos volumosos utilizados, ao comparar os constituintes nutricionais do feno de Tifton e do bagaço amonizado, pode-se constatar que o bagaço apresenta maiores teores das frações indigestíveis, tanto dos compostos nitrogenados (NIDA - C), quanto dos carboidratos (Tabela 1). De acordo com Weiss et al. (1992), existe relação linear exponencial entre a lignina e a FDNi, que representa a fração “C” dos carboidratos, contribuindo assim para a redução nos seus coeficientes de digestibilidade (Tabela 1).

Ao analisar a diferença na ingestão de água de bebida entre os animais que consumiram 0% de palma (26,4 kg/dia) para os que consumiram 100% (1,8 kg/dia) foi de 23,8 kg, que correspondeu a uma redução total de 508% na água de bebida (Tabela 5). Já para o consumo de água coloidal a diferença foi de 29,5 kg/dia. A água é indiscutivelmente de fundamental importância na produção animal, no entanto, ainda não é dada a devida importância, por parte dos pesquisadores, principalmente em regiões que estão inseridas em territórios classificados com clima áridos e semiáridos. De acordo com Pordeus Neto et al. (2016), a ingestão de água via coloidal sofre influência direta do teor de umidade assim como dos nutrientes presentes no alimento. Dessa forma, devido ao alto teor de umidade da palma forrageira (90,8%) dietas com níveis mais elevados proporcionam incremento na ingestão de água coloidal pelos animais.

De acordo com Nejad et al. (2017), a utilização da água coloidal é de grande valia na nutrição animal. Sua liberação e a absorção pelo metabolismo animal são mais lenta quando comparada a água oriunda da bebida, melhorando a lise dos alimentos, contribuindo para o aumento na eficiência de degradação pela microbiota, além da melhor eficiência das enzimas digestivas. Restrição de água de bebida durante as duas primeiras horas após a oferta de dietas melhora a digestibilidade, não afetando o consumo de MS. Essa melhoria na digestibilidade ocorre pela redução na taxa de passagem do alimento, principalmente na partição rúmen- retículo, permanecendo assim mais tempo no rúmen, possibilitando maior ataque das enzimas microbianas que se

ligam as partículas do alimento (Balch et al., 1953).

A conservação da água coloidal auxilia nas estratégias de manejo alimentar, além de ser uma fonte de extrema qualidade. A ausência de significância ($P > 0,05$) para a ingestão de água total (kg/dia, % PC, $PC^{0,75}$) e sua eficiência (kg MS/kg água total) é uma resposta extraordinária. O aumento na ingestão de água coloidal propiciou redução no consumo de água de bebida sem alterar a ingestão de água total. Na aplicação prática, irá despende-se de menos recursos, se fazendo uma analogia, a economia de água de bebida quando comparado aos animais que consumiram as dietas sem palma, para as que contemplavam 100% de palma forrageira a economia foi de 24,6 kg animal dia, quando se extrapola para um rebanho de 100 animais a economia diária seria de 2460 kg, e mensalmente de 73800 kg de água. Essa água economizada poderia estar entrando no sistema para a irrigação da palma forrageira, tomando, por exemplo, uma lamina de molhação de 20 mm mensais, daria para se irrigar uma área de 0,36 ha, estimando-se uma produtividade anual média de $200 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ano, estaria se produzindo $72 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ MV de palma forrageira, por volta de $7,2 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ MS e $64,8 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de água coloidal, contribuindo para o aumento no aporte forrageiro e hídrico da propriedade, e em consequência aumento da capacidade suporte, possibilitando incremento na lucratividade dos empreendimentos rurais.

Muitos são os fatores que podem afetar a ingestão de alimentos pelos ruminantes, provocando efeito direto no comportamento ingestivo, dentre eles, pode-se destacar a forma física (Carvalho et al., 2007), o consumo de MS, e principalmente o teor de FDN (Mendes et al., 2010) das dietas. Haja vista a proximidade quanto ao teor de FDNcp das dietas (Tabela 2), em que a variação foi de apenas 3,7 pontos percentuais, não sendo o suficiente para proporcionar alterações nas suas atividades comportamentais. Avaliando o comportamento ingestivo de novilhos com peso médio 265,0 kg, testando cinco níveis de substituição (0, 25, 50, 75 e 100%) do milho pela casca de soja peletizada, Resende et al. (2018), mesmo tendo uma variação de 29,1 pontos percentuais nos tores de FDN (27,4 para 56,5% FDN), que representou em um aumento de 106% no teor de FDNcp das dietas, não observaram diferenças para as atividades comportamentais de alimentação, ruminação e ócio.

Corroborando com resultados encontrados por Matini et al. (2018), que avaliando o comportamento ingestivo de novilhos mestiços com peso médio de 200 kg, alimentados com dieta apresentando similaridade quanto aos teores de FDN (66,6%), não verificaram efeito para as atividades comportamentais. Os autores justificam o fato pela

similaridade das características bromatológicas e físicas dos ingredientes fornecidos, principalmente no que abrange o teor de FDN da dieta.

Os consumos de MS e FDNcp foram inferiores ($P < 0,05$) quando contrastado ao tratamento controle do tratamento sem substituição do milho pela palma (Tabela 3), essa diferença no consumo não foi suficiente para que ocasionasse a mudança nas atividades comportamentais eficiências de alimentação da MS e da FDNcp.

De acordo com Pinheiro et al. (2011), as eficiências de ruminação são parâmetros relevantes no que tange as condições do rúmen, pois estão intrinsecamente relacionadas com o tipo de fermentação ruminal, e estão diretamente ligadas ao tipo de alimento consumido. Sabe-se que o componente estrutural e fibroso do volumoso é o item da dieta responsável por estimular a ruminação com a finalidade de diminuir o tamanho das partículas e produzir saliva.

As eficiências de ruminação da MS e da FDNcp foram inferiores ($P < 0,05$) para os animais que consumiram o bagaço amonizado. Esses resultados podem ser explicados pela própria composição dos volumosos em questão, onde o bagaço amonizado possui cerca de 81,1% de FDNcp com 12,3% de lignina, enquanto o feno de Tifton 85 possui 74,3% de FDNcp com 7,3 de lignina (Tabela 1). Por esse fato, os animais que consumiram a fração fibrosa menos digestível (bagaço amonizado) foram menos eficientes. Mc Leond & Minson (1988), comentaram que as atividades de mastigação realizadas durante a ruminação são mecanismos importantes de estímulo a salivação e no processo de redução do tamanho da partícula dos alimentos, respondendo por mais de 80% da quebra total das partículas. Nesses casos, a utilização do bagaço amonizado associado à palma forrageira vem a contornar possíveis distúrbios metabólicos provocados pela baixa efetividade da fração fibrosa da palma forrageira.

O adequado entendimento dos fatores bióticos e abióticos que estão relacionados ao sistema de produção e utilização da palma forrageira é de fundamental importância para que se possa desenvolver técnicas que venham a contribuir no aumento da eficiência produtiva dos sistemas que se baseiam na produção de ruminantes em regiões áridas e semiáridas. A palma apresenta características nutricionais que a permitem utilizá-la como fonte de energia.

Conclusão

Recomenda-se a utilização de 100% da palma forrageira substituindo o milho associada ao bagaço de cana-de-açúcar amonizado em dietas para novilhos confinados, por ter consumos de nutrientes e coeficientes de digestibilidade semelhantes à dieta a com feno de Tifton 85, milho e farelo de soja.

Referências Bibliográficas

ABIDIA, S.; BEN SALEMA, H.; VASTAB, V.; PRIOLOB, A.; Supplementation with barley or spineless cactus (*Opuntia ficusindica f.inermis*) cladodes on digestion, growth and intramuscular fatty acid composition in sheep and goats receiving oaten hay. **Small Ruminant Research**, v.87, n.6, p.9-16, 2009.

Avaliação dos intervalos e números de observações no comportamento ingestivo de novilhas leiteiras confinadas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.12, n.2, p. 480-490, 2011.

AZEVEDO, J. A. G.; VALADARES FILHO, S. C.; PINA, D. S.; CHIZZOTTI, M. L.; VALADARES, R. F. D. A meta-analysis of dry matter intake in Nellore and Zebu-crosses cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.8, p.1801-1809, 2010.

BALCH, C. C. Factors affecting the utilization of food by dairy cows: the effect of limited water intake on the digestibility and rate of passage of hay. **British Journal of Nutrition**, v.7, p.212-224, 1952.

CARVALHO, G. G. P. PIRES, A. J. V.; SILVA, R. R.; CARVALHO, B. M. A.; SILVA, H. G. O.; CARVALHO, L. M. Methodological aspects of chewing activity of dairy goats fed cocoa meal or palm cake. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 1, p. 103-110, 2007.

DETMANN, E.; SOUZA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; QUEIROZ, A.C.; BERCHIELLI, T.T.; SALIBA, E.O.S.; CABRAL, L.S.; PINA, D.S.; LADEIRA, M.M.; AZEVEDO, J.A.G. Métodos para análises de alimentos - INCT – Ciência Animal. **Editora UFV**, p.214, 2012.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro: **Embrapa Solos**, p.412, 1999.

FAO. Climate change, water and food security. **FAO water reportes**, v.36, p.174. 2011. LOPES, R. V. V.; SILVA, F. L. H. Elaboração de fermentados a partir do figo-da-india.

MARTINI, P. M. et al. Comportamento ingestivo de bovinos jovens mantidos em pasto de sorgo ou milho. **Boletim de Indústria Animal**, v.74, n.4, p.308-318, 2017.

MCLEOD, M. N.; MINSON, D. J. Large particle breakdown by cattle eating ryegrass and alfafa. **Journal of Animal Science**, v.66, n.9, p.992-999, 1988.

MENDES, C. Q. FRANÇA, T. V.; SUSIN, I.; PIRES, A. V.; MORAES, J. B.; GENTIL, R. S. Comportamento ingestivo de cordeiros e digestibilidade dos nutrientes de dietas contendo alta proporção de concentrado e diferentes fontes de fibra em detergente neutro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.3, p.594-600, 2010.

MERTENS, D. R. Regulation of forage intake. In: Forage Quality, Evaluation, and Utilization. FAHEY, G. C.; COLLINS JUNIOR, M.; MERTENS, D. R.; MOSER, L. E., ed., American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America, p.450- 493, 1994.

MIOTTO, F. R. C. NEIVA, J. N. M.; RESTLE, J.; FALÇÃO, A. J. S.; CASTRO, K. J.; MACIEL, R. P. Comportamento ingestivo de tourinhos alimentados com dietas contendo níveis de gérmen de milho integral. **Revista Ciência Animal Brasileira**, v.15, n.1, p.45-54, 2014.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrient requirements of dairy cattle. 7. ed. Whashington, D.C.: **National Academic Press**, p.381, 2001.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 7. Ed. rev. Washington, D. C.: **National Academy Press**, p.240, 2000.

NEJAD, J. G. LOHAKARE, J. D.; WEST, J. W.; KIM, B. W.; LEE, B. H.; SUNG, K. I. Effects of water restriction following feeding on nutrient digestibilities, milk yield and composition and blood hormones in lactating holstein cows under heat stress conditions. **Italian Journal of Animal Science**. v.14, n.3, p.479-483, 2017.

PINHEIRO, A. A.; VELOSO, C. M.; SANTANA JUNIOR, H. A.; ROCHA NETO, A.C.; SILVA, R. R.; MENDES, F. B. L.; OLIVEIRA, L. N.; AZEVEDO, S. T.; CECATO, U.

PORDEUS NETO, J.; SOARES, P. C.; BATISTA, A. M. V.; ANDRADE, S. F. J.; ANDRADE, R. P. X.; LUCENA, R. B.; GUIM, A. Balanço hídrico e excreção renal de metabólitos em ovinos alimentados com palma forrageira (*Nopalea cochenillifera salm dyck*) **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.4, n.36, p.322-328, 2016.

Revista de Biologia e Ciências da Terra. v.6, n.2, p.305-315, 2006.

REZENDE, P. L. P.; RESTLE, J.; BILEGO, U. O.; FERNANDES, J. J. R.; MISSIO, R. L.; MENEZES, R. G.; GUIMARÃES, T. P. Digestibilidade e comportamento ingestivo de bovinos alimentados com níveis casca de soja em substituição ao milho em dietas de alta proporção de concentrado. **Ciências Agrárias**, v.39, n.1, p.363-372, 2018.

SCHNEIDER, B. H.; FLATT, W. P The evaluation of feeds through digestibility experiments. **The University of Georgia Press**, p.423, 1975.

SILVA, J. J. SALIBA, E. O. S.; BORGES, I.; GONÇALVES, L. C.; RPDRIGUÉZ, N. M.; AROEIRA, L. J. M.; SILVA, A. G. M.; COSTA, F. J. N. Indicadores para estimativa de consumo total por novilhas holandês x zebu mantidas em confinamento. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.11, n.3, p.838-848, 2010.

SILVA, N. G. M.; SANTOS, M. V. F.; DUBEUX JUNIOR, J. C. B.; CUNHA, M. V.; LIRA, M. A.; FERRAZ, I. Effects of planting density and organic fertilization doses on productive efficiency of cactus pear. **Revista Caatinga**, v.29, n.4, p.976 -983, 2016.

WEISS, W. P. Energy prediction equations for ruminant feeds. In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE FEED MANUFACTURES, 61., 1999, Ithaca. Proceedings... Ithaca: **Cornell University**, p.176-185, 1999.

VI - CONCLUSÕES FINAIS

Recomenda-se o cultivar Miúda colhido aos 730 dias e a dose de 450 kg.ha⁻¹ (93 N - 31 P₂O₅ – 326 K₂O) de adubo por apresentar maior concentração energética e proteica e por apresentar maiores índices produtivos.

Recomenda-se a utilização de 100% da palma forrageira substituindo o milho associada ao bagaço de cana-de-açúcar amonizado em dietas para novilhos confinados, por ter consumos de nutrientes e coeficientes de digestibilidade semelhantes à dieta a com feno de Tifton 85, milho e farelo de soja.