

VALOR NUTRITIVO DA PALMA FORRAGEIRA 'GIGANTE' CULTIVADA SOB DIFERENTES ESPAÇAMENTOS E DOSES DE ESTERCO BOVINO¹

PAULO EMILIO RODRIGUES DONATO^{2*}, AURELIANO JOSÉ VIEIRA PIRES³, SÉRGIO LUIZ RODRIGUES DONATO², JOÃO ABEL DA SILVA², AURELUCI ALVES DE AQUINO²

RESUMO - Objetivou-se com o presente estudo avaliar o valor nutritivo da palma forrageira cultivada sob diferentes espaçamentos de plantio e doses de esterco bovino aplicadas ao solo. O experimento foi implantado em um Latossolo Vermelho-Amarelo, em Guanambi, Bahia. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com 12 tratamentos dispostos em esquema fatorial, 4 x 3, quatro doses de esterco bovino (0; 30; 60 e 90 Mg ha⁻¹ ano⁻¹) e três espaçamentos de plantio, dois em fileiras simples (1,0 x 0,5 e 2,0 x 0,25 m) e um em fileira dupla (3,0 x 1,0 x 0,25 m), e três repetições. Nos espaçamentos de plantio utilizados, manteve-se a mesma densidade populacional de 20.000 plantas ha⁻¹. O valor nutritivo dos cladódios foi avaliado aos 600 dias após o plantio. Os dados foram submetidos à análise de variância e posteriormente realizadas comparações entre as médias dos diferentes espaçamentos pelo Teste de Tukey e análise de regressão para as diferentes doses de esterco e, quando significativas, as interações foram desdobradas. As doses de esterco bovino influenciaram de forma crescente, o teor de proteína bruta, nitrogênio total, proteína de rápida e intermediária degradação. Houve diminuição nos teores de hemicelulose, carboidratos totais, nitrogênio insolúvel em detergente neutro e ácido em função do nitrogênio total e proteína indigerível. Assim, o incremento das doses de esterco aplicadas ao solo melhora o valor nutritivo da forragem de palma e os espaçamentos de plantio pouco influenciam o valor nutritivo da palma forrageira.

Palavras-chave: *Opuntia*, Adubação orgânica, Arranjo de plantas, Composição bromatológica.

NUTRITIONAL VALUE OF CACTUS PEAR 'GIGANTE' CULTIVATED UNDER DIFFERENT SPACING AND CATTLE MANURE

ABSTRACT - The objective of this study to evaluate the nutritional value of cactus pear grown under different planting spacings and doses of cattle manure applied to soil. The experiment was implemented in an Oxisol in Guanambi, Bahia. The experimental design was randomized blocks with 12 treatments arranged in a factorial 3 x 4, four doses of cattle manure (0, 30, 60 and 90 Mg ha⁻¹ yr⁻¹) and three planting space, two in single rows (1,0 x 0,5 and 2,0 x 0,25 m) and a double row in (3,0 x 1,0 x 0,25 m) and three repetitions. In the planting spaces used, the same population density of 20,000 plants ha⁻¹ was maintained. The nutritional value of cladodes was evaluated at 600 days after planting. Data were subjected to analysis of variance and subsequently comparisons were made between the means of different spacings by the Tukey Test and regression analysis for the different doses of manure and, when significant, interactions were unfolded. The manure of cattle increasingly influenced the content of crude protein, total nitrogen, protein and rapid intermediate degradation. There was a decrease in hemicellulose levels, total carbohydrates, neutral and acid detergent insoluble nitrogen as a function of total nitrogen and indigestible protein. Thus, the increase in doses of manure applied to soil improves the quality of the nutritive value of forage palm and planting spaces barely influence the quality of cactus pear.

Keywords: *Opuntia*, Organic manure, Plant arrangement, Bromatologic composition

*Autor para correspondência.

¹Recebido para publicação em 21/06/2012; aceito em 24/02/2014

Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor apresentada à UESB.

²IFBaiano-Campus Guanambi, Caixa Postal 009, Distrito de Ceraíma, CEP 46.430-000. Guanambi-BA. Email: paulo.donato@guanambi.ifbaiano.edu.br, sergio.donato@guanambi.ifbaiano.edu.br, joao.silva@guanambi.ifbaiano.edu.br, aureluci.aquino@guanambi.ifbaiano.edu.br

³Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), Campus Juvino Oliveira, Praça Primavera n° 40, CEP 45.700-000. Itapetinga-BA. Email: aurelianojvp@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

Segundo Resende et al. (2007), o homem ao se deparar com problemas do meio físico, por exemplo, a escassez d'água, comum nas regiões semiáridas, pode adotar estratégias de redução ou convivência com as limitações. A primeira envolve maior custo, maior nível tecnológico e incorre em maior impacto ambiental, a segunda exige menos recursos, menor aporte de tecnologia e é ambientalmente mais equilibrada.

Diante disso, a palma forrageira, uma planta xerófila, suculenta, com fisiologia caracterizada pelo processo fotossintético Metabolismo Ácido das Crasuláceas (CAM) (FARIAS et al., 2000), e que possui adaptações morfológicas aos estresses de seca, calor e radiação, comuns no semiárido, constitui uma alternativa fundamental para esta região caracterizada pela escassez na produção de forragens, durante o período seco.

A palma forrageira apresenta baixo teor de matéria seca, variando de 8,24 a 16,32% (SANTOS et al., 2005), possui valores de fibra considerados baixos (SANTOS et al., 2001), os teores de fibra em detergente ácido (FDA) estão em torno de 14,29 a 22,39 dag kg⁻¹ e fibra em detergente neutro (FDN) 17,6 a 26,7 dag kg⁻¹ para a cultivar Gigante (SANTOS et al., 2005); e a proteína bruta proveniente da palma forrageira é insuficiente para o adequado desempenho animal, quando fornecida como volumoso exclusivo (FERREIRA et al., 2008). É considerada uma fonte energética de grande potencialidade para a nutrição de ruminantes, principalmente, no Nordeste brasileiro (TOSTO et al., 2007).

A despeito disso, no período chuvoso e com adequada disponibilidade de nutrientes, é de se esperar que a palma forrageira ajuste o padrão de captação de CO₂, aumentando a produtividade líquida, o que assegura maiores reservas para a seca. Assim, manejo de espaçamento e adubação podem melhorar o uso da radiação e o status nutricional da planta com incremento nas taxas fotossintéticas, no crescimento, na produtividade e, conseqüentemente, no valor nutritivo da forragem produzida, como argumenta Nobel (2001).

A adubação orgânica é uma prática antiga que consiste na utilização de resíduos vegetal e animal para o fornecimento de nutrientes às plantas, com a finalidade de aumentar a sua produtividade (MYASAKA et al., 1984). A matéria orgânica estimula a atividade biológica, potencializa a retenção de água e a formação de agregados no solo e também altera a composição das substâncias húmicas (NARDI et al., 2003; RIVERO et al., 2004), melhorando a conservação do solo, pois aumenta os estoques de carbono orgânico e nitrogênio total (LEITE et al., 2003) e é de fácil acesso aos produtores rurais da região quando comparada à adubação inorgânica.

Pesquisas são conduzidas com a finalidade de se definir o melhor ajuste de distâncias entre linhas e

plantas para os sistemas de produção (OLIVEIRA JUNIOR. et al., 2009; SILVA et al., 2013). Os espaçamentos menos adensados facilitam os tratos culturais, diminuem os riscos de pragas, enquanto nos adensados, utilizados recentemente, os tratos culturais e a colheita são dificultados, aumentando os gastos com a mão de obra (TELES et al., 2002), porém proporcionam incremento de produtividade, devido ao aumento do índice de área de cladódios (NOBEL, 2001) e, conseqüentemente, melhor utilização da radiação.

Com presente trabalho objetivou-se avaliar o valor nutritivo da palma forrageira cultivada sob diferentes combinações de espaçamentos de plantio e doses de esterco bovino aplicadas ao solo, nas condições semiáridas do Sudoeste Baiano.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado no Instituto Federal Baiano, *Campus* Guanambi, Bahia na latitude de 14°13'33''S, longitude de 42°46'53''O, altitude de 525m, media anual de precipitação de 680 mm e temperatura media anual de 26 °C. A implantação do palmar com a variedade Gigante, *Opuntia ficus-indica* Mill foi em setembro de 2009, antes do período chuvoso, em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico, A fraco, textura média, fase Caatinga hipoxerófila, relevo plano a ondulado suave. A precipitação no período do cultivo que corresponde de setembro de 2009 a junho de 2011 foi de 1393,29 mm, assim distribuídos: 611,24 mm de setembro 2009 a maio de 2010 e 782,05 mm de outubro de 2010 a abril de 2011.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso em esquema fatorial 4 x 3, com três repetições. O primeiro fator foi constituído de quatro doses de adubação orgânica (0; 30; 60 e 90 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco bovino) e o segundo fator, de três espaçamentos (1,0 x 0,5; 2,0 x 0,25 e 3,0 x 1,0 x 0,25 m). A área da parcela foi de 64 m² (16 x 4 m), com área útil de 16 m² (8 x 2 m) e área total de 2.304 m². Nos espaçamentos de plantio utilizados, manteve-se a mesma densidade populacional de 20.000 plantas ha⁻¹.

Antes do preparo do solo, o mesmo foi amostrado na profundidade de 0 a 20 cm, para a realização das análises químicas e textural (Tabela 1), procedidas no Laboratório de Análise de Solo da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Campus Vitória da Conquista.

A área foi subsolada, arada, gradeada e posteriormente sulcada nos espaçamentos de plantio. A adubação orgânica foi feita no sulco de plantio conforme as doses previstas de esterco fresco, de uma única vez e repetida com um ano na outra estação de crescimento. O esterco bovino foi incorporado ao solo com próprio sulcador, e o sulco reaberto para plantio das mudas. O esterco bovino utilizado apresentava a seguinte composição: matéria orgânica

Tabela 1. Características químicas médias do solo referente à área ocupada pelos blocos 1, 2 e 3.

Parâmetros	Unidade	Bloco1	Bloco 2	Bloco 3
pH	-	5,60	5,33	5,33
P	mg dm ⁻³	27,25	10,75	11,00
K ⁺	cmol _c dm ⁻³	0,28	0,27	0,31
Ca ²⁺	cmol _c dm ⁻³	2,44	1,93	1,68
Mg ²⁺	cmol _c dm ⁻³	0,89	0,92	0,88
Al ³⁺	cmol _c dm ⁻³	0,11	0,19	0,17
H ⁺	cmol _c dm ⁻³	1,69	1,67	1,71
Na ⁺	cmol _c dm ⁻³	0,00	0,07	0,06
S.B.	cmol _c dm ⁻³	3,62	3,13	2,88
t	cmol _c dm ⁻³	3,73	3,32	3,04
T	cmol _c dm ⁻³	5,42	4,98	4,75
V	%	66,58	62,42	60,42
m	%	3,08	6,08	5,42
PST	%	0,00	1,00	1,00
M.O.	g dm ⁻³	16,17	14,42	13,42
Cu ⁺⁺	mg dm ⁻³	0,38	0,38	0,33
Mn ⁺⁺	mg dm ⁻³	15,38	18,46	19,00
Zn ⁺⁺	mg dm ⁻³	2,02	1,21	1,03
Fe ⁺⁺	mg dm ⁻³	6,67	6,04	6,25
Classe textural		Franco argilo arenosa		

63,73 g kg⁻¹, umidade a 65 °C, 16,72 %; macronutrientes: Ca, Mg, K, P, N e S com 1,7; 0,2; 2,5; 4,7; 5,2 e 2,3 g kg⁻¹, nesta ordem, e micronutrientes: B, Cu, Zn, Mn e Fe com 2,1; 45,2; 200,5; 391,8 e 1.932,4 mg kg⁻¹, respectivamente. pH 7,42 e densidade, 0,38 g cm⁻³. As características físicas e químicas do esterco foram determinadas no Laboratório de Matéria Orgânica e Resíduos do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

Os cladódios muda foram selecionados de um único palmar com quinze anos de idade e cerca de dois anos sem colher. Após a colheita permaneceram na sombra por 15 dias para a cura, sendo posteriormente plantados. Os cladódios foram plantados com a face de maior largura no sentido leste/oeste, enterrados cerca de 50% no solo para melhor fixação. O controle de plantas invasoras foi feito com o uso da enxada, duas capinas e herbicida, duas aplicações de glifosato, na dose de 200 ml de produto comercial 20 L⁻¹ de água durante as estações chuvosas.

Foi realizada amostragem para determinação da composição nutricional aos 600 dias após o plantio, por ocasião da colheita. Com o auxílio de uma serra copo acoplada à furadeira a bateria, coletaram-se cerca de 50 amostras de 25 g em cada parcela experimental perfazendo um total de 1.250 g. As amostras foram coletadas no centro dos cladódios considerando todas as ordens de cladódios que se colheriam no corte para uso como forragem. Pesaram-se 1.000 g de amostra verde, que foram secas em estufa de ventilação forçada a 60°C, por 72 horas. Determi-

naram-se de acordo com as metodologias descritas por Silva & Queiroz (2009): matéria seca (MS), nitrogênio total (NT), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína (FDN_{CP}), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose, celulose, lignina, cinza, extrato etéreo (EE), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) e nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN). A digestibilidade *in situ* da matéria seca (DIS_{MS}) foi determinada, incubando no rúmen de um bovino, por um período de 48 horas, com a utilização de sacos de TNT medindo 5 x 5 cm, e utilizando 20 mg de amostra pré-seca por cm².

O fracionamento dos carboidratos e componentes nitrogenados foi realizado utilizando-se as metodologias propostas por Licitra et al. (1996) e Fox et al. (2003).

O fracionamento dos compostos nitrogenados resultou na obtenção das seguintes frações: nitrogênio não protéico (A), proteína verdadeira de degradação enzimática rápida e intermediária (B1 + B2), proteína verdadeira que apresenta degradação enzimática lenta (B3) e proteína indigerível (C), compreendida pelo nitrogênio, determinado no resíduo da fibra em detergente ácido (FDA) e multiplicado pelo fator 6,25. O nitrogênio não-protéico, representado pela fração "A", foi determinado após o tratamento da amostra com ácido tricloroacético a 10% (LICITRA et al., 1996), sendo obtido pela diferença entre o nitrogênio total e o nitrogênio insolúvel. A

fração "B3" foi determinada pela mensuração do teor de proteína bruta (PB) no FDN, subtraído do valor de PB encontrado no FDA. As frações "B1 + B2" foram obtidas pela diferença entre o nitrogênio total e as frações A, B3 e C.

As frações que compõem os carboidratos totais (CHT) foram estimadas conforme Sniffen et al. (1992), obtidas com a seguinte fórmula: $CHT = 100 - (PB + EE + MM)$ em que PB corresponde à proteína bruta da amostra, EE ao extrato etéreo e MM às cinzas. Os carboidratos não-fibrosos (CNF), que correspondem às frações "A + B1", foram estimados pela seguinte fórmula: $CNF = 100 - (PB + FDN_{CP} + EE + MM)$ em que FDN_{CP} corresponde ao FDN, corrigido o seu conteúdo para cinzas e proteína. A fração "B2" (fibra disponível) foi resultante da diferença entre a FDN_{CP} e a fração de fibra indigerível ("C"). A fração "C", que representa a fibra indigerível, foi estimada por meio da multiplicação do valor percentual da fração de lignina pelo fator 2,4. As análises foram realizadas no Laboratório de Forragicultura e Pastagens da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), Campus Juvino Oliveira (Itapetinga).

Os dados das características avaliadas foram submetidos às análises de variância. Procederam-se comparações entre as médias dos diferentes espaçamentos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e

análises de regressão para as diferentes doses de esterco bovino aplicadas ao solo e, quando significativas, as interações foram desdobradas. Os procedimentos estatísticos foram conduzidos utilizando-se o SAEG (Sistema para análises estatísticas. Versão 9.1. CD-ROM. Viçosa: FUNARBE, UFV, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o teor de matéria seca (MS) a interação entre espaçamentos e doses de esterco bovino foi significativa ($P < 0,05$). O teor médio de MS foi de $96,0 \text{ g kg}^{-1}$ (Tabela 2), o que está de acordo com a maioria dos dados citados na literatura (FARIAS et al., 2000; MELO et al., 2003). O teor de MS na palma forrageira cultivada nos diferentes espaçamentos de plantio foi similar estatisticamente para as diferentes doses de esterco aplicadas ao solo. Sem adição de esterco bovino ao solo, o teor de MS foi maior para a palma forrageira cultivada no espaçamento em fileira dupla, $3,0 \times 1,0 \times 0,25 \text{ m}$, comparado ao espaçamento em fileira simples $2,0 \times 0,25 \text{ m}$, com a mesma distância entre plantas na fileira. Para as demais doses de esterco aplicadas ao solo o teor de matéria seca da palma forrageira não diferiu entre os espaçamentos de plantio testados.

Tabela 2. Teor de matéria seca (g kg^{-1}) em tecidos da palma forrageira cultivada sob diferentes espaçamentos e doses de esterco aos 600 dias após plantio.

Espaçamento (m)	Doses de esterco bovino ($\text{Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$)				Média
	0	30	60	90	
1,0 x 0,5	106,0 ab	85,0 a	116,0 a	95,0 a	100,0
2,0 x 0,25	77,0 b	102,0 a	89,0 a	97,0 a	92,0
3,0 x 1,0 x 0,25	114,0 a	78,0 a	92,0 a	102,0 a	96,0
Médias	99,0	88,0	99,0	98,0	96,0
CV (%)					14,7

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

CV – coeficiente de variação

No espaçamento $3,0 \times 1,0 \times 0,25 \text{ m}$, o teor médio de MS ajustou ao comportamento quadrático em função das doses de esterco (Figura 1). O modelo ajustado estima o menor teor de matéria seca, $93,0 \text{ g kg}^{-1}$, quando se aplica a dose de $55,0 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de esterco. Para os espaçamentos $1,0 \times 0,5 \text{ m}$ e $2,0 \times 0,25 \text{ m}$ não houveram ajustamentos de modelo.

O teor de matéria seca em tecidos de cladódios de palma forrageira varia de acordo com a idade da planta e dos cladódios. Cladódios mais novos apresentam menores teores de matéria seca e os mais velhos, maiores teores. A adubação com matéria orgânica induz o crescimento da planta promovendo o aparecimento de novos cladódios, o que pode justificar a diminuição do teor de MS nas doses de 30 e

$60 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, e o posterior pequeno aumento do teor de MS para a dose de $90 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, porém inferior à concentração encontrada quando não se aplicou esterco, pois no tratamento sem esterco existe um menor crescimento da planta, permitindo assim um maior acúmulo no teor de MS. Em realidade ocorre um efeito de diluição, uma vez que a produção de massa fresca propiciada pelo crescimento no período favorável é bem mais intensa proporcionalmente à produção de MS.

A palma forrageira possui camadas de células especializadas nos cladódios para estocar água. A partição de assimilados em xerófilas, com dificuldade para aquisição de carbono em função de mecanismos anti estresse, favorece a formação de uma rede

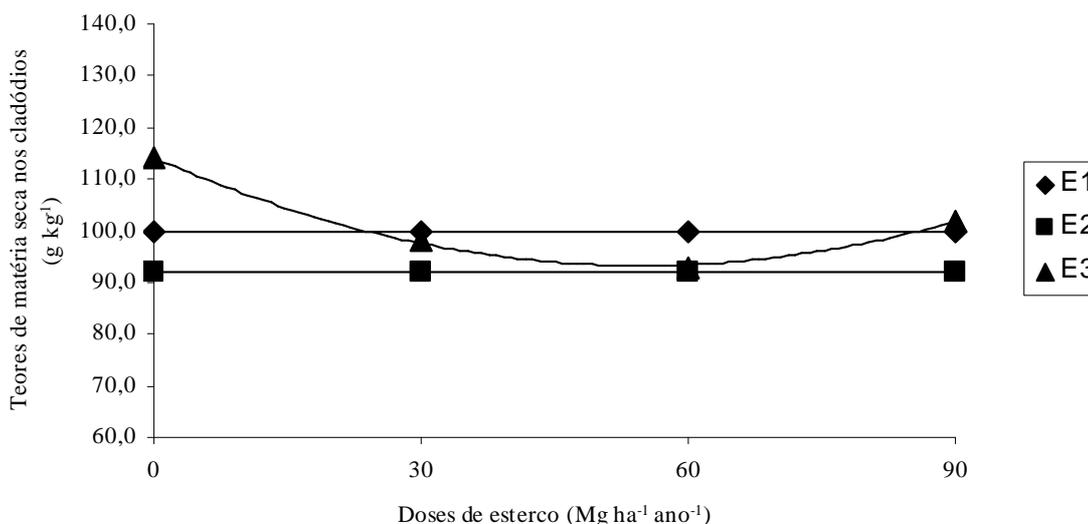


Figura 1. Teor de matéria seca em tecidos de palma forrageira 600 dias após plantio, cultivada sob diferentes espaçamentos ($E_1= 1,0 \times 0,5$; $E_2= 2,0 \times 0,25$ e $E_3= 3,0 \times 1,0 \times 0,25$ m) e doses de esterco bovino * significativo à 5%; ** significativo à 1% ; pelo teste t.

de suporte e xilema bem desenvolvido em vez de um lenho maciço, com decréscimo na matéria seca. Adicionalmente, evitam o estresse de forma temporal, crescendo intensamente sob condições (LARCHER, 2000) de maior disponibilidade hídrica e de nutrientes, resultando em incremento da área de cladódios, com grande acúmulo de água, em detrimento do balanço de CO_2 e de matéria seca.

Farias et al. (2000) estudando o teor médio de MS na palma forrageira, encontraram efeito para espaçamentos de plantio, com valores entre 91,0 a 101,0 $g\ kg^{-1}$, onde o maior teor ocorreu no espaçamento de fileira simples e o menor nos de fileiras dupla, quando se manteve a mesma população de plantas.

Teles et al. (2002) observaram teor de MS na palma forrageira de 73,0 $g\ kg^{-1}$, justificado pela menor idade da planta e pelo manejo aplicado, em palma com 270 dias após plantio, cultivadas em vaso, em casa de vegetação, com irrigações frequentes. Andrade et al. (2002) e Albuquerque et al. (2002) trabalhando com palma forrageira na alimentação de vacas descrevem teor médio de MS da ordem de 126,0 e 116,0 $g\ kg^{-1}$, valores acima do encontrado no presente trabalho (96,0 $g\ kg^{-1}$).

Os teores de proteína bruta (PB) variaram com as doses de esterco bovino aplicadas ao solo, independentemente dos espaçamentos de plantio utilizados (Figura 2A). O teor médio de proteína bruta foi de 107,0 $g\ kg^{-1}$. A palma forrageira tradicionalmente é conhecida como uma planta com baixo teor de proteína bruta, em média de 46,0 $g\ kg^{-1}$ (SANTOS et al., 2005), 48,3 $g\ kg^{-1}$ (TOSTO et al., 2007), 51,0 $g\ kg^{-1}$ (MELO et al., 2003), 45,0 $g\ kg^{-1}$ (FARIAS et al., 2000), 45,0 $g\ kg^{-1}$ (ANDRADE et al., 2002), 45,0 $g\ kg^{-1}$ (WANDERLEY et al., 2002). Esses valores são bem inferiores ao encontrado no presente trabalho. Assim, pode-se inferir que a adu-

bação melhora o status nutricional da planta com incremento nas taxas fotossintéticas, no crescimento, na produtividade e, conseqüentemente, no valor nutritivo da forragem produzida.

Farias et al. (2000) estudaram a influência dos espaçamentos de plantio nos teores de proteína na palma forrageira e não encontraram significância. Silva et al. (2013) constataram maiores teores de proteína bruta em palmar adubado com NPK e NP, comparado às adubações com P e sem adubação, independentemente do espaçamento, fato que concorda com os resultados do presente trabalho.

Os teores de proteína bruta nos cladódios de palma forrageira apresentaram um comportamento linear ascendente em resposta às doses de esterco aplicadas ao solo (Figura 2A). Para cada 30 $Mg\ ha^{-1}\ ano^{-1}$ de esterco aplicado estima-se uma incorporação de 8,4 $g\ kg^{-1}$ de proteína bruta nos cladódios da palma forrageira em função do modelo ajustado. Dubeux Junior et al. (2006) concluíram que a fertilização com nitrogênio pode aumentar o teor de proteína da palma forrageira, e mostraram que o teor de nitrogênio aumentou de 6,7 $g\ kg^{-1}$ (palmar sem adubação) para 13,9 $g\ kg^{-1}$ (com adubação de 300 $kg\ ha^{-1}$ de nitrogênio); e que o teor de proteína bruta da palma forrageira passou de 42,0 $g\ kg^{-1}$ para 87,0 $g\ kg^{-1}$, sendo possível melhorar o valor protéico da forragem com a fertilização da cultura. Os dados dos autores corroboram com os resultados aqui apresentados, onde o teor protéico de 95,0 $g\ kg^{-1}$ para o tratamento sem adição de esterco bovino, atinge 120,0 $g\ kg^{-1}$ ao se aplicar 90 $Mg\ ha^{-1}\ ano^{-1}$ de esterco bovino. Peixoto (2009) trabalhando com palma forrageira adubada na dose 20 $Mg\ ha^{-1}$ de esterco, obteve efeito positivo no teor protéico, de 42,9 para 51,5 $g\ kg^{-1}$, com incremento de 8,6 $g\ kg^{-1}$, pouco superior ao aqui encontrado (8,4 $g\ kg^{-1}$ para cada 30 $Mg\ ha^{-1}\ ano^{-1}$ de esterco aplicado).

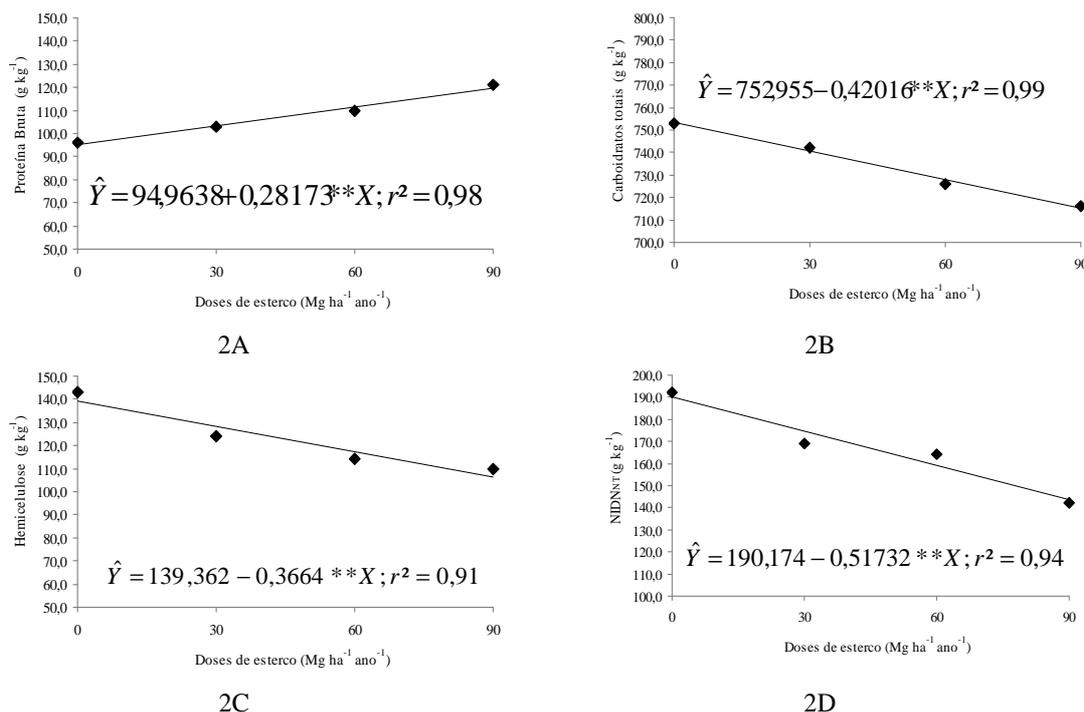


Figura 2. Teor de proteína bruta (PB) (2A), carboidratos totais (CHT) (2B), de hemicelulose (2C) e de nitrogênio insolúvel em detergente neutro em função do nitrogênio total (NIDN_{NT}) (2D) em tecidos de cladódios de palma forrageira 600 dias após plantio, adubada com diferentes doses de esterco bovino
* significativo à 5%; ** significativo à 1%; pelo teste t.

O teor de proteína está diretamente relacionado ao teor de nitrogênio nos cladódios da palma forrageira, que é função da disponibilidade de nitrogênio no solo. Essas respostas são justificadamente esperadas, pois nitrogênio é parte integrante de aminoácidos, proteínas, enzimas, DNA e RNA (purinas e pirimidinas), clorofila, coenzimas, colina e ácido indolilacético (MARSCHNER, 1995).

Esse teor de proteína bruta relativamente elevado justifica-se também pelo ativo crescimento da planta, pois a amostragem foi realizada no início da estação seca, com muitos cladódios novos na planta. Mesmo sendo considerado um alimento com baixo teor de proteína bruta (40,0 a 100,0 g kg⁻¹), a palma forrageira é um dos poucos alimentos disponíveis para os animais no período seco.

O teor médio encontrado de carboidratos totais (CHT) na palma forrageira foi de 734,0 g kg⁻¹. O teor de CHT decresceu linearmente de 753,0 para 715,0 g kg⁻¹, com o incremento das doses de 0 para 90 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco (Figura 2B). O decréscimo dos CHT, que incluem açúcares solúveis, amido e fibras, associado ao crescimento da planta, com adição de tecidos mais tenros, induz um menor teor de CHT, menos lignificados, melhorando o valor nutritivo da forragem produzida. Segundo Balsalobre et al. (2003), a variação na qualidade dessa fração interfere na disponibilidade de energia para o ruminante, ou seja, a maturidade da planta causa alteração nos constituintes da parede celular, diminuindo, assim, os teores de carboidratos não fibrosos e, conse-

quentemente, o fornecimento de energia de rápida degradação para os microrganismos ruminais.

Comportamento semelhante foi observado por Peixoto (2009). O autor constatou decréscimo no teor de CHT de 813,0 para 799,0 g kg⁻¹, apesar de não ter encontrado diferença significativa entre os tratamentos sem adubação e com adubação orgânica na dose de 20 Mg ha⁻¹, o que é justificado, pois a dose aplicada foi relativamente baixa. Segundo Henriques et al. (2007) o aumento no teor de nitrogênio provoca redução no teor de carboidratos fibrosos da parede celular para algumas gramíneas. Valores próximos foram encontrados por Andrade et al. (2002), Melo et al. (2003) e Tosto et al. (2007), 880,0; 786,0 e 779,0 g kg⁻¹, respectivamente.

O teor médio de hemicelulose encontrado na palma forrageira foi de 123,0 g kg⁻¹. Houve decréscimo de forma linear de 139,0 para 106,0 g kg⁻¹ da dose 0 para a dose de 90 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco (Figura 2C). Tosto et al. (2007) encontraram valor inferior (33,0 g kg⁻¹) para o teor de hemicelulose em seu trabalho.

A média do teor de nitrogênio insolúvel em detergente neutro em função do nitrogênio total (NIDN_{NT}) foi de 167,0 g kg⁻¹. Os valores variaram de forma inversa com a adição de esterco, decresceram linearmente (Figura 2D), de 190,0 g kg⁻¹ nos tratamentos sem adubação para 144,0 g kg⁻¹ com 90 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco bovino. A adição de esterco de bovino eleva o teor de nitrogênio nos tecidos dos cladódios, diminuindo o nitrogênio insolúvel em

detergente neutro, pois com o crescimento de novos tecidos, diminui o teor de fibras, a qual o nitrogênio insolúvel está aderido (parede celular).

Os teores de $NIDA_{NT}$, avaliados aos 600 DAP, em tecidos de cladódios de palma forrageira decresceram de forma linear com a adição de esterco (Figura 3A), de 153,0 g kg⁻¹ no tratamento sem adubação para 117,0 g kg⁻¹ com 90 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco. Para o $NIDA_{NT}$ as doses de esterco bovino aumentam o teor de nitrogênio no cladódio, diminuindo o nitrogênio insolúvel em detergente ácido aderido à parede celular. A concentração de $NIDA$ em forragens tem uma alta correlação negativa com a digestibilidade aparente da proteína, é constituída por nitrogênio associado à lignina, complexos tâni-

cos-protéicos e produtos de Maillard, altamente resistentes à degradação microbiana e enzimática, sendo, portanto, considerada inaproveitável tanto no rúmen quanto nos intestinos.

Para o nitrogênio insolúvel em detergente ácido em função do nitrogênio total ($NIDA_{NT}$), ocorreram diferenças entre as médias ($P < 0,05$) para espaçamentos de plantio utilizados e doses de esterco bovino aplicadas ao solo, de forma independente, sem interação entre os fatores testados. O teor médio de ($NIDA_{NT}$) encontrado foi de 135,0 g kg⁻¹ (Tabela 3). O maior teor ocorreu no espaçamento 2,0 x 0,25 m e o menor no espaçamento 1,0 x 0,5 m. Não houve diferença entre 2,0 x 0,25 e 3,0 x 1,0 x 0,25 m, assim como entre 1,0 x 0,5 e 3,0 x 1,0 x 0,25 m.

Tabela 3. Teor de nitrogênio insolúvel em detergente ácido em função do nitrogênio total ($NIDA_{NT}$), de cinza e de proteína indigerível (C) em tecidos de palma forrageira cultivadas sob diferentes espaçamentos aos 600 dias após plantio

Espaçamento (m)	$NIDA_{NT}$ (g kg ⁻¹)	Cinza (g kg ⁻¹)	C (g kg ⁻¹)
1,0 x 0,5	123,0 b	132,0 b	123,0 b
2,0 x 0,25	148,0 a	149,0 a	148,0 a
3,0 x 1,0 x 0,25	135,0 ab	142,0 ab	135,0 ab
Média	135,3	141,0	135,3
CV	18,1	7,5	18,1

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

CV= coeficiente de variação

O teor médio de cinza foi 141,0 g kg⁻¹ (Tabela 3). As médias diferiram ($P < 0,05$) para espaçamentos, independentemente das doses de esterco bovino aplicadas ao solo. O maior teor ocorreu no espaçamento 2,0 x 0,25 m (149,0 g kg⁻¹) e o menor no 1,0 x 0,5 m (132,0 g kg⁻¹). Não houve diferença entre 2,0 x 0,25 e 3,0 x 1,0 x 0,25 m, assim como entre 1,0 x 0,5 e 3,0 x 1,0 x 0,25 m. O teor médio de cinza foi semelhante ao descrito por Melo et al. (2003) de 142,0 g kg⁻¹; Peixoto (2009) de 134,0 g kg⁻¹; Souza et al. (2010) de 142,0 g kg⁻¹ e inferior ao encontrado por Tosto et al. (2007) de 163,0 g kg⁻¹.

A média do teor de nitrogênio total (NT) da palma forrageira encontrada foi de 17,2 g kg⁻¹. Os teores de nitrogênio total aumentaram com incrementos das doses de esterco aplicadas ao solo (Figura 3B), mostrando um comportamento linear positivo. Pelo modelo ajustado estima-se que para cada 30 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco aplicado, houve uma incorporação de 1,3 g kg⁻¹ de nitrogênio, passando de 15,2 g kg⁻¹, no tratamento sem adição de esterco, para 19,2 g kg⁻¹ na dose 90 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco, melhorando o valor nutritivo da forragem, que se traduz em aumento do teor protéico da palma. Assim como para a proteína bruta, o teor de nitrogênio nos tecidos de cladódios de palma forrageira é dependente da disponibilidade de nitrogênio no solo. No presente trabalho as doses de nitrogênio aportadas ao solo foram da ordem de 130; 260 e 390 Kg ha⁻¹ ano⁻¹.

O teor médio de proteína de rápida e de intermediária degradação (B1 + B2) foi de 495,0 g kg⁻¹. A proteína verdadeira de rápida e intermediária degradação (B1 + B2) variou de 464,0 a 525,0 g kg⁻¹ para as doses 0 e 90 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco bovino aplicado ao solo (Figura 3C). Isso implica em incremento dessa fração de 131,0 g kg⁻¹, provavelmente, em função da maior disponibilidade de nitrogênio no solo para a planta de palma forrageira. Segundo Sniffen et al. (1992), a fração B1 + B2, por apresentar rápida taxa de degradação ruminal em relação à fração B3, tende a ser extensivamente degradada no rúmen, contribuindo para o atendimento dos requisitos de nitrogênio dos microrganismos ruminais.

Os resultados para os teores de proteína indigerível (C) encontram-se na Tabela 3. O valor médio encontrado foi de 135,0 g kg⁻¹. A proteína indigerível apresentou diferença ($P < 0,05$) para os espaçamentos utilizados e doses de esterco bovino adicionadas ao solo, de maneira independente. O maior teor médio de proteína indigerível (C) ocorreu no espaçamento 2,0 x 0,25 m e o menor no 1,0 x 0,5 m. Não houve diferença entre 2,0 x 0,25 e 3,0 x 1,0 x 0,25 m, assim como entre 1,0 x 0,5 e 3,0 x 1,0 x 0,25 m.

O teor de proteína indigerível decresceu de forma linear com o aumento das doses de esterco aplicadas ao solo (Figura 3D). Variou de 153,0 g kg⁻¹ no tratamento sem adubação para 117,0 g kg⁻¹ no tratamento com 90 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco bovino. À medida que aumenta o aporte de nitrogênio no

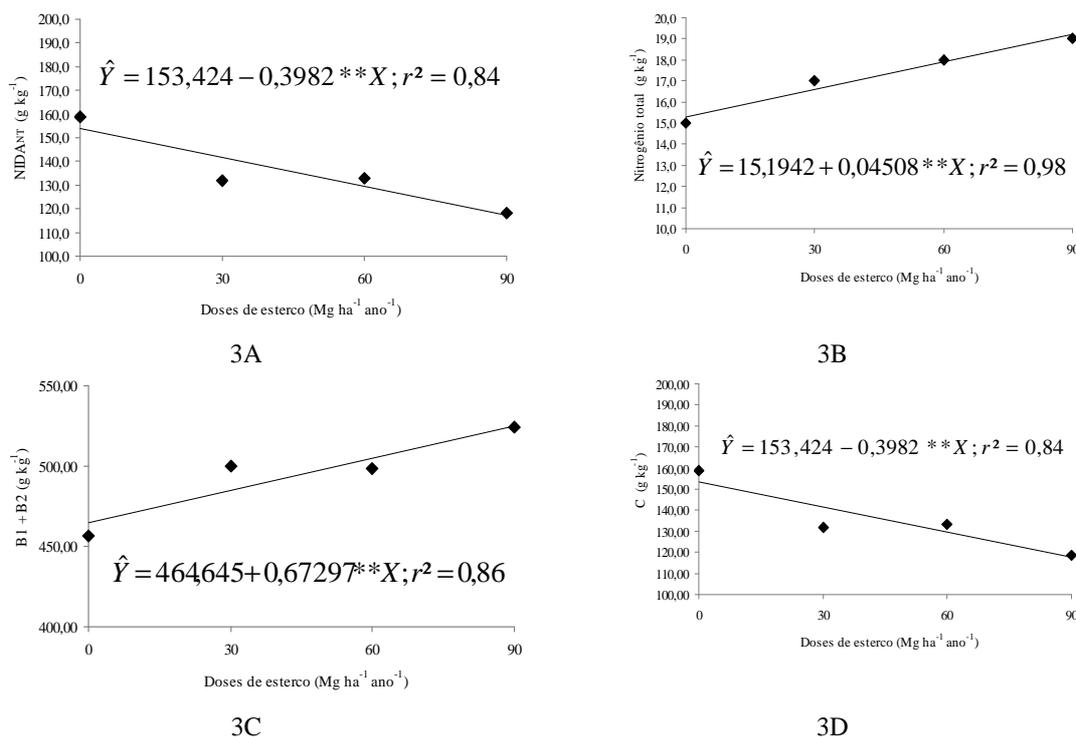


Figura 3. Teor de nitrogênio insolúvel em detergente ácido em função do nitrogênio total (NIDA_{NT}) (3A), de nitrogênio total (NT) (3B), de proteína de rápida e de intermediária degradação ($B1 + B2$) (3C) e de proteína indigerível (C) (3D) em tecidos de cladódios de palma forrageira 600 dias após plantio, adubada com diferentes doses de esterco bovino * significativo à 5%; ** significativo à 1%; pelo teste t.

solo, via adição de esterco, aumenta a disponibilidade do nutriente e, conseqüentemente, aumenta a absorção do mesmo. Maior teor de nitrogênio no cladódio de palma forrageira induz a uma menor porcentagem de nitrogênio insolúvel, o que traduz em menor porcentagem de proteína indigerível.

As doses de esterco aplicadas ao solo apresentaram uma relação direta com o teor de proteína bruta na palma forrageira. Com o fracionamento dos compostos nitrogenados foi possível verificar que o aumento da quantidade de nitrogênio no solo em função das doses de esterco, aumenta o teor de proteína verdadeira de rápida e intermediária degradação ($B1 + B2$) e diminui o teor de proteína indigerível (C). Com a diminuição da fração C em função das doses de esterco, ocorre maior disponibilidade de proteína verdadeira, caracterizando uma melhoria no valor nutritivo da forragem da palma forrageira.

As médias dos teores de extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína (FDNcp), fibra em detergente ácido (FDA), celulose, lignina, digestibilidade *in situ* na massa seca (DIS_{MS}), nitrogênio não protéico (A), proteína disponível lentamente degradável (B3), carboidratos não fibrosos (A + B1), fibra disponível (B2) e fibra indisponível (C) não diferiram para os fatores testados ($P > 0,05$).

CONCLUSÕES

O incremento das doses de esterco aplicadas ao solo melhora o valor nutritivo da forragem de palma e os espaçamentos de plantio pouco influenciam o valor nutritivo da palma forrageira.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, S. S. C. et al. Utilização de três fontes de nitrogênio associadas à palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*, Mill.) Cv. Gigante na Suplementação de Vacas Leiteiras Mantidas em Pasto Diferido. **Revista Brasileira Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.3, p.1315-1324, (suplemento) 2002.
- ANDRADE, D. K. B. et al. Digestibilidade e absorção aparentes em vacas da raça holandesa alimentadas com palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) em substituição à silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.5, p.2088-2097, 2002.
- BALSALOBRE, M. A. A. et al. Composição química e fracionamento do nitrogênio e dos carboidratos do capim-tanzânia irrigado sob três

- níveis de resíduo pós-pastejo. **Revista Brasileira Zootecnia**, Viçosa, v.32, n.3, p.519-528, 2003.
- DUBEUX JUNIOR, J. C. B. et al. Productivity of *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller under different N and P fertilization and plant population in north-east Brazil. **Journal of Arid Environments**, v.67. p.357-372. 2006.
- FARIAS, I. et al. Manejo de colheita e espaçamento da palma forrageira, em consorcio com sorgo granífero, no Agreste de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.2, p.341-347. 2000.
- FERREIRA, M. A.; PESSOA, R. A. S.; SILVA, F. M. Utilização da palma forrageira na alimentação de ruminantes. In: I Congresso Brasileiro de Nutrição Animal. **Anais...** 21 a 24 de setembro de 2008, Fortaleza, Ceará. 2008.
- FOX, D. G. et al. **The net carbohydrate and protein system for evaluating herd nutrition and nutrient excretion**. New York, Ithaca: Cornell University. 2003. 237p.
- HENRIQUES, L. T.; COELHO DA SILVA, J. F.; DETMANN, E. Frações de carboidratos de quatro gramíneas tropicais em diferentes idades de corte e doses de adubação nitrogenada. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.59, n.3, p.730-739, 2007.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos, RiMa. São Paulo. 2000. 529p.
- LEITE, L. F. C. et al. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em Argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n. 5, p.821-832. 2003.
- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T. M.; VAN SOEST, P. J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, n.4, p.347-358, 1996.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2nd ed., New York, Academic Press. 1995. 889p.
- MELO, A. A. S. et al. Substituição parcial do farelo de soja por uréia e palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) em dietas para vacas em lactação. I. Desempenho 1. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.32, n.3, p.727-736. 2003.
- MYIASAKA, S. et al. **Adubação orgânica, adubação verde e rotação de culturas no Estado de São Paulo**. Fundação Cargill. Campinas-SP. 1984. 44p.
- NARDI, S. et al. Soil organic matter properties after 40 years of different use of organic and mineral fertilizers. **European Journal of Agronomy**, v. 21, p.357-367, 2003.
- NOBEL, P. S. Biologia ambiental. In: **Agroecologia, cultivo e uso da palma forrageira**. FAO, 1995. SEBRAE-PB. 2001. p.36-48.
- OLIVEIRA JUNIOR, S. et al. Crescimento vegetativo da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*) em função do espaçamento no Semi-Árido Paraibano. **Tecnologia & Ciências Agropecuária**, João Pessoa, v.3, n.1, p.7-12. 2009.
- PEIXOTO, M. J. A. **Crescimento vegetativo, produção e composição químicobromatológica da palma forrageira consorciada com cajá (spondias spp)**. 2009. 71f. Tese (Doutorado) - Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia - Universidade Federal do Ceará. Fortaleza-CE.
- RESENDE, M. et al. **Pedologia: Bases para Distinção de Ambientes**. 5.ed. rev. Lavras: Editora UFLA, 2007. 322 p.
- RIVERO, C. et al. Influence of composto on soil organic matter under tropical conditions. **Geoderma**, v. 123, n. 3-4, p.355-361. 2004.
- SANTOS, D. C. et al. Desempenho produtivo de vacas 5/8 Holando/Zebu alimentadas com diferentes cultivares de palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.30, n.1, p.12-17. 2001.
- SANTOS, M. V. F.; FERREIRA, M. A.; BATISTA, A. M. V. **Valor nutritivo e utilização da palma forrageira na alimentação de ruminantes**. In: MENEZES, R. S. C.; SIMÕES, D. A.; SAMPAIO, E. V. S. B. (Eds). *A Palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso*. 2º ed., Editora Universitária da UFPE. Recife-PE. 2005. p.143-162.
- SILVA, J. A. et al. Composição bromatológica de cladódios de palma forrageira sob diferentes espaçamentos e adubações químicas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 8, n.2, p.342-350. 2013.
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa, MG: UFV. 3ª edição, 4ª reimpressão. 2009. 235p.
- SNIFFEN, C. J., O'CONNOR, J. D., VAN SOEST, P. J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein

availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.7, 1992. p. 3562 – 3577.

SOUZA, C. M. S. et al. Desempenho de ovelhas nativas em confinamento recebendo palma-forrageira na dieta na região do semiárido nordestino. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.39, n.5, p.1146-1153, 2010.

TELES, M. M. et al. Efeitos da Adubação e de Nematicida no Crescimento e na Produção da Palma Forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) cv. Gigante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.1, p.52-60. 2002.

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

WANDERLEY, W. L. et al. Palma Forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) em Substituição à Silagem de Sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) na Alimentação de Vacas Leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.1, p.273-281, 2002.