



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MONTES CLAROS

**PRODUTIVIDADE, EXPORTAÇÃO DE
NUTRIENTES, EFICIÊNCIA NUTRICIONAL E
DE USO DA ÁGUA EM PALMA FORRAGEIRA
'GIGANTE' SOB DIFERENTES ADUBAÇÕES E
ESPAÇAMENTOS**

ALEX AGUIAR LÉDO

2018

ALEX AGUIAR LÉDO

**PRODUTIVIDADE, EXPORTAÇÃO DE
NUTRIENTES, EFICIÊNCIA NUTRICIONAL E
DE USO DA ÁGUA EM PALMA FORRAGEIRA
'GIGANTE' SOB DIFERENTES ADUBAÇÕES E
ESPAÇAMENTOS**

Tese apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, área de concentração em Produção Vegetal para obtenção do título de “Doutor”.

Orientador
Prof. Dr. Ignacio Aspiazú

JANAÚBA
MINAS GERAIS - BRASIL
2018

Lédo, Alex Aguiar

L474p

Produtividade, exportação de nutrientes, eficiência nutricional e de uso da água em palma forrageira 'Gigante' sob diferentes adubações e espaçamentos [manuscrito] / Alex Aguiar Lédo–2018.

97 p.

Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, Universidade Estadual de Montes Claros – Janaúba, 2018.

Orientador: Prof. D. Sc. Ignacio Aspiazú.

1. Adubos e fertilizantes. 2. Água Uso. 3. Forragem. 4. Palma forrageira. I. Aspiazú, Ignacio. II. Universidade Estadual de Montes Claros. III. Título.

CDD. 633.2

Catálogo: Joyce Aparecida Rodrigues de Castro Bibliotecária CRB6/2445

ALEX AGUIAR LÉDO

**PRODUTIVIDADE, EXPORTAÇÃO DE
NUTRIENTES, EFICIÊNCIA NUTRICIONAL E
DE USO DA ÁGUA EM PALMA FORRAGEIRA
'GIGANTE' SOB DIFERENTES ADUBAÇÕES E
ESPAÇAMENTOS**

Tese apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, área de concentração em Produção Vegetal para obtenção do título de “Doutor”.

APROVADA em 19 de dezembro de 2018.

Prof. Dr. Ignacio Aspiazú
UNIMONTES (Orientador)

Prof. Dr. Sérgio L. R. Donato
IF-Baiano (Coorientador)

Prof. Dr. Abner José de Carvalho
UNIMONTES (Coorientador)

Prof. Dr. João Abel da Silva
IF-Baiano (Coorientador)

Prof. Dr. Silvânio Rodrigues dos Santos
UNIMONTES

**JANAÚBA
MINAS GERAIS – BRASIL
2018**

DEDICATÓRIA

À memória de meu pai, Bento Oliveira Ledo, que não teve a oportunidade de estar aqui para compartilhar este momento;

À minha mãe, Jandira de Aguiar Ledo, pelo amor e carinho a mim dedicados;

Aos meus queridos filhos Diego, Davi e Dara, que suportaram a minha ausência, o carinho e atenção que muitas vezes não pude lhes dar;

À minha esposa, Maria do Socorro Mercês, pelo apoio durante o tempo de formação, pela tolerância à minha ausência durante este período;

Aos meus irmãos, amigos e colegas, pelo incentivo e apoio nos momentos difíceis.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida, e por ter guiado os meus passos por todos estes anos e, estar sempre comigo em todos os momentos da minha vida;

À Universidade Estadual de Montes Claros - Unimontes, *Campus* Janaúba pela oportunidade da realização do Curso de Doutorado;

Ao Prof. Dr. Ignácio Aspiazu pela autorização, orientação e confiança;

Ao Prof. Dr. Sérgio Luiz Rodrigues Donato pela coorientação, dedicação, competência, paciência e conhecimentos técnicos transmitidos;

Ao Prof. Dr. João Abel da Silva pelo apoio na condução deste trabalho;

Ao Prof. Dr. Abner José de Carvalho por acreditar na nossa dedicação;

Ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Baiano, *Campus* Guanambi, pela liberação;

À minha amiga Paula Patrícia pelas constantes ajudas com informática;

À EPAMIG (Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais/Centro Tecnológico do Norte de Minas) pela realização das análises laboratoriais, nas pessoas de Polyanna Mara de Oliveira (Chefe da Unidade Epamig Norte de Minas), Mauricio Gomes Cardoso (Chefe do Laboratório de Solos) e Marina de Jesus Soares (Secretaria do Laboratório de Solos);

Aos docentes do Departamento de Ciências Agrárias da Unimontes, *Campus* Janaúba, pelo apoio;

Aos colegas de curso pelo carinho e companheirismo;

Aos senhores Antônio Meira, Renato, Zé de Delício, Negão, Zezão, Branco, Adalberto, e todos aqueles que contribuíram na condução do experimento;

Aos colegas de trabalho do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Baiano, *Campus* Guanambi-BA;

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho. Muito obrigado!

LISTA DE FIGURAS

	Páginas
Figura 1. Precipitação mensal no período experimental.....	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 Características estruturais e teor de matéria seca da palma forrageira ‘Gigante’ cultivada em diferentes adubações e espaçamentos no primeiro e terceiro ciclos de produção. Guanambi, BA, 2011-2013 e 2014-2015.....	33
Tabela 1.2 Características estruturais da palma forrageira ‘Gigante’ cultivada em diferentes espaçamentos em três ciclos de produção. Guanambi, BA, 2011-2013, 2013-2014 e 2014-2015.....	35
Tabela 1.3 Teor de matéria seca (MS), produtividade de massa verde (PMV), de matéria seca (PMS) e da água chuva base em matéria seca de palma forrageira ‘Gigante’ cultivada com adubação mineral, organomineral e orgânica, em três ciclos de produção. Guanambi, BA, 2011-2015.....	37
Tabela 2.1 Teores de macronutrientes (N e S) e micronutriente (Mn) em cladódios de palma forrageira ‘Gigante’ cultivada em diferentes configurações de plantio e adubações. Guanambi, BA, 2011 – 2013.....	54
Tabela 2.2 Teores de S em cladódios de palma forrageira ‘Gigante’ cultivada em diferentes adubações e espaçamentos. Guanambi, BA, 2013-2014.....	54
Tabela 2.3 Teores de macronutrientes e micronutrientes em cladódios de palma forrageira ‘Gigante’ submetida a adubações mineral, organomineral	

e orgânica em três ciclos de produção. Guanambi, BA, 2011 - 2015	56
Tabela 2.4 Valores médios do coeficiente de utilização biológica (CUB_{Nui}) de macronutrientes em cladódios de palma forrageira ‘Gigante’ submetida a adubações mineral, organomineral e orgânica em três ciclos de produção. Guanambi, BA, 2011 – 2015.....	61
Tabela 2.5 Valores médios do coeficiente de utilização biológica (CUB) de micronutrientes em cladódios de palma forrageira ‘Gigante’ submetida a adubações mineral, organomineral e orgânica em três ciclos de produção. Guanambi, BA, 2011 – 2015.....	63
Tabela 3.1 Exportação de macronutrientes (E) por cladódios de palma forrageira ‘Gigante’ submetida a adubações mineral, organomineral e orgânica em três ciclos de produção. Guanambi, BA, 2011-2015.....	79
Tabela 3.2 Balanço de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) em função da exportação média pelos cladódios na colheita palma forrageira ‘Gigante’ e do adicionado ao solo por adubações orgânica, organomineral e mineral expressas em ($Mg\ ha^{-1}$) de esterco - N ($kg\ ha^{-1}$) - P_2O_5 ($kg\ ha^{-1}$) - K_2O ($kg\ ha^{-1}$), no primeiro ciclo de produção, aos 650 dias após o plantio. Guanambi, BA, 2011-2013.....	87
Tabela 3.3 Balanço de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) em função da exportação média pelos cladódios na colheita palma forrageira ‘Gigante’ e do adicionado ao solo por adubações orgânica, organomineral e mineral expressas em ($Mg\ ha^{-1}$) de esterco - N ($kg\ ha^{-1}$) - P_2O_5 ($kg\ ha^{-1}$) - K_2O ($kg\ ha^{-1}$), no segundo ciclo de produção, aos 330 dias após a colheita do primeiro ciclo. Guanambi, BA, 2013-2014.....	88
Tabela 3.4 Balanço de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) em função da exportação média pelos cladódios na colheita palma forrageira ‘Gigante’ e do adicionado ao solo por adubações orgânica, organomineral e mineral	

expressas em (Mg ha^{-1}) de esterco - N (kg ha^{-1}) - P_2O_5 (kg ha^{-1}) - K_2O (kg ha^{-1}), no terceiro ciclo de produção, aos 330 dias após a colheita do segundo ciclo. Guanambi, BA, 2014-2015.....	89
Tabela 3.5 Balanço final de macronutrientes após três ciclos de produção (N, P, K, Ca, Mg e S) em função da exportação média pelos cladódios na colheita palma forrageira ‘Gigante’ e do adicionado ao solo por adubações orgânica, organomineral e mineral expressas em (Mg ha^{-1}) de esterco - N (kg ha^{-1}) - P_2O_5 (kg ha^{-1}) - K_2O (kg ha^{-1}). Guanambi, BA, 2011-2015.....	90
Tabela 3.6. Taxa de recuperação de nutriente aparente (TRAP) pela palma forrageira ‘Gigante’ em função de adubações mineral, organomineral e orgânica em três ciclos de produção. Guanambi, BA, 2011-2015.....	92

SUMÁRIO

	Páginas
1. Introdução.....	16
2. Referências bibliográficas.....	20

CAPÍTULO 1

PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA DA PALMA FORRAGEIRA EM FUNÇÃO DE ARRANJOS, ESPAÇAMENTOS E ADUBAÇÕES.

1. Introdução.....	25
2. Material e Método.....	27
3. Resultado e Discussão.....	31
4. Conclusões.....	39
5. Referências Bibliográficas.....	40

CAPÍTULO 2

TEORES DE NUTRIENTES E EFICIÊNCIA NUTRICIONAL EM PALMA FORRAGEIRA 'GIGANTE' EM FUNÇÃO DE ADUBAÇÕES E ESPAÇAMENTOS

	Páginas
1. Introdução.....	46
2. Material e Método.....	48
3. Resultado e Discussão.....	51
4. Conclusões.....	65
5. Referências Bibliográficas.....	66

CAPÍTULO 3

BALANÇO NUTRICIONAL E TAXA DE RECUPERAÇÃO DE MACRONUTRIENTES PELA PALMA FORRAGEIRA 'GIGANTE' EM FUNÇÃO DE DIFERENTES ADUBAÇÕES

	Páginas
1. Introdução.....	72
2. Material e Método.....	74
3. Resultado e Discussão.....	78
4. Conclusões.....	94
5. Referências Bibliográficas.....	95

RESUMO GERAL

Lédo, A. A. **Produtividade, exportação de nutrientes, eficiência nutricional e de uso da água em palma forrageira 'Gigante' sob diferentes adubações e espaçamentos.** Janaúba MG: UNIMONTES, 2018. f. (Tese – Doutorado em Produção Vegetal no Semiárido, Área de Concentração em Fitotecnia).¹

Objetivou-se com o presente trabalho avaliar durante três ciclos de produção as produtividades de massa verde, matéria seca e da água, os teores de macro e micronutrientes, a exportação de nutrientes em cultura de palma forrageira *Opuntia ficus-indica* 'Gigante' cultivada em diferentes, espaçamentos, configurações e adubações química, orgânica e organomineral. O experimento consistiu de 72 tratamentos, envolvendo dois tipos de arranjos nas parcelas, três espaçamentos nas subparcelas e 12 tipos de adubação nas sub-subparcelas, dispostos em parcelas sub-subdivididas. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com três repetições. Nos três ciclos de produção foram avaliadas características morfológicas e o teor e a extração e exportação de nutrientes. Determinou-se ainda o rendimento da palma forrageira. Os dados foram submetidos à análise de variância e posteriormente foram realizadas comparações entre as médias dos diferentes espaçamentos pelo Teste de Tukey ($P < 0,05$), e das adubações pelo critério de Scott-Knott ($P < 0,05$). O teor de matéria seca decresce e as produtividades de massa verde, matéria seca e da água aumentam do primeiro para o terceiro ciclo. A adubação organomineral com 30 ou 60 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco bovino adicionada de 150-300-600 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O e 300-300 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de P₂O₅-K₂O, respectivamente; orgânica com 90 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco; e mineral com 300-300-600 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O asseguram produtividades de massa verde, matéria seca e da água maiores que 200 Mg ha⁻¹, 15 Mg ha⁻¹ e 20 kg ha⁻¹ mm⁻¹, respectivamente. Adubação orgânica diminui os teores de Mn nos cladódios abaixo da faixa de suficiência. A eficiência nutricional de N, S, P, Mn e Zn é maior com adubações orgânica e organomineral e está associada à maiores produtividades de matéria seca, enquanto de K é maior com adubação mineral. As exportações dos nutrientes são maiores nas adubações com maiores aportes dos respectivos nutrientes, independentemente da fonte. A ordem de exportação é K > Ca > N > Mg > S > P para as adubações mineral, orgânica com 30 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco e organomineral com 30 e 60 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco adicionada com N-P-K e P-K, e altera para K > Ca > N > Mg > P > S nas adubações orgânicas com 60 e 90 Mg ha⁻¹ de esterco e organomineral com 90 Mg ha⁻¹ mais K. O balanço de nutrientes após três ciclos de produção é positivo para N, P e S, negativo para Ca e Mg em todas as adubações, e positivo para K nas adubações mineral com de 600 kg ha⁻¹ de K₂O e organomineral com 30, 60 e 90 Mg ha⁻¹ de esterco adicionado de 600 kg ha⁻¹ de K₂O. As maiores taxas de recuperação de K e as

menores de N ocorrem nas adubações orgânicas, que adicionam as menores e maiores quantidades de K e N ao solo comparada às adubações mineral e organomineral.

Palavras-chave: *Opuntia*, adubação organomineral, produtividade.

¹ **Comitê orientador:** Prof. Dr. Ignacio Aspiazu (Orientador) – UNIMONTES; Prof. Dr. Sérgio Luiz Rodrigues Donato (Coorientador) – IFET Baiano; Prof. Dr. Abner José de Carvalho (Coorientador) – UNIMONTES.

GENERAL ABSTRACT

Lédo, A. A. **Productivity, nutrient export, nutritional efficiency and water use in 'Giant' forage palm under different fertilizations and spacing.** Janaúba MG: UNIMONTES, 2018. f. (Thesis - PhD in Plant Production in the Semi-Arid, Area of Concentration in Phytotechnology).²

The objective of this work was to evaluate the production of green mass, dry matter and water, macro and micronutrient contents, nutrient exportation in forage palm cultivar *Opuntia ficus-indica* 'Giant' cultivated in chemical, organic and organomineral fertilizations. The experiment consisted of 72 treatments, involving two types of arrangements in the plots, three spacings in the subplots and 12 types of fertilization in the subplots, arranged in sub-subdivided plots. The experimental design was in a randomized block with three replicates. In the three production cycles, morphometric characteristics and the content and extraction and export of nutrients were evaluated. The yield of the forage palm was also determined. The data were submitted to analysis of variance and comparisons were made between the means of the different spacings by the Tukey test ($P < 0.05$) and the fertilizations by the Scott-Knott criterion ($P < 0.05$). The dry matter content decreases and the yields of green mass, dry matter and water increase from the first to the third cycle. The organomineral fertilization with 30 or 60 Mg ha⁻¹ year⁻¹ of bovine manure added of 150-300-600 kg ha⁻¹ year⁻¹ of N-P₂O₅-K₂O and 300-300 kg ha⁻¹ year⁻¹ of P₂O₅-K₂O, respectively; organic with 90 Mg ha⁻¹ year⁻¹ manure; and mineral with 300-300-600 kg ha⁻¹ year⁻¹ of N-P₂O₅-K₂O assure yields of green mass, dry matter and water greater than 200 Mg ha⁻¹, 15 Mg ha⁻¹ and 20 kg ha⁻¹ mm⁻¹, respectively Organic fertilization decreases Mn levels in cladodes below the sufficiency range. The nutritional efficiency of N, S, P, Mn and Zn is higher with organic and organomineral fertilizers and are associated with higher yields of dry matter, while K is higher with mineral fertilization. Exports of nutrients are higher in fertilizers with higher nutrient intakes, regardless of source. The order of export is K > Ca > N > Mg > S > P for organic, mineral fertilizations with 30 Mg ha⁻¹ year⁻¹ of manure and organomineral with 30 and 60 Mg ha⁻¹ year⁻¹ of manure added with NPK and PK, and changes to K > Ca > N > Mg > P > S in organic manures with 60 and 90 Mg ha⁻¹ of manure and organomineral with 90 Mg ha⁻¹ plus K. The nutrient balance after three cycles of production is positive for N, P and S, negative for Ca and Mg in all fertilizations, and positive for K in mineral fertilizations with 600 kg ha⁻¹ of K₂O and organomineral with 30, 60 and 90 Mg ha⁻¹ of manure added of 600 kg ha⁻¹ of K₂O. The highest recovery rates of K and the lowest of N occur in organic fertilizers, which add the lowest and highest amounts of K and N to the soil compared to mineral and organomineral fertilizers.

Keywords: *Opuntia*, organomineral fertilization, productivity.

² **Guidance Committee:** Prof. Dr. Ignacio Aspiazu (Advisor) – UNIMONTES ; Prof. Dr. Sérgio Luiz Rodrigues Donato (Coadvisor) – IFET Baiano; Prof. Dr. Abner José de Carvalho (Coadvisor) – UNIMONTES.

INTRODUÇÃO

Originária do México, a palma forrageira, atualmente, encontra-se difundida em todos os continentes, exceto nas regiões polares. No Brasil, é considerada uma das principais fontes de forragem para o gado leiteiro, na região Nordeste, durante o período seco do ano. Essa forrageira é bastante adaptada ao clima semiárido, associada à boa produtividade e alta palatabilidade (Almeida, 2012).

O nordeste ocupa 1.600.000 km² da área do território nacional, sendo que 62% de sua área são representadas por regiões com precipitações pluviométricas inferiores a 800 mm por ano e com má distribuição em um período de cinco meses, representando assim o polígono das secas. Nessa grande área nordestina situam-se várias províncias florísticas compondo diversas escalas botânicas desde as regiões úmidas da Mata Atlântica até as formações desérticas onde se encontra as vegetações hiper-xerófilas, cujas plantas são adaptadas ao clima seco e a pouca quantidade de água. Algumas armazenam água, outras possuem raízes superficiais para captar o máximo de água da chuva. A caatinga é representada por 73% de plantas xerófilas entre essas muitas cactáceas são bastante resistentes a prolongadas estiagens em função das suas propriedades fisiológicas, caracterizadas por um “apparatus” fotossintético eficiente para conviver com condições adversas do meio, com cerca de 930 espécies vegetais já catalogadas (Lopes, 2007).

O semiárido brasileiro apresenta baixa precipitação pluviométrica e irregularidade na distribuição de chuvas que são concentradas em períodos curtos do ano, aliados a solos rasos com baixo teor de matéria orgânica e pouca capacidade de retenção de umidade. A utilização da palma forrageira tem se intensificado nessa região como alternativa para alimentação do rebanho devido a sua alta produtividade e a capacidade de adaptação ao clima local.

Mais de 400 mil hectares representam a área de cultivo da palma forrageira no Nordeste Brasileiro, sendo a maior parte em Pernambuco e Alagoas.

Na Bahia, a palma forrageira faz parte do rol de atividades agrícolas de sequeiro do semiárido, para suprir a falta de forragem para os animais nos períodos longos de seca (Chiacchio *et al.*, 2006).

Períodos de estiagem que são caracterizados pela ausência, escassez, alta variabilidade espacial e temporal das chuvas, são eventos que marcam fortemente as regiões semiáridas. (Ramos *et al.*, 2008).

A quantidade de chuvas no semiárido situa-se entre 450 e 800 mm, dependendo da localidade sendo, a grande maioria próxima do limite superior, com média em torno dos 750 mm, concentrados entre três a cinco meses seguidos por uma estação seca que dura de sete a nove meses. É comum chover menos que 200 mm nos anos de estiagens mais severas. As atividades agrícolas tornam-se inviabilizadas em razão dessas condições adversas, tornando a pecuária uma das atividades mais praticada no Nordeste do Brasil. Os rebanhos bovino, caprino e ovino destacam-se por serem criados extensivamente ocasionando baixos índices de produtividade.

Segundo Marconato (2008), a maior área plantada com palma do mundo, encontra-se no Brasil; aproximadamente 400 mil hectares, sendo a maioria cultivada com a espécie *Opuntia ficus-indica*, mais conhecida como ‘Palma Gigante’, porém, sua produtividade é baixa, próximo de 40 Mg ha⁻¹. No México, local de origem da espécie, os agricultores produzem até 400 Mg ha⁻¹. A falta de informações e/ou de acesso a recursos para investimentos são responsáveis pela baixa produtividade. São relativamente poucos os produtores que utilizam as melhores tecnologias para o cultivo da palma forrageira visando obter maiores e melhores produtividades.

Nos últimos anos, diversas regiões do Brasil passaram por redução da quantidade e aumento da sazonalidade das chuvas o que, causa impactos negativos na produção de forragens para os animais. Estes índices e a sazonalidade limitam o crescimento de algumas espécies forrageiras tradicionalmente cultivadas como o milho, o sorgo, assim, é crescente a alternativa de cultivo de plantas forrageiras adaptadas. Nesse cenário, a palma forrageira surge como alternativa para suprir a demanda de alimentos para os ruminantes, principalmente, no período seco do ano.

A palma forrageira apresenta-se como uma alternativa primordial para estas regiões, visto que é uma cultura que apresenta aspecto fisiológico especial quanto à absorção, aproveitamento e perda de água, sendo bem adaptada às condições adversas do semiárido, suportando prolongados períodos de estiagem.

A disponibilidade da planta passa a marcar a diferença entre os produtores que podem sobreviver com seus rebanhos de forma própria e aqueles que dependem da palma ou outras forrageiras de terceiros para a manutenção da produção e sobrevivência do rebanho.

Os produtores com menos recursos optam por fazer o plantio da palma em solos de baixa fertilidade, sem preparo do solo, ausência de espaçamento entre plantas e entre fileiras, sem tratos culturais como capinas, controle de pragas, adubação etc. resultando em baixas produtividades.

Vários fatores influenciam o cultivo da palma forrageira dos quais podemos destacar as condições climáticas, fertilidade do solo, disponibilidade de mão de obra, de insumos, sistema de plantio a ser utilizado, quer seja consorciado ou solteiro, espaçamento entre plantas e entre fileiras, dentre outros (Dubeux Júnior & Santos, 2005; Farias *et al.*, 2005).

Apesar de bastante plantada em todo o semiárido, sua produtividade ainda é considerada baixa. A palma é uma planta que suporta estresses ambientais se adaptando a essas condições adversas. Todavia, com maior

disponibilidade de água, utilização de espaçamentos e densidade de plantas adequada e adubações o seu comportamento fisiológico é alterado culminando em maior crescimento, maior produtividade e melhor qualidade nutricional.

A palma é uma forrageira alternativa para as regiões áridas e semiáridas, pois apresenta aspecto fisiológico peculiar quanto à absorção, aproveitamento e transferência de água para a atmosfera (Pinheiro, 2014).

No Semiárido nordestino, a palma forrageira tem se consolidado como reserva estratégica e de relevada importância nos diversos sistemas de produção pecuária. É uma planta de enorme potencial produtivo e de múltiplas utilidades, em várias localidades vem sendo usada na alimentação humana, na produção de medicamentos, cosméticos e corantes, dentre outros usos.

De acordo com Farias *et al.* (2000) utilizando espaçamentos mais adensados, maiores produções poderão ser alcançadas, no entanto fica mais oneroso os custos de implantação do palmar, tratos culturais tornam-se mais difíceis e impossibilitando o consórcio. Ao adotar arranjos em filas duplas, torna-se viável a utilização de consórcio durante toda a vida útil do palmar, favorecendo a produção de grãos e restolhos de culturas para o produtor que optar por esse sistema, viabiliza o emprego de mecanização na lavoura, também contribui na redução dos riscos de incêndio e melhora o controle da erosão. Por outro lado, a consorciação da palma com outras culturas reduz a produção dessa forrageira. Esses autores puderam concluir que a maior produção de artigos de palma é obtida no espaçamento 2,0 m x 1,0 m, e a menor, em 7,0 m x 1,0 m x 0,50 m.

Assim, com este trabalho objetiva-se avaliar durante três ciclos de produção as produtividades de massa verde, matéria seca e da água, os teores de macro e micronutrientes, a extração/exportação de nutrientes em cultura de palma forrageira *Opuntia ficus-indica* ‘Gigante’ cultivada em diferentes, espaçamentos, configurações, adubações química, orgânica e organomineral.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, R. F. Palma forrageira na alimentação de ovinos e caprinos no semi-árido brasileiro. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 4, p. 08-14, 2012.

CHIACCHIO, F. P. B.; MESQUITA, A. S.; SANTOS, J. R. Palma Forrageira: uma oportunidade econômica ainda desperdiçada para o semi-árido baiano. *Bahia Agrícola*. V.7, n.3, nov., 2006.

DUBEUX JÚNIOR, J.C.B.; SANTOS, M.V.F. **Exigências nutricionais da palma forrageira**. In: MENEZES, R.S.C.; SIMÕES, D.A.; SAMPAIO, E.V.S.B. (eds). *A Palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso*. 2º ed., Editora Universitária da UFPE. Recife-PE. p.105-128. 2005.

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

FARIAS, I.; SANTOS, D. C. dos; DUBEUX JR, J. C. B. **Estabelecimento e manejo da palma forrageira**. In: MENEZES, R. S. C.; *et al.* (eds). *A palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso*. Recife: Editora Universitária da UFPE, p. 81-103. 2005.

LOPES, E. B. **Palma forrageira: cultivo, uso atual e perspectivas de utilização no semiárido nordestino**. João Pessoa: EMEPA/FAEPA, 2007. 130p. il.

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

PINHEIRO, K. M. **Métodos indiretos de estimativa do índice de área do cladódio da palma forrageira e sua relação com as características morfológicas e produtivas**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Serra Talhada, 2014.

RAMOS, J. P. F.; LEITE, M. L. M. V.; OLIEVIRA Jr., S.; BRITO, E. A.; FRAITAS, F.F.; NASCIMENTO, J. G. **Influência do espaçamento na área de cladódio de palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*) no semi-árido paraibano**. Associação brasileira de Zootecnistas, Paraíba, 2008. Disponível em: [http:// www.abz.org.br/publicaçõeestecnicas/anaiszootec/artigos-cientificos/forragicultura-pastagens/index.1.html](http://www.abz.org.br/publicaçõeestecnicas/anaiszootec/artigos-cientificos/forragicultura-pastagens/index.1.html). Acesso em 22/08/2017.

CAPÍTULO 1

PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA DA PALMA FORRAGEIRA EM FUNÇÃO DE ARRANJOS, ESPAÇAMENTOS E ADUBAÇÕES

RESUMO

Lédo, A. A. **Produtividade e eficiência do uso da água da palma forrageira em função de arranjos, espaçamentos e adubações.** Janaúba MG: UNIMONTES, 2018. Capítulo 1. 23 f. (Tese – Doutorado em Produção Vegetal no Semiárido, Área de Concentração em Fitotecnia).

A palma forrageira é adaptada as condições semiáridas. Nesse trabalho, objetivou-se avaliar em três ciclos de produção, a eficiência do uso da água e as produtividades de massa verde e matéria seca, da cultivar ‘Gigante’ sob diferentes doses e fontes de adubação, espaçamento e arranjos de plantas. 72 tratamentos, envolvendo dois arranjos nas parcelas, três espaçamentos nas subparcelas e 12 tipos de adubação nas sub-subparcelas foram dispostos em esquema de parcelas sub-subdivididas, em delineamento em blocos casualizados, com três repetições. O teor de matéria seca decresce, a eficiência do uso da água e as produtividades de massa verde e matéria seca aumentam do primeiro para o terceiro ciclo. É viável o uso de configurações de plantio em fileiras triplas ou quádruplas que possibilitam aumentar o índice de mecanização na cultura. Adubação organomineral com 30 ou 60 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco bovino adicionada de 150-300-600 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O e 300-300 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de P₂O₅-K₂O; orgânica com 90 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco; e mineral com 300-300-600 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O proporcionam eficiência de uso da água maior que 20 kg ha⁻¹ mm⁻¹ e produtividades de massa verde e de matéria seca maiores que 200 Mg ha⁻¹ ciclo⁻¹ e 15 Mg ha⁻¹ ciclo⁻¹, respectivamente, em palma forrageira ‘Gigante’. Conclui-se que produtividades dessa ordem são asseguradas com aplicação de cerca de 300-300-300 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O com fontes orgânica, organomineral ou mineral.

Palavras-chave: *Opuntia*, adubação organomineral, rendimento.

ABSTRACT

Lédo, A. A. **Productivity and efficiency of forage palm water use in terms of arrangements, spacing and fertilization.** Janaúba MG: UNIMONTES, 2018. Chapter 1. 24 f. (Thesis - PhD in Plant Production in the Semi-Arid, Area of Concentration in Phytotechnology).

The forage palm is adapted to semi-arid conditions. In this work, the objective was to evaluate the efficiency of water use and yields of green and dry matter of 'Giant' cultivar under different fertilization rates and sources in three production cycles, spacing and arrangement of plants. 72 treatments, involving two types of arrangements in the plots, three spacings in the subplots and 12 types of fertilization in the subplots. The treatments were arranged in a sub-subdivided plots scheme. The experimental design was in a randomized block with three replicates. The dry matter content decreases and the yields of green mass, dry matter and water use efficiency increase from the first to the third cycle. It is feasible the use of planting configurations in triple or quadrupling rows that allow to increase the index of mechanization in the crop. Organomineral fertilization with 30 or 60 Mg ha⁻¹ year⁻¹ of bovine manure added of 150-300-600 kg ha⁻¹ year⁻¹ of N-P₂O₅-K₂O and 300-300 kg ha⁻¹ year⁻¹ of P₂O₅- K₂O, respectively; organic with 90 Mg ha⁻¹ year⁻¹ manure; and mineral with 300-300-600 kg ha⁻¹ year⁻¹ of N-P₂O₅-K₂O assure green mass, dry matter and water use efficiency 200 and 15 Mg ha⁻¹ and 20 kg ha⁻¹ mm⁻¹, respectively, in 'Giant' cactus pear. It is concluded that productivities of this order are assured with application of about 300-300-300 kg ha⁻¹ year⁻¹ of N-P₂O₅-K₂O with organic, organomineral or mineral sources.

Keywords: *Opuntia*, organomineral fertilization, yield.

INTRODUÇÃO

A escolha de um sistema de produção para a palma forrageira deve observar algumas considerações, como, a condição socioeconômica do produtor, o custo de produção (Donato *et al.*, 2017a), a possibilidade de mecanização (Padilha Júnior *et al.*, 2016), a fertilidade do solo a disponibilidade de crédito, a cultivar (Silva *et al.*, 2010).

A palma forrageira é adaptada às condições semiáridas por suportar secas longas. Essa adaptação envolve muitos aspectos morfofisiológicos, como o Metabolismo Ácido das Crassuláceas (MAC) (Pimienta-Barrios *et al.*, 2012), cuja principal vantagem é o fechamento estomático durante o dia, o que diminui a perda excessiva de água pelo processo de transpiração, embora possa haver perdas na produtividade.

Técnicas de cultivo utilizadas para a palma forrageira como aumento da densidade de plantio (Cavalcante *et al.*, 2014), adubação orgânica (Donato *et al.*, 2014a), ou mineral (Silva *et al.*, 2016), podem incrementar o crescimento, a produtividade de matéria seca e a eficiência de uso da água em palma. Isso contraria a ideia de que plantas com metabolismo MAC são pouco produtivas (Donato *et al.*, 2017c).

A configuração de plantio em fileiras triplas ou quádruplas pode aumentar o índice de mecanização na cultura (Padilha Júnior *et al.*, 2016), pois permite uso de tração mecanizada ou animal para adubação, pulverização e colheita (Donato *et al.*, 2017b).

Existe vários estudos envolvendo densidade de plantio (Sales *et al.*, 2013; Cavalcante *et al.*, 2014; Silva *et al.*, 2014), espaçamentos (Ramos *et al.*, 2011) adubação orgânica (Donato *et al.*, 2014a), adubação química (Silva *et al.*, 2016) e adubação organomineral (Padilha Júnior *et al.*, 2016). Contudo, por se tratar de cultura perene com ciclo longo, dez anos ou mais (Donato, *et al.*,

2017b), o sistema de produção adotado é essencial para sua longevidade produtiva. Isso justifica a realização de estudos que considerem diferentes tipos de adubação, configurações e espaçamentos de plantio, mas principalmente, contemplem mais ciclos produtivos, particularmente até a estabilização do cultivo. Assim, objetivou-se avaliar em três ciclos de produção, a eficiência do uso da água e as produtividades de massa verde e matéria seca, da cultivar ‘Gigante’ sob diferentes doses e fontes de adubação, espaçamento e arranjos de plantas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido por três ciclos produtivos no Instituto Federal Baiano, *Campus* Guanambi, BA, em LATOSSOLO Vermelho-Amarelo distrófico típico, horizonte A fraco, textura média, relevo plano a suave ondulado. As coordenadas são 14° 13' 30" S, 42° 46' 53" W, a altitude, 545 m, e o clima do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen, com médias anuais de precipitação e temperatura de 680 mm e 26 °C, respectivamente.

No primeiro ciclo de produção, com duração de 650 dias entre o plantio e a colheita, foi conduzido entre outubro de 2011 e julho de 2013 a precipitação foi de 912,27 mm, correspondente a duas estações de chuva - entre outubro de 2011 e fevereiro de 2012 (442,67 mm); e entre outubro de 2012 e abril de 2013 (469,62 mm). No segundo ciclo, com duração de 330 dias entre duas colheitas sucessivas, de agosto de 2013 a julho de 2014, a precipitação foi de 853,96 mm. No terceiro ciclo, com duração de 330 dias, entre agosto de 2014 e julho de 2015, a precipitação foi de 879,60 mm. Os dados foram registrados numa estação meteorológica automática instalada na área experimental.

Os tratamentos, foram dispostos em esquema de parcelas sub-subdivididas, envolvendo duas configurações de plantio (fileira tripla e fileira quádrupla nas parcelas); três espaçamentos: E₁ (3,00 x 1,00 x 0,25 m); E₂ (3,00 x 1,00 x 0,16 m); e E₃ (3,00 x 1,00 x 0,125 m nas subparcelas); 12 tipos de adubação, esterco (Mg ha⁻¹) - N-P₂O₅-K₂O (kg ha⁻¹): 1) 0-000-000-000; 2) 0-300-300-300; 3) 0-300-300-600; 4) 30-000-000-000; 5) 30-150-300-300; 6) 30-150-300-600; 7) 60-000-000-000; 8) 60-000-300-300; 9) 60-000-300-600; 10) 90-000-000-000; 11) 90-000-000-300; e 12) 90-000-000-600 nas sub-subparcelas. Aplicaram-se as adubações no ano do plantio e nas estações de chuva dos ciclos.

As doses 30, 60 e 90 Mg ha⁻¹ de esterco bovino aportam ao solo, respectivamente, 130-270-75; 260-540-150 e 390-810-225 kg ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O, por aplicação. O esterco utilizado apresentava teor de MO de 63,73 g kg⁻¹, cinzas 36,27 dag kg⁻¹, carbono total 29,98 dag kg⁻¹ e pH 7,42 – Método oficial do Ministério da Agricultura (Brasil, 2007); umidade em base seca a 65 °C, 16,72%; teores de macronutrientes: Ca, Mg, K, N e S - 1,7; 0,2; 2,5; 5,2 e 2;3 g kg⁻¹ (EPA 3051/APHA 3120B), nesta ordem, P = 4,7 g kg⁻¹ (APHA 4500-PC); de micronutrientes (EPA 3051/APHA 3120B): B, Cu, Zn, Mn e Fe - 2,1; 45,2; 200,5; 391,8 e 1.932,4 mg kg⁻¹, respectivamente; e densidade de 0,38 g cm⁻³.

As fontes utilizadas como adubo mineral foram: sulfato de amônio, (NH₄)₂SO₄ (20% N; 24% S), superfosfato simples, Ca(H₂PO₄)₂·2H₂O, (18% de P₂O₅; 12% de S; 18% de Ca) e cloreto de K, KCl, (58% de K₂O; 45% de Cl). O N e o K foram parcelados em duas aplicações, início e meio da estação chuvosa de cada ciclo.

Antes do plantio realizou-se amostragem de solo para caracterização química e textural: (Embrapa 2017) textura Franco Argilo Arenosa; pH = 5,57; MOS = 1,13 dag kg⁻¹; P = 23,57 e K = 181,67 (mg dm⁻³); Na = 0,10; Ca = 1,93; Mg = 0,87 e H+Al = 1,63 (cmol_c dm⁻³); B = 0,40; Cu = 0,40; Zn = 2,03; Fe = 35,93 e Mn = 50,2 (mg dm⁻³); SB = 3,40; CTC efetiva = 3,40 e CTC a pH 7,0 = 4,97 (cmol_c dm⁻³); V = 67,67%; P-rem = 39,10 mg L⁻¹ e CE = 0,93 dS m⁻¹.

O preparo da área consistiu de limpeza, subsolagem, aração e gradagem, abertura dos sulcos com sulcador de três e quatro linhas regulado para 1,00 m entre sulcos e profundidade média de 0,30 m. O plantio foi realizado com um cladódio por cova, na posição vertical, a parte cortada voltada para o solo, enterrando 50% da sua altura. As mudas após a coleta ficaram em repouso, à sombra, por dez dias, para cicatrização. As adubações utilizadas no plantio seguiram os tratamentos. As práticas culturais assemelharam-se às descritas por Silva *et al.* (2012, 2013) e Donato *et al.* (2014a, b).

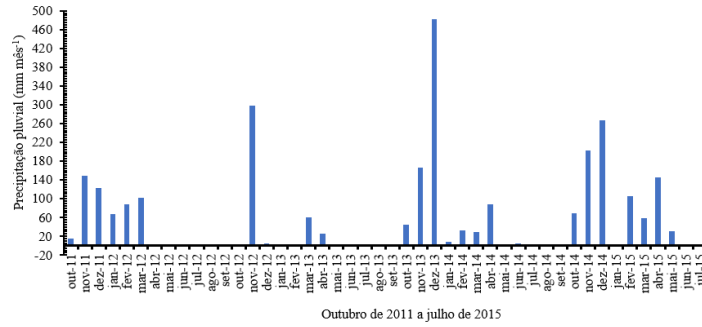
Aos 650 dias após o plantio (DAP) foi realizada a primeira colheita e mensuração das características estruturais da palma, quatro plantas centrais de cada parcela. Avaliaram-se altura das plantas (ALT), número de cladódios por planta (NCL), comprimento de cladódio (CCL), largura de cladódio (LCL), e índice de área de cladódios (IAC). Realizou-se a primeira colheita em julho de 2013, repetindo as colheitas nos ciclos subsequentes, com período entre colheitas de 330 dias, julho de 2014 para o segundo ciclo e julho de 2015 para o terceiro ciclo.

Mensurou-se com fita métrica a altura de planta, distância compreendida desde a extremidade do artigo mais alto até o solo; para a largura e comprimento dos artigos, considerou-se a região de maior largura e comprimento. Estimou-se o índice de área dos cladódios (IAC), razão entre a área total dos cladódios da planta (Pinto *et al.*, 2002) e a área ocupada pela planta no solo, representada pelo espaçamento.

O teor de matéria seca (MS) seguiu o proposto por Silva & Queiroz (2009). Na colheita foram preservados os cladódios primários (Silva *et al.*, 2012). Colheram-se todas as plantas da parcela útil para determinação da produtividade de massa verde (PMV), $\text{Mg ha}^{-1} \text{ ciclo}^{-1}$. A produtividade de matéria seca (PMS) foi estimada em função da PMV e do teor de MS. Foi calculada a eficiência de uso da água ($\text{kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$), com base na produtividade de MS e na precipitação registrada em cada período (Figura 1).

Os dados das características avaliadas foram submetidos à análise de variância. As interações significativas foram desdobradas e, posteriormente, as médias das adubações foram agrupadas pelo critério de Scott-Knott ($p < 0,05$) e das configurações e espaçamentos comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Figura 1. Precipitação mensal no período experimental



Fonte: dados registrados em estação meteorológica automática instalada na área experimental do Instituto Federal Baiano.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância revelou que para número de cladódios, no primeiro ciclo, comprimento dos cladódios e o teor de matéria seca, no terceiro ciclo, da palma forrageira ‘Gigante’ houve interação ($p < 0,05$) entre adubação e espaçamento enquanto as características estruturais, comprimento do cladódio, largura do cladódio, altura da planta, índice de área dos cladódios, teor e produtividade de matéria seca variaram com os espaçamentos de forma independente. O teor de matéria seca (MS), a produtividade de matéria seca (PMS) e a eficiência de uso da água de chuva com base na matéria seca, variaram com as adubações, independentemente das configurações de plantio e espaçamentos.

No primeiro ciclo, para o número de cladódios houve formação de dois agrupamentos entre as adubações pelo critério de Scott-Knott ($p < 0,05$) nos espaçamentos E_1 (3,0 x 1,0 x 0,25) m e E_3 (3,0 x 1,0 x 0,125 m) com menores valores na ausência de adubação no espaçamento E_1 e na ausência de adubação e adubação com 30 Mg ha⁻¹ de esterco no espaçamento E_3 (Tabela 1).

Entre espaçamentos houve diferenças pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) para o número de cladódios em todas as adubações orgânicas e organomineral maiores que 60 Mg ha⁻¹ de esterco. Em geral as maiores quantidades de cladódios ocorreram nas adubações com maior aporte de nutrientes, principalmente nos espaçamentos menos densos, E_1 (3,0 x 1,0 x 0,25) m, corroborando Donato *et al.* (2014a) e Silva *et al.* (2016).

No terceiro ciclo formaram-se dois agrupamentos entre adubações, nos espaçamentos E_1 (3,0 x 1,0 x 0,25) m e E_3 (3,0 x 1,0 x 0,125 m) para comprimento dos cladódios e, E_2 (3,0 x 1,0 x 0,16) m e E_3 , para o teor de MS (Tabela 1).

Interação entre espaçamento e adubação para comprimento dos cladódios foi registrada por Barros *et al.* (2016), embora seja considerada uma característica pouco influenciada pelo manejo, com maior dependência genotípica (Mondragón Jacobo & Pérez-González, 2001), com maior dimensão em cladódio primário e decrescente em função do aparecimento de outras ordens (Silva *et al.*, 2010). O comprimento dos cladódios foi menor na ausência de adubação em ambos os espaçamentos semelhante à Barros *et al.* (2016).

Entre espaçamentos houve diferenças para o comprimento dos cladódios na ausência de adubação, com maiores valores no espaçamento E₂, na adubação com 30 Mg ha⁻¹ de esterco, com maior valor no E₂ comparado ao E₁, na adubação organomineral com 30 Mg ha⁻¹ de esterco adicionada de 150-300-600 kg ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O com maior valor para E₃ comparado a E₁ e na adubação organomineral com 90 Mg ha⁻¹ de esterco adicionada de 600 kg ha⁻¹ de K₂O, com menor valor no espaçamento E₁.

Constatou-se maiores teores de matéria seca no espaçamento E₁, na ausência de adubação e nas adubações com maior aporte de nutriente, mineral e orgânica com 90 Mg ha⁻¹. Nos demais espaçamentos não houve um padrão de variação com aporte de nutrientes corroborado por Donato *et al.* (2014b). Entre espaçamentos houve diferenças para MS na ausência de adubação, com maiores valores no espaçamento E₁ comparado ao E₂, e na adubação mineral 0-300-300-600 kg ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O, com menor valor no E₂.

No primeiro e segundo ciclos de produção a altura da planta da palma forrageira ‘Gigante’ foi maior no espaçamento E₁, (Tabela 2), semelhante a Donato *et al.* (2014a), Silva *et al.* (2016) e Sales *et al.* (2013) que obtiveram maior porte em plantios menos adensados. O comprimento dos cladódios foi maior no espaçamento E₁ no primeiro ciclo e similar no segundo ciclo, a largura

Tabela 1. Características estruturais e teor de matéria seca da palma forrageira ‘Gigante’ cultivada em diferentes adubações e espaçamentos no primeiro e terceiro ciclos de produção. Guanambi, BA, 2011-2013 e 2014-2015

Tratamentos Adubação	Características Avaliadas								
	Ciclo I - 2011-2013			Ciclo III - 2014-2015			Teor de matéria seca (g kg ⁻¹)		
	Número de cladódios (un)			Comprimento do cladódio (cm)					
E ₁ (m) (3,0x1,0x0,25)	E ₂ (m) (3,0x1,0x0,16)	E ₃ (m) (3,0x1,0x0,125)	E ₁ (m) (3,0x1,0x0,25)	E ₂ (m) (3,0x1,0x0,16)	E ₃ (m) (3,0x1,0x0,125)	E ₁ (m) (3,0x1,0x0,25)	E ₂ (m) (3,0x1,0x0,16)	E ₃ (m) (3,0x1,0x0,125)	E ₃ (m) (3,0x1,0x0,125)
0-000-000000*	12,30 B a	9,54 B a	8,58 B a	28,56 B b	32,04 A a	27,20 B b	79,7 A a	64,6 B b	68,9 B ab
0-300-300-300	18,76 A a	15,50 A a	13,79 A a	32,20 A a	32,23 A a	33,02 A a	72,4 A a	61,5 B a	70,6 A a
0-300-300-600	21,66 A a	14,04 A b	13,02 A b	32,13 A a	32,70 A a	32,86 A a	84,1 A a	63,5 B b	76,1 A a
30-000-000000	17,08 A a	13,60 A ab	9,75 B b	30,61 A b	33,98 A a	33,08 A ab	66,7 B a	67,9 A a	68,1 B a
30-150-300300	17,71 A a	16,91 A a	14,70 A a	32,66 A a	32,36 A a	33,34 A a	65,0 B a	71,0 A a	69,3 B a
30-150-300600	19,33 A a	15,50 A a	14,37 A a	31,43 A b	33,44 A ab	34,16 A a	68,2 B a	67,2 B a	68,1 B a
60-000-000000	20,37 A a	11,62 A b	10,29 A b	31,75 A a	33,48 A a	33,40 A a	65,2 B a	69,8 A a	62,6 B a
60-000-300300	18,87 A a	16,75 A a	11,08 A b	31,98 A a	34,19 A a	32,91 A a	67,1 B a	77,5 A a	70,8 A a
60-000-300600	19,04 A a	14,10 A ab	11,79 A b	31,16 A a	34,10 A a	33,50 A a	61,0 B a	61,6 B a	62,2 B a
90-000-000-000	21,91 A a	13,41 A b	10,50 A b	32,76 A a	34,11 A a	34,19 A a	72,1 A a	72,3 A a	64,1 B a
90-000-000-300	18,75 A a	14,41 A ab	12,16 A b	31,05 A a	33,70 A a	33,16 A a	68,3 B a	60,0 B a	66,1 B a
90-000-000-600	18,91 A a	13,79 A ab	12,66 A b	31,68 A b	35,16 A a	34,70 A a	70,8 A a	72,4 A a	70,2 A a
CV (%)	17,60			5,58			13,26		

*(Mg ha⁻¹) de estercos – N-P₂O-K₂O (kg ha⁻¹). Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, para adubações pertencem ao mesmo agrupamento pelo critério de Scott-Knott (p < 0,05), e da mesma letra minúscula na linha, para espaçamentos não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey (p < 0,05).

dos cladódios no segundo ciclo foi maior no espaçamento E_1 e, no terceiro, menor no E_3 .

O número de cladódios no segundo ciclo foi maior no espaçamento E_1 comparado ao E_3 e, no terceiro, menor no espaçamento E_3 (Tabela 2).

O índice de área de cladódios no primeiro e segundo ciclos foi maior no espaçamento E_3 comparado ao espaçamento E_1 e, no terceiro ciclo, menor no espaçamento E_1 (Tabela 2). O teor MS no primeiro ciclo foi maior no espaçamento E_3 , a PMS no primeiro e terceiro ciclos foram maiores no espaçamento E_3 , enquanto no segundo ciclo, maior no espaçamento E_1 comparado ao E_3 , concordando com Donato *et al.* (2014a) que encontraram maior PMS no espaçamento com maior distância entre plantas.

Os maiores valores de MS no primeiro ciclo foram registrados na ausência de adubação e com aplicação de 30 Mg ha^{-1} de esterco (Tabela 3). Esses resultados concordam com Barros *et al.* (2016) e Silva *et al.* (2013) que observaram decréscimo da MS com incremento da adubação, justificável pelo maior número de cladódios (Tabela 1), mais tenros. No segundo ciclo, a MS foi maior sem adubação e nas adubações com 90 Mg ha^{-1} de esterco sem e com adição de K, e, no terceiro ciclo, na ausência de adubação e nas adubações com 60 Mg ha^{-1} de esterco adicionada de $300\text{-}300 \text{ kg ha}^{-1}$ de $\text{P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$; 90 Mg ha^{-1} de esterco de esterco sem e com adição de K e adubação mineral com $300\text{-}300\text{-}600 \text{ kg ha}^{-1}$ de $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$.

Esses resultados aproximam de Donato *et al.* (2014b) que observaram no espaçamento $1,0 \times 0,5 \text{ m}$, o mesmo teor de MS na ausência de adubação e com adubação de até 90 Mg ha^{-1} de esterco.

Em média o teor de MS decresceu 32,54% do primeiro para o segundo ciclo e 37,50% do primeiro para o terceiro ciclo. Os maiores decréscimos na ausência de adubação 40,99 e 48,21% e com aplicação de 30 Mg ha^{-1} de esterco, 46,44 e 48,86%, do primeiro para o segundo ciclo e do primeiro para o terceiro

Tabela 2. Características estruturais da palma forrageira ‘Gigante’ cultivada em diferentes espaçamentos em três ciclos de produção. Guanambi, BA, 2011-2013, 2013-2014 e 2014-2015

Tratamentos	Características avaliadas	Espaçamentos			CV (%)
		E ₁ (3.0x1.0x0.2 m)	E ₂ (3.0x1.0x0.16 m)	E ₃ (3.0x1.0x0.125 m)	
Ciclo I - 2011-2013	CCL (cm)	29.7 a	28.7 b	28.4 b	5,7
	ALT (cm)	112.0 a	103.3 b	95.9 b	11.4
	IAC (m ²)	3.1 b	3.2 ab	3.5 a	22.6
	MS (g kg ⁻¹)	91.2 b	107.8 b	129.2 a	23.3
	PMS (Mg ha ⁻¹)	14.2 b	12.2 b	17.76 a	30.0
Ciclo II - 2013-2014	CCL (cm)	30.8 a	29.3 a	29.1 a	6.5
	LCL (cm)	16.8 a	14.7 b	14.7 b	6.9
	ALT (cm)	116.1 a	93.3 b	92.1 b	11.5
	NCL (cm)	15.8 a	14.5 ab	12.4 b	23.1
	IAC(m ²)	2.9 b	3.3 ab	12.4 b	34.0
PMS (Mg ha ⁻¹)	17.0 a	15.0 ab	12.4 b	34.0	
Ciclo III - 2014-2015	LCL (cm)	16.9 a	16.7 a	16.2 b	5.8
	NCL (un)	14.1 a	13.4 a	11.0 b	26.1
	IAC (m ²)	2.6 b	3.9 a	4.2 a	25.8
	PMS (Mg ha ⁻¹)	15.8 b	17.8 b	21.8 a	27.0

CCL - Comprimento do cladódio; ALT - Altura da planta; LCL - Largura do Cladódio; NCL - Número de cladódios; IAC - Índice de área de cladódio; MS - Teor de matéria seca; PMS - Produtividade de matéria seca. Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

ciclo, respectivamente. Esses resultados concordam com Donato *et al.* (2017c) e comprovam que as adubações com maior aporte de nutrientes promove melhor crescimento das plantas, com surgimento de novos cladódios (Donato *et al.*, 2014a; Silva *et al.*, 2016), menor lignificação dos tecidos e maior acúmulo de água (Donato *et al.*, 2014b), o que é acentuado no segundo e terceiro ciclos, consequência da menor idade dos cladódios, 330 dias entre colheitas ante a 650 dias para a colheita do primeiro ciclo. Ocorre um efeito de diluição, no qual a PMV propiciada pelo desenvolvimento no período favorável é mais intensa que a produção de MS (Donato *et al.*, 2014b). Para PMV, PMS e eficiência do uso da água base PMS, os menores valores foram registrados sem adubação e com 30 Mg ha⁻¹ de esterco na maioria dos casos, enquanto os maiores valores nas adubações com maior aporte de nutrientes, particularmente nas adubações orgânicas com 60 Mg ha⁻¹ adicionada de K, 90 Mg ha⁻¹ de esterco com ou sem

aporte de K, adubação mineral com 300-300-600 kg ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O, ou organomineral com 30 Mg ha⁻¹ de esterco e 150-300-600 kg ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O.

Houve incremento médio de 46,81 e de 89,11% para PMV, 3,60 e 25,49% para PMS e 10,67 e 30,18% para eficiência do uso da água na palma forrageira 'Gigante', do primeiro para o segundo e do primeiro para o terceiro ciclo, respectivamente. De forma geral, para PMV, os maiores incrementos ocorreram nas adubações com maior aporte de nutrientes, por exemplo, 72,78 e 121,54% do primeiro para o segundo e do primeiro para o terceiro ciclo, respectivamente, com 90 Mg ha⁻¹ de esterco com ou sem K.

Para PMS e eficiência do uso da água foram registrados decréscimos na ausência de adubação nos dois ciclos e, do primeiro para o segundo ciclo de produção nas adubações mineral, organomineral com 30 Mg ha⁻¹ de esterco adicionada de 150-300-600 kg ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O e na adubação orgânica com

Tabela 3. Teor de matéria seca (MS), produtividade de massa verde (PMV), de matéria seca (PMS) e eficiência do uso da água chuva base em matéria seca de palma forrageira ‘Gigante’ cultivada com adubação mineral, organomineral e orgânica, em três ciclos de produção. Guanambi, BA, 2011-2015

Adubações	Teor de MS (g kg ⁻¹)			PMV (Mg ha ⁻¹ ciclo ⁻¹)			PMS (Mg ha ⁻¹ ciclo ⁻¹)			Eficiência do uso de água de chuva base PMS (kg ha ⁻¹ mm ⁻¹)		
	Ciclos de produção									1°	2°	3°
	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°			
0-000-000-000	137,1 A	80,9 A	71,0 A	73,70 B	97,70 C	116,55 D	9,33 C	7,90 C	8,25 D	10,22 C	9,25 C	9,37 D
0-300-300-300	109,6 B	67,5 B	68,1 B	153,00 A	198,26 B	242,24 B	16,21 A	13,55 B	16,61 B	17,76 A	15,86 B	18,88 B
0-300-300-600	100,1 B	57,5 C	74,6 A	177,00 A	225,33 A	286,00 B	16,77 A	12,78 B	21,50 A	18,38 A	14,96 B	24,44 A
30-000-000-000	132,0 A	70,7 B	67,5 B	97,99 B	175,33 B	199,40 C	12,48 B	12,37 B	13,15 C	13,68 B	14,48 B	14,95 C
30-150-300-300	101,5 B	74,2 B	68,4 B	158,49 A	208,85 B	262,62 B	15,87 A	15,49 A	18,37 B	17,39 A	18,13 A	20,88 B
30-150-300-600	103,4 B	69,1 B	67,8 B	156,45 A	203,03 B	300,01 A	15,62 A	13,67 A	20,41 A	17,12 A	16,00 A	23,20 A
60-000-000-000	110,1 B	74,6 B	65,9 B	137,88 A	179,14 B	267,87 B	14,56 A	12,89 B	17,61 B	15,96 A	15,09 B	20,02 B
60-000-300-300	100,1 B	74,0 B	71,8 A	175,24 A	232,87 A	286,18 B	16,63 A	17,10 A	20,52 A	18,22 A	20,02 A	23,33 A
60-000-300-600	96,5 B	66,9 B	61,6 B	162,47 A	267,94 A	346,83 A	15,14 A	17,52 A	21,29 A	16,59 A	20,51 A	24,20 A
90-000-000-000	107,3 B	81,3 A	69,5 A	136,07 A	238,68 A	306,33 A	14,14 A	18,67 A	21,14 A	15,49 A	21,86 A	24,03 A
90-000-000-300	112,6 B	91,4 A	64,8 B	136,24 A	242,89 A	307,70 A	15,20 A	22,01 A	19,94 A	16,66 A	25,77 A	22,67 A
90-000-000-600	105,1 B	79,3 A	71,1 A	150,50 A	247,80 A	321,55 A	15,02 A	19,39 A	23,29 A	16,46 A	22,70 A	26,48 A
CV (%)	23,37	21,76	13,26	33,47	23,51	21,42	30,02	34,02	27,01	30,02	34,02	27,01

Duração do primeiro ciclo, 650 dias (período entre o plantio e a colheita) e condução entre outubro de 2011 e julho de 2013. A precipitação total no período, 912,27 mm, correspondente a duas estações de chuva: a primeira entre outubro de 2011 e fevereiro de 2012 (442,67 mm) e a segunda entre outubro de 2012 e abril de 2013 (469,62 mm). Segundo ciclo, período entre duas colheitas, agosto de 2013 a julho de 2014, com duração de 330 dias; precipitação no período, 853,96 mm. Terceiro ciclo, período entre duas colheitas, compreendido entre agosto de 2014 e julho de 2015, com duração de 330 dias; precipitação no período foi 879,60 mm; 12 tipos de adubação mineral, organomineral e orgânica expressas (Mg ha⁻¹) de esterco – N-P₂O-K₂O (kg ha⁻¹); no primeiro ciclo a adubação foi aplicada no plantio e repetida no ano subsequente.

60 Mg ha⁻¹. Os maiores incrementos de PMS, 35,31 e 45,25%, e da eficiência do uso da água, 44,57 e 50,69%, do primeiro para o segundo e do primeiro para o terceiro ciclo, respectivamente, foram constatados nas adubações com 90 Mg ha⁻¹ de esterco com ou sem adição de K.

A eficiência do uso da água traduz a capacidade de adaptação da espécie às condições de restrição hídrica (Donato *et al.*, 2017c). Contribuem para esse processo, o tamanho da fonte, que é a reserva deixada na colheita anterior representada pelos cladódios primários (Lima *et al.*, 2016), o sistema radicular já estabelecido e a emissão de raízes de chuva, que são raízes emitidas para absorver água logo que ocorre uma chuva, morrendo posteriormente.

De forma geral, na ausência de fertilizantes, a PMS foi em média 8,7 Mg ha⁻¹ ciclo⁻¹ nos três ciclos; a eficiência de uso da água próxima a 10 kg ha⁻¹ mm⁻¹ e o teor de MS decresceu mais de 40%, em função da idade dos cladódios. Enquanto para as adubações com maior aporte de nutrientes, principalmente a orgânica e organomineral, no terceiro ciclo de produção, período de estabilização da cultura, a PMS e a eficiência do uso da água foram, respectivamente, maiores que 20 Mg ha⁻¹ e maiores que 20 kg ha⁻¹ mm⁻¹. Esses números demonstram a importância da adubação como fator de produção, capaz de elevar a produtividade de MS e da eficiência do uso da água em plantas com metabolismo MAC em cultivo de sequeiro no Semiárido brasileiro (Donato, *et al.*, 2017c).

CONCLUSÕES

1. O teor de matéria seca decresce, as produtividades de massa verde, matéria seca e a eficiência de uso água aumentam do primeiro para o terceiro ciclo.

2. É viável o uso de configurações de plantio em fileiras triplas ou quádruplas que possibilitam aumentar o índice de mecanização em palma forrageira 'Gigante'.

3. Eficiência de uso da água maior que $20 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ e produtividades de massa verde e de matéria seca maiores que 200 e $15 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ciclo}^{-1}$, respectivamente, em palma forrageira 'Gigante' são asseguradas com aplicação de cerca de $300\text{-}300\text{-}300 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$ com fontes orgânica, organomineral ou mineral.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, J. L. DE; DONATO, S. L. R.; GOMES, V. M.; DONATO, P. E. R.; SILVA, J. A. DA; PADILHA JÚNIOR, M. C. Palma forrageira 'Gigante' cultivada com adubação orgânica. **Revista Agrotecnologia**, v.6, p.53-65, 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Instrução Normativa SDA nº 28**, de 27 de julho de 2007. Aprova os Métodos Analíticos Oficiais para Fertilizantes Minerais, Orgânicos, Organomerais e Corretivos, disponíveis na Coordenação Geral de Apoio Laboratorial CGAL/SDA/MAPA, na Biblioteca Nacional de Agricultura BINAGRI e no sítio do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento na rede mundial de computadores, endereço eletrônico: www.agricultura.gov.br. Acesso em 21 de novembro de 2018.

CAVALCANTE, L. A. D.; SANTOS, G. R. DE A.; SILVA, L. M. DA; FAGUNDES, J. L.; SILVA, M. A. da. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, 31jul. 2007. Seção 1. Respostas de genótipos de palma forrageira a diferentes densidades de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.44, p.424-433, 2014.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Paulo César Teixeira... [et al.], editores técnicos. – 3. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2017. 573 p.

DONATO, P. E. R.; DONATO, S. L. R.; SILVA, J. A.; LONDE, L. N. C.; RODRIGUES, M. G. V. Implantação da lavoura de palma forrageira. **Informe Agropecuário**, v.38, p.21-33, 2017a.

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

DONATO, P. E. R.; PIRES, A. J. V.; DONATO, S. L. R.; SILVA, J. A. DA; AQUINO, A. A. de. Valor nutritivo da palma forrageira 'Gigante' cultivada sob diferentes espaçamentos e doses de esterco bovino. **Revista Caatinga**, v.27, p.163-172, 2014b.

DONATO, P. E. R.; SILVA, J. A.; DONATO, S. L. R.; RODRIGUES, M. G. V.; CAXITO, A. M. Índices técnicos, de produção e econômicos para a cultura da palma forrageira. **Informe Agropecuário**, v.38, p.97-106, 2017b.

DONATO, S. L. R.; ARANTES, A. M.; BRITO, C. F. B.; RODRIGUES, M. G. V.; SILVA, J. A. da; DONATO, P. E. R. Considerações sobre clima semiárido e ecofisiologia da palma forrageira. **Informe Agropecuário**, v.38, p.7-20, 2017.

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

MONDRAGÓN-JACOBO, C.; PÉREZ-GONZÁLEZ, S. Germplasm resources and breeding *Opuntia* for fodder production. In: MONDRAGÓN-JACOBO, C.; PÉREZ-GONZÁLEZ, S. **Cactus (*Opuntia* spp.) as forage**. Romi: FAO, 2001. p.21-28.

PADILHA JUNIOR, M. C.; DONATO, S. L. R.; SILVA, J. A. DA; DONATO, P. E. R.; SOUZA, E. DOS S. Características morfométricas e rendimento da palma forrageira 'Gigante' sob diferentes adubações e configurações de plantio. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.11, p.67, 2016.

PIMIENTA-BARRIOS, E.; HERNÁNDEZ, J. Z.; MUÑOZ-URIAS, A.; MURGUÍA, C. R. Ecophysiology of young stems (cladodes) of *Opuntia ficus-indica* in wet and dry conditions. *Gayana Botanica*, v.69, p.232-239, 2012.

PINTO, M. S. C.; MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. S. B.; ANDRADE, A. P.; PIMIENTA FILHO, E. C.; ANDRADE, M. V. M.; FIGUEIREDO, 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, 39, 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002, p.54-64.

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

SALES, A. T.; LEITE, M. L. DE M. V.; ALVES, A. Q.; RAMOS, J. P. DE F.; NASCIMENTO, J. P. do. Crescimento vegetativo de palma forrageira em

diferentes densidades de plantio no Curimatú Paraibano. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v.7, p.19-24, 2013.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: Métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2009. 235p.

SILVA, J. A.; BONOMO, P.; DONATO, S. L. R.; PIRES, A. J. V.; ROSA, R. C. C.; DONATO, P. E. R. Composição mineral de palma forrageira sob diferentes espaçamentos e adubações química. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.7, p.866-875, 2012.

SILVA, J. A.; BONOMO, P.; DONATO, S. L. R.; PIRES, A. J. V.; SILVA, F. F.; DONATO, P. E. R. Composição bromatológica de cladódios de palma forrageira sob diferentes espaçamentos e adubações químicas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.8, p.342-350, 2013.

SILVA, J. A.; DONATO, S. L. R.; DONATO, P. E. R.; SOUZA, E. S.; PADILHA JÚNIOR, M. C.; SILVA JÚNIOR, A. A. e. Yield and vegetative growth of cactus pear at different spacings and under chemical fertilizations. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, p.564-569, 2016.

SILVA, M. L.; FAGUNDES, J. L.; VIEGAS, P. A. A.; MUNIZ, E. N.; RANGEL, J. H. DE A.; MOREIRA, A. L.; BACKES, A. A. Produtividade da palma forrageira cultivada em diferentes densidades de plantio. *Ciência Rural*, v.44, p.2064-2061, 2014.

SILVA, N. G. de M. E; LIRA, M. de A.; SANTOS, M. V. F. dos; DUBEUX JUNIOR, J. C. B.; MELO, A. C. L. de; SILVA, M. da C. Relação entre características morfológicas e produtivas de clones de palma-forrageira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.2389-2397, 2010.

CAPÍTULO 2

TEORES DE NUTRIENTES E EFICIÊNCIA NUTRICIONAL EM PALMA FORRAGEIRA ‘GIGANTE’ EM FUNÇÃO DE DIFERENTES ADUBAÇÕES E ESPAÇAMENTOS

RESUMO

Lédo, A. A. **Teores de nutrientes e eficiência nutricional em palma forrageira ‘Gigante’ em função de diferentes adubações e espaçamentos.** Janaúba MG: UNIMONTES, 2018. Capítulo 2. 44f. (Tese – Doutorado em Produção Vegetal no Semiárido, Área de Concentração em Fitotecnia).

Objetivou-se com o presente trabalho avaliar durante três ciclos de produção, os teores de nutrientes e a eficiência nutricional em Palma forrageira ‘Gigante’ submetida a diferentes adubações minerais, orgânica, organomineral, configurações de plantio e espaçamentos. 72 tratamentos, envolvendo dois tipos de arranjos nas parcelas, três espaçamentos nas subparcelas e 12 tipos de adubação nas sub-subparcelas foram dispostos em esquema de parcelas sub-subdivididas, em delineamento experimental em blocos casualizados, com três repetições. Adubação orgânica diminui os teores de Mn nos cladódios abaixo da faixa de suficiência. A eficiência nutricional de N, S, P, Mn e Zn é maior com adubações orgânica e organomineral e estão associadas à maiores produtividades de matéria seca, enquanto de K é maior com adubação mineral. Ausência de adubação ou aplicação de 30 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco bovino é insuficiente para assegurar o estado nutricional e produtividade de matéria seca acima de 15 Mg ha⁻¹ em palma forrageira ‘Gigante’.

Palavras-chave: *Opuntia*, adubações organomineral, estado nutricional.

ABSTRACT

Lédo, A. A. **Nutrient content and nutritional efficiency in 'Giant' forage palm due to different fertilization and spacing.** Janaúba MG: UNIMONTES, 2018. Chapter 2. 45f. (Thesis - PhD in Plant Production in the Semi-Arid, Area of Concentration in Phytotechnology).

The objective of this work was to evaluate nutrient levels and nutritional efficiency in 'Giant' cactus pear fertilizer under different chemical, organic and organomineral fertilizations, planting configurations and spacing, during three production cycles. 72 treatments, involving two types of arrangement in the plots, three spacings in the subplots and 12 types of fertilization in the subplots were arranged in a subdivided plots scheme, in a randomized complete block design, with three replications. Organic fertilization decreases Mn levels in cladodes below the sufficiency range. The nutritional efficiency of N, S, P, Mn and Zn is higher with organic and organomineral fertilizers and are associated with higher yields of dry matter, while K is higher with mineral fertilization. Absence of fertilization or application of 30 Mg ha⁻¹ year⁻¹ of bovine manure is insufficient to ensure nutritional status and yield of dry matter above 15 Mg ha⁻¹ in 'Giant' cactus pear.

Keywords: *Opuntia* organomineral fertilizers, nutritional status.

INTRODUÇÃO

A utilização de diferentes densidades de plantio (Silva *et al.*, 2014) ou mesmo, do arranjo ou distribuição de plantas de palma forrageira na área (Silva *et al.*, 2012), pode alterar a absorção de nutrientes pelas plantas e, conseqüentemente, os teores dos elementos nos cladódios. Do mesmo modo, plantio em diferentes espaçamentos (Cavalcante *et al.*, 2014), uso de diferentes doses de adubação orgânica (Donato *et al.*, 2016), ou mineral (Silva *et al.*, 2012) podem refletir nos teores de nutrientes nos cladódios e na produtividade da palma forrageira.

A análise química do tecido foliar é importante para avaliar o estado nutricional das plantas, em complemento à análise química do solo e à diagnose visual, e reflete a dinâmica de nutrientes no sistema solo-planta (Donato *et al.*, 2010). Contudo, requer a definição de padrões e níveis críticos de nutrientes para correta interpretação, como faixas de suficiências (Donato *et al.*, 2017). Foram definidos padrões interpretativos para os teores de nutrientes nos cladódios de *Opuntia ficus-indica* por Blanco-Macías *et al.* (2010) pelo método da Linha de Fronteira para condições edafoclimáticas no México e por Alves (2017) pelos métodos da Chance Matemática (ChM), Faixa de Suficiência e Nível Crítico (NCRIZ). Por outro lado, Donato *et al.* (2017) estabeleceram os padrões para os atributos químicos do solo cultivado com palma forrageira ‘Gigante’ pelos métodos da Faixa de Suficiência e NCRIZ.

Vale ressaltar que, a composição química da palma varia conforme a época do ano, idade da planta, ordem do artículo, cultivar, manejo cultural, entre outros fatores (Dubeux Júnior *et al.*, 2010), ou seja, com as condições específicas do sítio que envolve solo, clima, genótipo e manejo. Por exemplo, a adubação mineral elevou os teores de nutrientes, principalmente N e P (Silva *et al.*, 2012), a adubação orgânica incrementou os teores de P, N, K e S (Donato *et*

al., 2016), e, como consequência, melhorou o valor nutricional da forragem e sua produtividade (Silva *et al.*, 2013; Donato *et al.*, 2014b). Outrossim, todos esses fatores, e, principalmente diferentes tipos de adubação como orgânica, mineral ou organomineral podem influenciar a eficiência de utilização de nutrientes, um assunto com pouca informação em palma forrageira ‘Gigante’ e de difícil estabelecimento de relações que expliquem os seus valores em diferentes situações (Deus *et al.*, 2015). Isso assume importância maior quando se considera a contribuição no longo prazo, por alterações nas características físicas, químicas e biológicas do solo, numa cultura longa como a palma.

Assim, objetivaram-se com o presente trabalho avaliar durante três ciclos de produção os teores de nutrientes e a eficiência nutricional em Palma forrageira ‘Gigante’ submetida a adubações minerais orgânica e organomineral, configurações de plantio e espaçamentos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido por três ciclos produtivos no Instituto Federal Baiano, *Campus* Guanambi, BA, em LATOSSOLO Vermelho-Amarelo distrófico típico, A fraco, textura média, relevo plano a suave ondulado. As coordenadas da área, latitude 14°13'30" sul, longitude 42°46'53" oeste de Greenwich, altitude 525 m, o clima, semiárido do tipo Aw, pela Classificação Köppen a precipitação média anual 680,0 mm e a temperatura 25,9 °C.

No primeiro ciclo de produção, com duração de 650 dias entre o plantio e a colheita, conduzido entre outubro de 2011 e julho de 2013 a precipitação foi de 912,27 mm, correspondente a duas estações de chuva, entre outubro de 2011 e fevereiro de 2012 (442,67 mm); e entre outubro de 2012 e abril de 2013 (469,62 mm). No segundo ciclo, com duração de 330 dias entre duas colheitas sucessivas, de agosto de 2013 a julho de 2014, a precipitação foi de 853,96 mm. No terceiro ciclo, com duração de 330 dias, entre agosto de 2014 e julho de 2015, a precipitação foi de 879,60 mm. Os dados foram registrados numa estação meteorológica automática instalada na área experimental.

Os tratamentos, foram dispostos em parcelas sub-subdivididas, em delineamento em blocos casualizados, com três repetições. Duas configurações de plantio (fileira tripla e quádrupla) nas parcelas; três espaçamentos: E₁ (3,00 x 1,00 x 0,25 m); E₂ (3,00 x 1,00 x 0,16 m); e E₃ (3,00 x 1,00 x 0,125 m), nas subparcelas; e, 12 tipos de adubação, esterco (Mg ha⁻¹) - N-P₂O₅-K₂O (kg ha⁻¹): 1) 0-000-000-000; 2) 0-300-300-300; 3) 0-300-300-600; 4) 30-000-000-000; 5) 30-150-300-300; 6) 30-150-300-600; 7) 60-000-000-000; 8) 60-000-300-300; 9) 60-000-300-600; 10) 90-000-000-000; 11) 90-000-000-300; e 12) 90-000-000-600, nas sub-subparcelas.

Aplicaram-se as adubações no ano do plantio e nas estações de chuva dos respectivos ciclos. As doses 30, 60 e 90 Mg ha⁻¹ de esterco bovino aportam

ao solo, respectivamente, 130-270-75; 260-540-150 e 390-810-225 kg ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O. O esterco apresentava teor de MO de 63,73 g kg⁻¹, cinzas 36,27 dag kg⁻¹, carbono total 29,98 dag kg⁻¹ e pH 7,42 – Método oficial do Ministério da Agricultura; umidade em base seca a 65 °C, 16,72%; teores de macronutrientes: Ca, Mg, K, N e S - 1,7; 0,2; 2,5; 5,2 e 2;3 g kg⁻¹ (EPA 3051/APHA 3120B), nesta ordem, P = 4,7 g kg⁻¹ (APHA 4500-PC); de micronutrientes (EPA 3051/APHA 3120B): B, Cu, Zn, Mn e Fe - 2,1; 45,2; 200,5; 391,8 e 1.932,4 mg kg⁻¹, respectivamente; e densidade de 0,38 g cm⁻³.

As fontes utilizadas como adubo mineral foram: sulfato de amônio, (NH₄)₂SO₄ (20% N; 24% S), superfosfato simples, Ca (H₂PO₄)₂ · 2H₂O (18% de P₂O₅; 12% de S; 18% de Ca) e cloreto de K, KCl (58% de K₂O; 45% de Cl). O N e o K foram parcelados em duas aplicações, início e meio da estação chuvosa de cada ciclo. Aplicaram-se ainda, em todos os tratamentos Zn e B no solo, nos três ciclos de produção.

Antes do plantio realizou-se amostragem de solo para caracterização química e textural: textura Franco Argilo Arenosa; pH = 5,57; MOS = 1,13 dag kg⁻¹; P = 23,57 e K = 181,67 (mg dm⁻³); Na = 0,10; Ca = 1,93; Mg = 0,87 e H+Al = 1,63 (cmol_c dm⁻³); B = 0,40; Cu = 0,40; Zn = 2,03; Fe = 35,93 e Mn = 50,2 (mg dm⁻³); SB = 3,40; CTC efetiva = 3,40 e CTC a pH 7,0 = 4,97 (cmol_c dm⁻³); V = 67,67%; P-rem = 39,10 mg L⁻¹ e CE = 0,93 dS m⁻¹.

Após o preparo da área, procedeu a abertura dos sulcos com sulcador de três e quatro linhas regulado para 1,00 m entre sulcos e profundidade média de 0,30 m. O plantio foi realizado com um cladódio por cova, na posição vertical, a parte cortada voltada para o solo, enterrando 50% da sua altura. As mudas após a coleta ficaram em repouso, à sombra, por dez dias, para cicatrização. As adubações utilizadas no plantio seguiram os tratamentos. As práticas culturais assemelharam-se às descritas por Silva *et al.* (2012; 2013) e Donato *et al.* (2014 a, b).

Na época da colheita coletaram-se 40 amostras de tecidos dos cladódios por tratamento com aproximadamente 25 g cada, para determinação dos teores de nutrientes. Foram amostradas de todas as ordens de cladódios que foram colhidos. As amostras foram fatiadas, misturadas e pesado 1,0 kg de massa fresca que foram secas em estufa de ventilação forçada a 60 °C, por 72 h conforme procedimento adotado por Silva *et al.* (2012) e Donato *et al.* (2016).

Foram determinados os teores de macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S (g kg⁻¹), e de micronutrientes B, Cu, Fe, Mn e Zn (mg kg⁻¹). As amostragens consideraram as repetições de cada tratamento e foram realizadas nos três cortes (colheita) consecutivos anuais.

De posse da massa de matéria seca e do conteúdo de nutrientes nos cladódios da palma forrageira, determinaram-se os coeficientes de utilização biológica de todos os nutrientes (CUB_{N_{ui}}) conforme Equações 1 e 2 adotadas por Deus (2016).

$$CUB_{Nu_i} = \frac{PMS}{C_{(i)}} \quad \text{(Equação 1)}$$

em que, CUB_{Nu_i} , coeficiente de utilização do nutriente i (kg kg⁻¹); PMS, produtividade de matéria seca (kg ha⁻¹); $C_{(i)}$, conteúdo do nutriente i (kg ha⁻¹), dado pela Equação 2:

$$C_{(i)} = TN_{(i)} \times PMS \quad \text{(Equação 2)}$$

em que: TN teor do nutriente i (kg kg⁻¹).

Os dados das características avaliadas foram submetidos à análise de variância. As interações significativas foram desdobradas e, posteriormente, as médias das adubações foram agrupadas pelo critério de Scott-Knott (P<0,05) e das configurações e espaçamentos comparadas pelos testes F e de Tukey (P<0,05), respectivamente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os teores de N, S e Mn avaliados nos cladódios da palma forrageira ‘Gigante’ em primeiro ciclo houve interação ($P < 0,05$) entre adubações e configurações de plantio (Tabela 1), enquanto para os teores de S no segundo ciclo houve interação ($P < 0,05$) entre adubações e espaçamentos (Tabela 2). Os teores de P, K, Ca, B, Cu, Fe e Zn no primeiro ciclo; N, P, K, Ca, Fe, Mg e Mn no segundo e terceiro ciclos foram influenciados pelas adubações ($P < 0,05$), independentemente das configurações de plantio e espaçamentos (Tabela 3).

No primeiro ciclo de produção, para os teores de N nos cladódios de palma forrageira ‘Gigante’ formaram-se dois agrupamentos pelo critério de Scott-Knott ($P < 0,05$) entre adubações, para ambas as configurações. Os maiores valores de N ocorreram sob as adubações mineral 0-300-300-300 na fileira tripla e 0-300-300-300, 0-300-300-600, e organomineral 30-150-300-300 30-150-300-600 (Mg ha^{-1}) de esterco - N (kg ha^{-1}) - P_2O_5 (kg ha^{-1}) - K_2O (kg ha^{-1}) na fileira quádrupla (Tabela 1). Nessas adubações, os teores variaram de 14,2 a 18,4 g kg^{-1} , na faixa de suficiência, 13,0-18,9 g kg^{-1} (Donato *et al.*, 2017) e próximos aos de Silva *et al.* (2012) com aplicação de 200-150-100 kg ha^{-1} de N- P_2O_5 - K_2O . Na ausência de adubação, nas adubações orgânica e organomineral sem adição de N os teores oscilaram de 10,9 a 14,1 g kg^{-1} , interpretados como marginal ou no limite inferior da classe suficiente (Donato *et al.*, 2017), porém na faixa de suficiência indicada por Blanco-Macías *et al.* (2010), 8,0 a 20,0 g kg^{-1} , e situaram-se mais próximos de Donato *et al.* (2016) com adubação orgânica. Isso é justificável, pois a adubação com N de fonte orgânica tem baixa taxa de mineralização e liberação do N-mineral comparada à fonte mineral, ainda que o aporte de N seja basicamente o mesmo nas doses mais elevadas, 390 kg ha^{-1} de N para 90 Mg ha^{-1} de esterco ante 300 kg ha^{-1} de N mineral.

Para o teor de S entre adubações formaram-se dois e três agrupamentos pelo critério de Scott-Knott ($P < 0,05$) nas configurações de fileira tripla e quádrupla, respectivamente (Tabela 1). Os valores maiores e intermediários, observados nas adubações mineral e organomineral, 2,6 a 3,9 g kg⁻¹ de S, situam-se acima da faixa de suficiência, 1,1-1,9 g kg⁻¹ (Donato *et al.*, 2017) e corroboram Silva *et al.*

(2012). A utilização de sulfato de amônio e superfosfato simples justificam esses resultados. Por outro lado, constataram menores valores nas adubações orgânica, 1,1 a 1,5 g kg⁻¹, concordando com Donato *et al.* (2016) e na faixa de suficiência, enquanto na ausência de adubação ficaram abaixo da faixa de suficiência. Entre configurações de plantio ocorreram diferenças apenas nas adubações mineral para S e Mn.

As adubações possibilitaram a formação de três agrupamentos pelo critério de Scott-Knott ($P < 0,05$) para teor de Mn para ambas as configurações de plantio (Tabela 1). Os valores maiores e intermediários, observados nas adubações mineral e organomineral com N, respectivamente, variam de 421,0 a 978,2 mg kg⁻¹ de Mn, concordam com Silva *et al.* (2012), situam-se acima da faixa de suficiência, 260,0-507,7 mg kg⁻¹ (Donato *et al.*, 2017) para as adubações mineral e dentro da faixa para as organomineral. Enquanto os menores teores de Mn foram observados nas adubações orgânicas, organomineral sem N e na ausência de adubação. Esses resultados concordam com Nascimento *et al.* (2002) que afirmam ser o pH do solo o fator que mais influencia a disponibilidade de Mn para as plantas. Silva *et al.* (2012) encontraram teor de Mn de 2.006,0 mg kg⁻¹, acima da faixa de suficiência, consequência do uso de sulfato de amônio como fonte de N, que reduz o pH e, com isso, aumenta a solubilidade e a absorção do Mn²⁺, comprovado pela redução do pH de 5,3 antes do plantio para 4,3 na época da colheita. Por outro lado, Donato *et al.* (2016) justificaram os menores teores de Mn nos cladódios

pelo acréscimo do pH de 5,4 antes do plantio para 6,0, 6,1 e 6,2 com adição de 30, 60 e 90 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco, respectivamente, o que corrobora Abreu *et al.* (2007) que informam ser a disponibilidade de Mn no solo regulada pelo pH e teor de matéria orgânica, entre outros.

No segundo ciclo, para os teores de S houve formação de dois agrupamentos pelo critério de Scott-Knott nos três espaçamentos (Tabela 2). Os maiores valores 2,0 a 3,2 g kg⁻¹ foram registrados nas adubações mineral e organomineral com N-P-K ou com P-K, situando acima da faixa de suficiência (Donato *et al.*, 2017) e concordam com Silva *et al.* (2012). O uso do sulfato de amônio e do superfosfato simples justificam esses resultados.

Tabela 1. Teores de macronutrientes (N e S) e micronutriente (Mn) em cladódios de palma forrageira ‘Gigante’ cultivada em diferentes configurações de plantio e adubações. Guanambi, BA, 2011 – 2013

Ciclo I 2011/2013	Teores de nutrientes						
	Adubações	Macronutrientes				Micronutriente	
		N (g kg ⁻¹)		S (g kg ⁻¹)		Mn (mg kg ⁻¹)	
Configurações de plantio							
	Fileira tripla	Fileira quádrupla	Fileira tripla	Fileira quádrupla	Fileira tripla	Fileira quádrupla	
0-000-000-000*	12,2 B a	12,7 B a	0,9 B a	0,9 C a	218,9 C a	231,6 C a	
0-300-300-300	18,4 A a	16,4 A a	3,1 A a	3,9 A a	706,1 A a	889,4 A b	
0-300-300-600	14,1 B a	16,3 A a	2,6 A a	3,4 A a	730,2 Ab	978,2 A a	
30-000-000-000	11,9 B a	12,0 B a	1,3 B a	1,5 C a	239,4 C a	229,7 C a	
30-150-300-300	13,2 B a	14,2 A a	3,3 A a	3,7 A a	421,0 B a	548,4 B a	
30-150-300-600	13,8 B a	15,3 A a	2,9 A a	3,2 A a	484,6 Bb	668,1 B a	
60-000-000-000	12,1 B a	11,1 B a	1,5 B a	1,3 C a	204,6 C a	211,5 C a	
60-000-300-300	14,2 B a	10,9 B a	2,6 A a	2,4 B a	234,9 C a	305,1 C a	
60-000-300-600	11,9 B a	10,9 B a	2,2 B a	2,2 B a	275,2 C a	305,1 C a	
90-000-000-000	13,1 B a	11,8 B a	1,4 B a	1,4 C a	182,3 C a	230,6 C a	
90-000-000-300	13,6 B a	13,5 B a	1,4 B a	1,4 C a	184,8 C a	270,0 C a	
90-000-000-600	12,2 B a	12,5 B a	1,3 B a	1,1 C a	212,2 C a	284,8 C a	
Média	13,3	14,9	2,0	2,2	341,1	429,3	
CV (%)	16,27		19,50		28,11		

*(Mg ha⁻¹) de esterco - N (kg ha⁻¹) - P₂O₅ (kg ha⁻¹) - K₂O (kg ha⁻¹); Médias seguidas da mesma letra, maiúscula nas colunas, para adubação, pertencem ao mesmo agrupamento pelo critério de Scott-Knott (P<0,05), e, minúscula nas linhas, para configurações de plantio, não diferem entre si, pelo teste F a 5% de probabilidade.

Tabela 2. Teores de S em cladódios de palma forrageira ‘Gigante’ cultivada em diferentes adubações e espaçamentos. Guanambi, BA, 2013-2014

Ciclo II - 2013/2014	S (g kg ⁻¹)		
	Espaçamentos		
	E ₁ 3,0 X 1,0 x 0,25	E ₂ 3,0 X 1,0 x 0,16	E ₃ 3,0 X 1,0 x 0,125
Adubações	m	m	m
0-000-000-000*	1,3 B a	1,0 B a	0,8 B a
0-300-300-300	2,6 A a	2,9 A a	3,2 A a
0-300-300-600	2,5 A a	2,8 A a	3,0 A a
30-000-000-000	1,5 B a	1,6 B a	1,4 B a
30-150-300-300	2,4 A a	2,7 A a	3,1 A a
30-150-300-600	2,3 A a	2,8 A a	2,8 A a
60-000-000-000	1,6 B a	1,5 B a	1,6 B a
60-000-300-300	2,0 A a	2,7 A a	2,5 A a
60-000-300-600	2,0 A a	2,4 A a	2,3 A a
90-000-000-000	1,4 B a	1,7 B a	1,5 B a
90-000-000-300	1,5 B a	1,4 B a	1,4 B a
90-000-000-600	1,5 B a	1,5 B a	1,6 B a
Média	1,8	2,1	2,0
CV (%)	17,92		

*(Mg ha⁻¹) de esterco - N (kg ha⁻¹) - P₂O₅ (kg ha⁻¹) - K₂O (kg ha⁻¹). Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna, para adubação, pertencem ao mesmo agrupamento pelo critério de Scott-Knott (P<0,05) e, minúscula na linha para espaçamentos, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Enquanto os menores valores foram constatados nas adubações orgânicas e na ausência de adubação, sendo nesta última abaixo da faixa de suficiência para os espaçamentos E₂ 3,0 x 1,0 x 0,16 m e E₃ 3,0 x 1,0 x 0,125. Não houve diferenças entre os espaçamentos para nenhuma das adubações.

No segundo e terceiro ciclo de produção para os teores de N houve a formação de dois e três agrupamentos pelo critério de Scott-Knott, respectivamente (Tabela 3). Os maiores valores 14,3 e 16,0 g kg⁻¹ para o segundo ciclo, 20,3 e 20,9 g kg⁻¹ para o terceiro ciclo foram registrados nas adubações minerais com N-P-K situando dentro e acima da faixa de suficiência (Donato *et al.*, 2017), respectivamente, e concordam com Silva *et al.* (2012).

De forma geral, os menores valores ocorreram sob as adubações orgânica e organomineral e ausência de adubação e concordaram com Donato *et al.* (2016). Apesar disso, no segundo ciclo os teores de N proporcionados pelas adubações organomineral com N situaram-se dentro da faixa de suficiência e nas demais adubações abaixo da faixa de suficiência (Donato *et al.*, 2017), embora na faixa de suficiência (Blanco-Macías *et al.*, 2010), enquanto no terceiro ciclo todos os teores ficaram dentro da faixa de suficiência (Donato *et al.*, 2017). Isso é justificável, pois a adubação com N de fonte orgânica tem baixa taxa de mineralização e liberação do N-mineral comparada à fonte mineral, para o mesmo aporte de N.

Nos três ciclos de produção para os teores de P nos cladódios formaram-se quatro agrupamentos pelo critério de Scott-Knott (Tabela 3). Os maiores valores, 1,9 a 2,9 g kg⁻¹, registrados sob adubações organomineral no primeiro ciclo, mineral e organomineral no segundo e terceiro ciclos com N-P-K ou P-K, acima da faixa de suficiência, 1,0 a 1,7 g kg⁻¹ (Donato *et al.*, 2017) e maiores que os observados por Silva *et al.* (2012), com adubações N-P-K, N-P e P-K, contudo, utilizando 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ ante 300 kg ha⁻¹ do presente trabalho.

Os menores teores de P nos cladódios foram registrados na ausência de adubação nos três ciclos, contudo, abaixo da faixa de suficiência apenas no primeiro ciclo, 0,8 g kg⁻¹. Esses valores de P acima da faixa de suficiência justificam-se pelo teor de P inicial no solo, 23,57 mg dm⁻³, na faixa de suficiência, 22 a 48 mg dm⁻³ (Donato *et al.*, 2017) para solo de textura média e principalmente pelas adubações cujos menores aportes foram 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅ para as adubações mineral e 270 kg ha⁻¹ de P₂O₅ para a adubação orgânica com 30 Mg ha⁻¹ de esterco.

Para o teor de K nos cladódios houve formação de cinco, quatro e três agrupamentos pelo critério de Scott-Knott para o primeiro, segundo e terceiro ciclo, respectivamente (Tabela 3). Os maiores teores de K foram registrados nas adubações organominerais 60-000-300-600 e 90-000-000-600 (Mg ha⁻¹) de esterco - N (kg ha⁻¹) - P₂O₅ (kg ha⁻¹) - K₂O (kg ha⁻¹) para o primeiro e terceiro ciclos, e também 90-0000-000-000 e 90-000-000-300 (Mg ha⁻¹) de esterco - N

Tabela 3. Teores de macronutrientes e micronutrientes em cladódios de palma forrageira ‘Gigante’ submetida a adubações mineral, organomineral e orgânica em três ciclos de produção. Guanambi, BA, 2011 - 2015

Ciclo I - 2011/2013 Adubações	Macronutrientes			Micronutrientes			
	P	K	Ca	B	Cu	Fe	Zn
	----- (g kg ⁻¹) -----			----- (mg kg ⁻¹) -----			
0-000-000-000*	0,8 D	30,7 E	24,2 B	29,4 B	1,92 C	167,8 B	37,0 C
0-300-300-300	1,7 B	31,1 E	25,7 B	57,4 A	2,85 A	218,9 A	58,4 B
0-300-300-600	1,6 B	34,9 D	25,8 B	58,4 A	2,67 A	207,1 A	54,3 B
30-000-000-000	1,2 C	33,6 D	22,7 B	65,0 A	2,51 B	174,3 C	69,8 A
30-150-300-300	2,0 A	37,6 C	28,3 A	64,5 A	2,88 A	191,7 B	62,3 B
30-150-300-600	1,8 B	40,7 B	26,4 A	64,4 A	2,93 A	238,4 A	59,5 B
60-000-000-000	1,3 C	38,0 C	25,5 B	55,1 A	2,43 B	181,9 B	72,2 A
60-000-300-300	1,8 B	40,7 B	27,5 A	54,6 A	2,51 B	241,0 A	65,5 A
60-000-300-600	1,7 B	42,6 A	28,1 A	52,6 A	2,37 B	205,9 A	61,6 B
90-000-000-000	1,2 C	40,4 B	25,0 B	54,1 A	2,48 B	189,9 B	63,4 B
90-000-000-300	1,3 C	41,2 B	23,8 B	58,7 A	2,31 B	188,6 B	68,8 A
90-000-000-600	1,1 C	44,0 A	24,5 B	55,7 A	2,15 C	212,2 A	69,6 A
Média	1,40	37,90	25,60	55,80	2,50	201,50	61,50
CV (%)	16,95	11,28	15,29	35,91	21,49	34,67	26,01

Continuação... Ciclo II - 2013/2014 Adubações	Macronutrientes					Micronutrientes	
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn
	------(g kg ⁻¹)-----					------(mg kg ⁻¹)-----	
0-000-000-000*	12,5 B	1,0 D	27,7 D	31,7A	9,8 B	102,9 C	489,0 B
0-300-300-300	16,0 A	2,9 A	32,3 C	31,4A	9,7 B	220,9 A	1253,7 A
0-300-300-600	14,3 A	2,8 A	37,0 B	32,8A	9,3 B	185,9 A	1364,3 A
30-000-000-000	12,8 B	1,5 C	37,0 B	28,2B	12,3A	160,9 B	268,3 C
30-150-300-300	13,1 B	2,8 A	26,5 B	29,6B	10,3B	206,1 A	541,5 B
30-150-300-600	13,3 B	2,6 A	36,4 B	28,6B	10,3B	187,7 A	591,7 B
60-000-000-000	12,0 B	1,6 C	37,1 B	27,2C	12,4A	155,2 B	186,9 C
60-000-300-300	12,0 B	2,4 B	37,2 B	29,4B	12,0A	207,8 A	216,8 C
60-000-300-600	11,4 B	2,2 B	42,2 A	29,6B	11,9A	205,1 A	264,5 C
90-000-000-000	12,9 B	1,5 C	41,0 A	25,3C	11,7A	246,0 A	149,0 C
90-000-000-300	12,5 B	1,4 C	39,4 A	22,9D	11,5A	217,1 A	167,2 C
90-000-000-600	12,4 B	1,5 C	40,7 A	24,2D	11,0A	252,1 A	180,1 C
Média	13,0	2,0	36,2	28,4	11,0	195,5	472,7
CV (%)	15,90	17,92	10,35	14,54	24,18	37,20	40,66
Ciclo III - 2014/2015 Adubações	Macronutrientes					Micronutrientes	
	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Zn
	------(g kg ⁻¹)-----					------(mg kg ⁻¹)-----	
0-000-000-000*	14,5 C	1,2 D	31,8 C	33,9 A	13,0 A	589,4 C	60,4 C
0-300-300-300	20,9 A	2,1 A	30,5 C	31,1 A	10,2 B	1984,9 A	73,4 A
0-300-300-600	20,2 A	2,0 A	36,4 B	31,1 A	9,5 B	2558,3 A	71,1 A
30-000-000-000	14,5 C	1,5 C	32,4 C	28,9 B	11,8 A	406,3 D	64,9 B
30-150-300-300	16,7 B	1,8 B	34,3 C	32,8 A	11,2 B	732,7 B	60,3 C
30-150-300-600	17,3 B	1,7 B	37,5 B	32,2 A	10,4 B	950,7 B	58,4 C
60-000-000-000	15,5 C	1,6 C	32,8 C	25,4 B	12,1 A	264,1 D	53,1 D
60-000-300-300	17,2 B	2,0 A	36,5 B	30,3 A	12,6 A	262,6 D	53,8 D
60-000-300-600	15,1 C	1,9 A	40,6 A	29,9 A	11,9 A	270,2 D	54,8 D
90-000-000-000	16,8 B	1,8 B	37,6 B	29,3 B	13,6 A	187,4 D	49,9 D
90-000-000-300	15,6 C	1,7 B	38,9 B	26,5 B	12,8 A	137,0 D	47,9 D
90-000-000-600	14,8 C	1,7 B	42,8 A	28,2 B	13,2 A	154,4 D	52,5 D
Média	16,6	1,7	36,0	29,9	11,8	708,2	58,4
CV (%)	15,00	16,30	12,80	16,52	19,37	64,45	18,52

*(Mg ha⁻¹) de esterco - N (kg ha⁻¹) - P₂O₅ (kg ha⁻¹) - K₂O (kg ha⁻¹); Médias seguidas da mesma letra nas colunas pertencem ao mesmo agrupamento pelo critério de Scott- Knott (P<0,05).

(kg ha⁻¹) - P₂O₅ (kg ha⁻¹) - K₂O (kg ha⁻¹) no segundo ciclo. Nesses casos os teores de K variaram de 39,4 a 44 g kg⁻¹, situando-se dentro da faixa de suficiência, 31,6-44,1 g kg⁻¹ (Donato *et al.*, 2017) e concordam com Donato *et al.* (2016). Teores abaixo da faixa de suficiência ocorreram na ausência de adubação no primeiro e segundo ciclos e na adubação organomineral 0-300-300-300 (Mg ha⁻¹) de esterco - N (kg ha⁻¹) - P₂O₅ (kg ha⁻¹) - K₂O (kg ha⁻¹) no segundo ciclo.

Os teores de Ca nos cladódios foram maiores no primeiro ciclo nas adubações organomineral com N-P-K e P-K, na ausência de adubação e nas adubações minerais no segundo, e em todas essas no terceiro ciclo (Tabela 3). Nesses casos, os teores de Ca variaram de 26,4 a 33,9 g kg⁻¹, na faixa de suficiência para a maioria, 23,2 -32,8 g kg⁻¹ (Donato *et al.*, 2017) e concordam com Silva *et al.* (2012). Esses valores justificam-se pelo Ca aportado via superfosfato simples. Os menores valores ocorreram nas adubações orgânica com maiores quantidades como encontrado por Donato *et al.* (2016), contudo, na faixa de suficiência. Fontes orgânica como esterco e efluente de esgoto são via de regra, pobres em Ca (Lemos *et al.*, 2018).

Os teores de Mg nos cladódios foram maiores no segundo ciclo de produção nas adubações orgânica e nas organomineral com P-K e pelo menos 60 Mg ha⁻¹ de esterco, e no terceiro ciclo, além dessas, também na ausência de adubação (Tabela 3). Nesses casos, os valores oscilaram de 11 a 13,6 g kg⁻¹, dentro da faixa de suficiência 9,5-14,3 g kg⁻¹ (Donato *et al.*, 2017) e concordaram com Donato *et al.* (2016) e Silva *et al.* (2012). Os menores teores de Mg nos cladódios sob adubações mineral N-P-K e organomineral com N-P-K decorre possivelmente da inibição competitiva do NH₄⁺ e do K⁺ aplicados com o Mg⁺⁺. Apesar disso, em todos os casos os teores de Mg nos cladódios ficaram na faixa de suficiência.

Os teores de B nos cladódios no primeiro ciclo de produção foram maiores nas palmas adubadas comparada à ausência de adubação (Tabela 3). Os teores variaram de 52,6 a 65 mg kg⁻¹, situando-se muito acima da faixa de suficiência, 22,3-32,7 mg kg⁻¹ (Donato *et al.*, 2017) e bem mais altos que os observados por Silva *et al.* (2012) com adubação mineral. Na ausência de adubação o teor de B nos cladódios 29,4 mg kg⁻¹ situou-se na faixa de suficiência. As aplicações de B no solo, em todos os tratamentos e ciclos

justificam a ausência de teores desse micronutriente abaixo da faixa de suficiência.

Os teores de Cu nos cladódios foram maiores, 2,67 a 2,93 mg kg⁻¹, nas adubações mineral e organomineral com N-P-K, no primeiro ciclo de produção (Tabela 3). Os menores teores de Cu ocorreram sem adubação e na adubação com 90-000-000-600 (Mg ha⁻¹) de esterco - N (kg ha⁻¹) - P₂O₅ (kg ha⁻¹) - K₂O (kg ha⁻¹). Todos os valores situaram-se na faixa de suficiência, 2,0 a 3,7 mg kg⁻¹ (Donato *et al.*, 2017). O Cu é fortemente adsorvido pela matéria orgânica do solo, interage com compostos orgânicos, formando complexos estáveis com grupos carboxílicos e fenólicos (Abreu *et al.*, 2007). Isso justifica os menores valores sob as adubações orgânicas.

Os teores de Fe nos cladódios foram maiores nas palmas submetidas à adubações mineral e organomineral com N-P-K e P-K no primeiro ciclo de produção e além dessas, nas adubações organomineral com K e orgânica com 90 Mg ha⁻¹ de esterco, no segundo ciclo de produção (Tabela 3). Os teores variaram nesses casos de 185,9 a 246 mg kg⁻¹. O menor teor no segundo ciclo foi constatado na ausência de adubação, contudo todos os valores situaram-se acima da faixa de suficiência, 61,1 a 126,6 mg kg⁻¹ (Donato *et al.*, 2017). Dubeux Jr. *et al.* (2010) e Silva *et al.* (2012) encontraram teores de Fe nos cladódios bem inferiores aos do presente trabalho.

Os teores de Mn nos cladódios no segundo e terceiro ciclos de produção foram maiores nas adubações minerais (Tabela 3). Os valores variaram de 1253,7 a 2558,3 mg kg⁻¹, muito acima da faixa de suficiência, 260,0-507,7 mg kg⁻¹ (Donato *et al.*, 2017) e concordam com Silva *et al.* (2012), enquanto os menores valores registrados nas adubações orgânicas ficaram abaixo da faixa de suficiência. Silva *et al.* (2012) argumentam que o pH do solo é o fator que mais influencia a disponibilidade de Mn para as plantas, e o uso de sulfato de amônio, mesmo caso do presente trabalho, promove redução do pH no meio, o que

umenta a solubilidade e a conseqüente absorção do Mn^{2+} pelas plantas. Isso justifica os maiores valores encontrados quando se utilizou adubações minerais, principalmente com maior aporte de N.

Os teores de Zn nos cladódios foram maiores no primeiro ciclo nas adubações orgânicas e organomineral com P-K e K no primeiro ciclo de produção e nas adubações mineral no terceiro ciclo de produção (Tabela 3). Nesses casos, os teores oscilaram de 65,5 a 73,4 $mg\ kg^{-1}$ acima da faixa de suficiência, 34,5-57,8 $mg\ kg^{-1}$ (Donato *et al.*, 2017). Não houve teores de Zn abaixo da faixa de suficiência. Os teores observados no presente trabalho foram maiores que os constatados por Silva *et al.* (2012). As aplicações de Zn no solo, em todos os tratamentos e ciclos justificam a ausência de teores desse micronutriente abaixo da faixa de suficiência.

As menores produtividades de matéria seca (PMS) da palma forrageira ‘Gigante’ foram registradas sem adubação e com 30 $Mg\ ha^{-1}$ de esterco na maioria dos casos (Tabelas 4 e 5). As maiores PMS nas adubações com maior aporte de nutrientes, particularmente nas adubações orgânica com 60 $Mg\ ha^{-1}$ adicionada de K, 90 $Mg\ ha^{-1}$ de esterco com ou sem aporte de K, adubação mineral com 300-300-600 $kg\ ha^{-1}$ de N-P₂O₅-K₂O, ou organomineral com 30 $Mg\ ha^{-1}$ de esterco e 150-300-600 $kg\ ha^{-1}$ de N-P₂O₅-K₂O. Os maiores incrementos de PMS, 35,31% e 45,25% do primeiro para o segundo e do primeiro para o terceiro ciclo, respectivamente, ocorreram com 90 $Mg\ ha^{-1}$ de esterco com ou sem adição de K.

No presente trabalho buscou-se relacionar a eficiência nutricional expressa pelo coeficiente de utilização biológica de nutrientes (CUB_{Nui}) na palma forrageira com as adubações mineral, organomineral e orgânica e sua associação com a PMS. Segundo Silva *et al.* (2009), o CUB_{Nui} pode ser influenciado por fatores edafoclimáticos, biológicos e pelo manejo, o que torna

difícil estabelecer relações que expliquem efetivamente os seus valores em diferentes situações.

No primeiro ciclo de produção os macronutrientes com maior variação do CUB às adubações foram S, P e K, N, com formação de quatro, três e dois agrupamentos, respectivamente, pelo critério de Scott-Knott (Tabela 4). No segundo, K com quatro, S e P com três, N, Ca e Mg com dois agrupamentos; e no terceiro ciclo de produção S, P, K e N com três, Ca e Mg com dois agrupamentos. Disso depreende que S, K, P e N, nesta ordem foram os macronutrientes cuja eficiência nutricional mostrou-se mais sensível às adubações. Esses resultados contradizem Deus (2016) que encontrou maior sensibilidade para os CUB de Ca e Mg e menor sensibilidade para os CUB de N e P em bananeira em função da produtividade.

De forma geral, maior eficiência nutricional ocorreu na ausência de adubação para a maioria dos nutrientes. Para N, S e P as adubações orgânica ou organomineral com maior aporte desses nutrientes e com maiores PMS.

Tabela 4. Valores médios do coeficiente de utilização biológica (CUB_{Nui}) de macronutrientes em cladódios de palma forrageira ‘Gigante’ submetida a adubações mineral, organomineral e orgânica em três ciclos de produção. Guanambi, BA, 2011 - 2015

Adubações	Ciclo I - 2011-2013						
	PMS	CUB_N	CUB_P	CUB_K	CUB_{Ca}	CUB_{Mg}	CUB_S
	(Mg ha ⁻¹)	(kg kg ⁻¹)					
0-000-000-00*	9,3 C	82,6 A	1293,2 A	33,4 A	43,3	123,4	1182,1 A
0-300-300-300	16,2 A	59,8 B	583,0 C	33,0 A	41,6	131,9	291,7 D
0-300-300-600	16,7 A	70,4 B	661,8 C	29,7 B	40,5	149,3	361,7 D
30-000-000-00	12,4 B	86,6 A	884,2 B	30,3 B	46,0	120,5	772,3 B
30-150-300-300	15,8 A	78,3 A	533,0 C	27,5 C	38,8	126,3	296,4 D
30-150-300-600	15,6 A	70,6 B	579,2 C	25,2 C	39,7	124,9	338,6 D
60-000-000-000	14,5 A	90,9 A	783,1 B	27,0 C	41,1	121,7	739,3 B
60-000-300-300	16,6 A	86,4 A	568,9 C	25,3 C	38,4	113,6	420,5 C
60-000-300-600	15,1 A	94,6 A	604,7 C	24,2 C	37,8	123,3	486,1 C
90-000-000-000	14,1 A	82,4 A	835,4 B	25,4 C	42,2	106,8	741,7 B
90-000-000-300	15,2 A	78,3 A	781,4 B	24,8 C	43,4	118,4	762,3 B
90-000-000-600	15,0 A	82,4 A	902,7 A	23,5 C	43,3	120,4	852,8 B
Média	14,7	80,3	750,9	27,5	41,4	123,4	603,8
CV (%)	30,02	24,57	25,78	17,52	23,69	27,77	35,96

Continuação...		Ciclo II - 2013-2014					
Adubações	PMS	CUB _N	CUB _P	CUB _K	CUB _{Ca}	CUB _{Mg}	CUB _S
	(Mg ha ⁻¹)	------(kg kg ⁻¹)-----					
0-000-000000*	7,9 C	82,3 A	1191,2 A	36,5 A	32,6 B	110,3 A	1001,5 A
0-300-300-300	13,5 B	64,5 B	528,9 C	31,8 B	33,0 B	120,6 A	350,7 C
0-300-300-600	12,8 B	72,0 B	614,4 B	27,5 C	31,3 B	120,9 A	365,9 C
30-000-000-000	12,4 B	80,8 A	624,3 B	27,7 C	36,1 B	86,0 B	692,3 B
30-150-300-300	15,5 A	79,0 A	5490,1 C	28,3 C	35,0 B	106,3 A	381,2 C
30-150-300-600	13,7 B	77,2 A	509,1 C	28,0 C	36,3 B	104,5 A	390,0 C
60-000-000-000	12,9 B	85,3 A	558,9 C	27,4 C	37,6 B	84,3 B	648,9 B
60-000-300-300	17,1 A	86,6 A	515,8 C	27,2 C	34,6 B	91,0 B	432,8 C
60-000-300-600	17,5 A	88,9 A	514,3 C	24,1 D	34,4 B	89,0 B	475,9 C
90-000-000-000	18,7 A	78,5 A	557,0 C	24,8 D	40,8 A	92,3 B	655,0 B
90-000-000-300	22,0 A	83,1 A	593,5 B	25,6 D	44,9 A	94,2 B	692,3 B
90-000-000-600	19,4 A	83, A	601,9 B	25,0 D	42,6 A	98,3 B	654,3 B
Média	15,2	80,1	608,3	27,8	36,6	99,8	560,9
CV (%)	34,02	17,82	22,98	14,92	17,65	26,62	25,19
Continuação.....		Ciclo III - 2014-2015					
Adubações	PMS	CUB _N	CUB _P	CUB _K	CUB _{Ca}	CUB _{Mg}	CUB _S
	(Mg ha ⁻¹)	------(kg kg ⁻¹)-----					
0-000-000-00*	8,2 D	71,0 A	839,7 A	32,8 A	31,3 B	78,6 B	774,2 A
0-300-300-300	16,6 B	49,4 C	498,4 C	33,6 A	32,8 B	101,3 A	383,0 C
0-300-300-600	21,5 A	50,4 C	523,4 C	27,8 B	33,2 B	109,1 A	328,0 C
30-000-000-000	13,1 C	70,9 A	682,1 B	31,4 A	35,3 B	87,3 B	651,8 A
30-150-300-300	18,4 B	61,6 B	541,3 C	29,6 A	31,6 B	93,5 A	377,7 C
30-150-300-600	20,4 A	59,0 B	577,8 C	27,0 B	31,9 B	99,6 A	367,9 C
60-000-000-000	17,6 B	66,8 A	652,7 B	32,0 A	46,3 A	85,7 B	704,3 A
60-000-300-300	20,5 A	59,3 B	505,3 C	27,9 B	34,0 B	82,8 B	486,8 B
60-000-300-600	21,3 A	67,0 A	545,9 C	24,9 C	35,6 B	91,1 B	493,1 B
90-000-000-000	21,1 A	61,5 B	570,8 C	27,0 B	35,5 B	78,6 B	656,7 A
90-000-000-300	19,9 A	66,2 A	616,5 C	26,3 B	40,3 A	86,7 B	745,1 A
90-000-000-600	23,3 A	70,0 A	575,5 C	23,4 C	38,0 A	77,3 B	68,5 A
Média	18,5	62,8	594,1	28,6	35,5	89,3	554,3
CV(%)	27,01	17,85	21,69	16,39	833,0	21,58	26,93

PMS: Produtividade de matéria seca (Mg ha⁻¹); *(Mg ha⁻¹) de esterco - N (kg ha⁻¹) - P₂O₅ (kg ha⁻¹) - K₂O (kg ha⁻¹); Médias seguidas de mesma letra na coluna pertencem ao mesmo agrupamento pelo critério de Scott-Knott (P<0,05).

possibilitaram a expressão de maior eficiência nutricional pela palma forrageira, enquanto para K maior eficiência nutricional foi evidenciada pela palma que recebeu adubação mineral, sem associação com PMS.

Para os micronutrientes, os CUBs com maior variação em função das adubações foram do Mn com formação de quatro agrupamentos e Zn com dois agrupamentos pelo critério de Scott-Knott nos três ciclos de produção, seguido do B com dois agrupamentos nos dois primeiros ciclos e do cobre apenas no

primeiro ciclo (Tabela 5). Disso, afirma-se que Mn, Zn e B nessa ordem foram os micronutrientes cuja eficiência nutricional mostrou-se mais sensível às adubações. Também Deus (2016) encontrou maior sensibilidade para o CUB do Mn.

Tabela 5. Valores médios do coeficiente de utilização biológica (CUB) de micronutrientes em cladódios de palma forrageira ‘Gigante’ submetida a adubações mineral, organomineral e orgânica em três ciclos de produção. Guanambi, BA, 2011 - 2015

Ciclo I - 2011-2013						
Adubações	PMS	CUB _B	CUB _{Cu}	CUB _{Fe}	CUB _{Mn}	CUB _{Zn}
	(Mg ha ⁻¹)	------(kg kg ⁻¹)-----				
0-000-000-000*	9,3 C	41635,9 A	879550,8 A	6674,5	4945,5 A	33623,5 A
0-300-300-300	16,2 A	20453,8 A	409790,8 B	5125,3	1358,7 D	20040,6 B
0-300-300-600	16,8 A	21397,4 B	512379,8 B	5147,5	1444,2 D	21489,7 B
30-000-000-000	12,5 B	18311,8 B	508072,5 B	6578,6	4632,5 A	18248,0 B
30-150-300-300	15,9 A	17514,7 B	422686,1 B	5751,8	2500,8 C	19233,0 B
30-150-300-600	15,6 A	17602,5 B	397480,7 B	4853,0	1883,49 D	19820,2 B
60-000-000-000	14,5 A	19620,1 B	496904,5 B	6004,3	5625,2 A	15684,5 B
60-000-300-300	16,6 A	19575,3 B	482733,4 B	5154,4	4038,4 B	19073,5 B
60-000-300-600	15,1 A	19795,4 B	503766,1 B	5843,9	34655,7 B	18515,3 B
90-000-000-000	14,1 A	21470,7 B	501326,2 B	6095,5	5404,8 A	17404,0 B
90-000-000-300	15,2 A	18948,0 B	544908,7 B	5671,3	4736,6 A	17475,5 B
90-000-000-600	15,0 A	21104,3 B	597549,4 B	5325,5	4517,5 A	16613,0 B
Média	14,7	21452,5	521429,1	5685,4	3682,8	19743,4
CV (%)	30,02	40,30	70,59	34,03	35,58	39,24
Ciclo II - 2013-2014						
Adubações	PMS	CUB _B	CUB _{Cu}	CUB _{Fe}	CUB _{Mn}	CUB _{Zn}
	(Mg ha ⁻¹)	------(kg kg ⁻¹)-----				
0-000-000-000*	7,9 C	41225,2 A	473150,8	12248,6	2406,3 D	26966,7 ^a
0-300-300-300	13,5 B	28968,6 B	424084,2	12598,5	897,6 E	19132,2 B
0-300-300-600	12,7 B	30836,9 B	369123,9	10483,4	780,2 E	18601,5 B
30-000-000-000	12,3 B	32019,2 B	469335,3	12812,0	4341,0 C	15596,2 B
30-150-300-300	15,4 A	31983,6 B	465522,7	12031,6	2101,8 D	17117,8 B
30-150-300-600	13,6 B	29576,6 B	480782,4	12394,3	1847,7 D	18193,5 B
60-000-000-000	12,8 B	33303,2 B	403100,8	11865,4	5828,1 B	16610,8B
60-000-300-300	17,1 A	33222,4 B	470289,4	12006,0	5115,4 C	17493,4 B
60-000-300-600	17,5 A	31004,7 B	447341,2	12569,6	4155,5 C	18393,3B
90-000-000-000	18,6 A	34445,7 B	434018,1	12398,0	7190,5 A	19976,2 B
90-000-000-300	22,0 A	31986,2 B	428899,9	11449,7	6323,2 B	19293,6 B
90-000-000-600	19,3 A	30014,6 B	444902,1	11729,2	5917,5 B	17511,0 B
Média	15,2	32465,6	442545,9	12048,8	3908,7	18732,2
CV (%)	34,02	26,48	41,91	37,99	33,63	34,09

Continuação.....						
Ciclo III - 2014-2015						
Adubações	PMS	CUB _B	CUB _{Cu}	CUB _{Fe}	CUB _{Mn}	CUB _{Zn}
	(Mg ha ⁻¹)					
0-000-000-000*	8,2 D	46737,0	342693,0	20333,3	1995,7 D	17313,6 B
0-300-300-300	16,6 B	39975,9	310009,1	17686,2	1465,2 D	14959,6 B
0-300-300-600	21,5 A	39492,6	322147,9	15630,8	425,8 D	15389,0 B
30-000-000-000	13,1 C	37370,1	414480,3	21905,8	4212,6 C	16047,3 B
30-150-300-300	18,4 A	43677,8	414478,5	16622,1	1715,1 D	17542,1 B
30-150-300-600	20,4 A	39370,3	380210,4	16477,3	1400,7 D	18004,5 B
60-000-000-000	17,6 B	40000,6	440594,1	20247,9	5959,1 A	20605,2 A
60-000-300-300	20,5 A	42141,6	445317,9	24612,0	5545,9 B	19864,6 A
60-000-300-600	21,3 A	40060,4	383017,1	18845,2	4273,7 C	19003,9 A
90-000-000-000	21,1 A	42113,9	393026,7	21185,5	6602,6 A	20913,3 A
90-000-000-300	19,9 A	35574,3	452848,6	18852,4	7467,3 A	21772,5 A
90-000-000-600	23,3 A	35280,8	410956,6	128469,4	7080,5 A	19650,9 A
Média	18,5	40316,3	392693,3	20072,3	4012,0	18422,2
CV(%)	27,01	26,10	42,62	93,57	48,78	23,57

PMS: Produtividade de matéria seca (Mg ha⁻¹); *(Mg ha⁻¹) de esterco - N (kg ha⁻¹) - P₂O₅ (kg ha⁻¹) - K₂O (kg ha⁻¹); Médias seguidas de mesma letra na coluna pertencem ao mesmo agrupamento pelo critério de Scott-Knott (P<0,05).

Maiores valores de eficiência nutricional para o Mn nos três ciclos e para o Zn no terceiro ciclo na palma forrageira foram constatados nas adubações orgânicas que estão associadas às maiores PMS, enquanto os menores valores foram obtidos com adubações minerais. A menor disponibilidade desses nutrientes devido à adsorção e à elevação do pH pelo adubo orgânico (Abreu *et al.*, 2007; Donato *et al.*, 2016) contribuíram para isso, assim como ocorreu na ausência de adubação para o Mn no primeiro ciclo e para o Zn nos dois primeiros. Por outro lado, a maior disponibilidade de Mn pela acidificação do solo provocada pelo sulfato de Amônio na adubação mineral (Silva *et al.*, 2012) diminuiu a sua eficiência nutricional na palma forrageira ‘Gigante’.

CONCLUSÕES

1. Adubação orgânica diminui os teores de Mn nos cladódios abaixo da faixa de suficiência.
2. A eficiência nutricional de N, S, P, Mn e Zn em palma forrageira ‘Gigante’ é maior com adubações orgânica e organomineral e estão associadas a maiores produtividades de matéria seca, enquanto de K é maior com adubação mineral.
3. Ausência de adubação ou aplicação de $30 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de esterco bovino é insuficiente para assegurar o estado nutricional e produtividade de matéria seca acima de 15 Mg ha^{-1} em palma forrageira ‘Gigante’.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, C. A.; LOPES, A. S.; SANTOS G. C. G. dos. Micronutrientes. In: Novais, R.F. *et al.* (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p.645-736. 2007.

ALVES, J.F.T. **Estabelecimento de faixas de suficiência para avaliação nutricional da palma forrageira ‘Gigante’**. 57f. Dissertação Mestrado. Guanambi: Instituto Federal Baiano, 2017.

BLANCO-MACÍAS, F.; MAGALLANES-QUINTANAR, R.; VALDEZ CEPEDA, R. D.; VÁZQUEZ-ALVARADO, R.; OLIVARES-SÁENZ, E.; GUTIÉRREZ-ORNELAS, E.; VIDALES-CONTRERAS, J. A.; MURILLO AMADOR, B. Nutritional Reference Values for *Opuntia ficus-indica* determined by means of the boundary-line approach. **Journal of Plant Nutrition Soil Science**, v.173, p.927-934, 2010.

CAVALCANTE, L. A. D.; SANTOS, G. R. A.; SILVA, L. M.; FAGUNDES, J. L.; SILVA, M. A.. Respostas de genótipos de palma forrageira a diferentes densidades de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.44, p.424-433, 2014.

DEUS, J. A. L de. **Demanda, partição de nutrientes e recomendação de adubação para bananeira com base em análise de solo, diagnose foliar e produtividade**. 110f. Tese Doutorado. Viçosa: UFV, 2016.

DEUS, J. A. L.; SOARES, I.; NEVES, J. C. L.; MEDEIROS, J. F.; MIRANDA, F. R. Fertilizer recommendation system for melon based on nutritional balance. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.39, p.498-511, 2015. doi:10.1590/01000683rbcs20140172.

DONATO, S. L. R; LÉDO, A. A.; PEREIRA, M. C. T.; COELHO, E. F.; COTRIM, C. E.; FILHO, M. A.C. Estado nutricional de bananeiras tipo Prata sob diferentes sistemas de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, p.980-988, 2010.

DONATO, P. E.; PIRES, A. J.; DONATO, S. L.; BONOMO, P.; SILVA, J. A.; AQUINO, A. A. Morfometria e rendimento da palma forrageira ‘Gigante’ sob diferentes espaçamentos e doses de adubação orgânica. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.9, p.151-158, 2014a. doi:10.5039.

DONATO, P. E. R.; PIRES, A. J. V.; DONATO, S. L. R.; DA SILVA, J. A.; DE AQUINO, A. A. Valor nutritivo da palma forrageira ‘Gigante’ cultivada sob diferentes espaçamentos e doses de esterco bovino. **Revista Caatinga**, v.27, p.163-172, 2014b.

DONATO, P. E R; DONATO, S. L. R.; SILVA, J. A.; PIRES, A. J. V; RAUL C. C. ROSA, R. C.C.; AQUINO, A.A. Nutrition and yield of ‘Gigante’ cactus pear cultivated with different spacings and organic fertilizer. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.20, p.1083-1088, 2016.

DONATO, S. L. R.; DONATO, P. E. R.; SILVA, J. A.; RODRIGUES, M. G. V. Diagnóstico nutricional e recomendação de adubação para a palma FORRAGEIRA ‘GIGANTE’. **Informe Agropecuário**, V.38, 2017.

DUBEUX JUNIOR, J.C.B.; ARAÚJO FILHO, J.T.; SANTOS, M.V.F. *et al.* Adubação mineral no crescimento e composição mineral da palma forrageira – Clone IPA-20. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.5, p.129-135, 2010.

LEMONS, M.; NETO, M. F.; MEDEIROS, J.F.; DIAS, N.S.D.; SILVA, E. F. F.; LIRA, R. B. Nutritional evaluation of forage cactus fertigated with domestic sewage effluent. *Rev. Caatinga*, Mossoró, v.31, p.476-486, 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252018v31n224rc>. Acesso em 18 de setembro de 2018.

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

SILVA, A. P.; ALVAREZ, V. V. H.; SOUZA, A. P.; NEVES, J. C. L.; NOVAIS, R. F.; DANTAS, J. P. 2009. Sistema de recomendação de fertilizantes e corretivos para a cultura do abacaxi - Fertcalc-abacaxi. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.1269-1280. doi:10.1590/S0100 06832009000500020.

SILVA, J. A.; BONOMO, P.; DONATO, S. L. R.; PIRES, A. J. V.; ROSA, R. C. C.; DONATO, P. E. R. Composição mineral de palma forrageira sob diferentes espaçamentos e adubações química. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.7, p.866-875, 2012. doi:10.5039.

SILVA, J. A.; BONOMO, P.; DONATO, S. L. R.; PIRES, A. J. V.; SILVA, F. F.; DONATO, P. E. R. Composição bromatológica de cladódios de palma forrageira sob diferentes espaçamentos e adubações química. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.8, p.342-350, 2013.

SILVA, L. M.; FAGUNDES, J. L.; VIEGAS, P. A. A.; MUNIZ, E. N.; RANGEL, J. H. A.; BACKES, A. A. Produtividade da palma forrageira cultivada em diferentes densidades de plantio. *Ciência Rural*, v.44, p.2064-2071, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20131305>. Acesso em 15 de agosto de 2018.

CAPÍTULO 3

BALANÇO NUTRICIONAL E TAXA DE RECUPERAÇÃO DE MACRONUTRIENTES PELA PALMA FORRAGEIRA 'GIGANTE' SOB DIFERENTES ADUBAÇÕES

RESUMO

Lédo, A. A. **Balanço nutricional e taxa de recuperação de macronutrientes pela palma forrageira ‘gigante’ sob diferentes adubações.** Janaúba MG: UNIMONTES, 2018. 70f. Capítulo 3. (Tese – Doutorado em Produção Vegetal no Semiárido, Área de Concentração em Fitotecnia).

Objetivaram-se avaliar durante três ciclos de produção a exportação de nutrientes, o balanço nutricional e a taxa de recuperação de macronutrientes pela palma forrageira ‘Gigante’ sob diferentes doses e fontes de adubação, espaçamento e configurações. Os 72 tratamentos foram dispostos em delineamento em blocos casualizados com três repetições, sendo duas configurações nas parcelas, três espaçamentos nas subparcelas e 12 tipos de adubação nas sub-subparcelas. As exportações dos nutrientes são maiores nas adubações com maiores aportes dos respectivos nutrientes, independentemente da fonte. A ordem de exportação é $K > Ca > N > Mg > S > P$ para as adubações mineral, orgânica com $30 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de esterco e organomineral com 30 e $60 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de esterco adicionada com N-P-K e P-K, e altera para $K > Ca > N > Mg > P > S$ nas adubações orgânicas com 60 e 90 Mg ha^{-1} de esterco e organomineral com 90 Mg ha^{-1} mais K. O balanço de nutrientes após três ciclos de produção é positivo para N, P e S, negativo para Ca e Mg em todas as adubações, e positivo para K nas adubações mineral com de 600 kg ha^{-1} de K_2O e organomineral com 30, 60 e 90 Mg ha^{-1} de esterco adicionado de 600 kg ha^{-1} de K_2O . As maiores taxas de recuperação de K e as menores de N ocorrem nas adubações orgânicas, que adicionam as menores e maiores quantidades de K e N ao solo comparada às adubações mineral e organomineral.

Termos para indexação: *Opuntia*, adubações organomineral, exportação de nutrientes.

ABSTRACT

Lédo, A. A. **Nutritional balance and recovery rate of macronutrients by 'Giant' forage palm under different fertilizations.** Janaúba MG: UNIMONTES, 2018. Chapter 3. 71f. (Thesis - PhD in Plant Production in the Semi-Arid, Area of Concentration in Phytotechnology).

The objective of this study was to evaluate nutrient exportation, nutritional balance and macronutrient recovery rate by 'Giant' forage under different fertilization rates, spacing and configurations during three production cycles. The 72 treatments were arranged in a randomized block design with three replications, two configurations in the plots, three spacings in the subplots and 12 types of fertilization in the subplots. Exports of nutrients are higher in fertilizers with higher nutrient intakes, regardless of source. The order of export is $K > Ca > N > Mg > S > P$ for mineral, organic manures with $30 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ of manure and organomineral with 30 and $60 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ of manure added with NPK and PK and changes to $K > Ca > N > Mg > P > S$ in organic manures with 60 and 90 Mg ha^{-1} of manure and organomineral with 90 Mg ha^{-1} plus K. The nutrient balance after three cycles of production is positive for N, P and S, negative for Ca and Mg in all fertilizations, and positive for K in mineral fertilizations with 600 kg ha^{-1} of K_2O and organomineral with 30, 60 and 90 Mg ha^{-1} of manure added of 600 kg ha^{-1} of K_2O . The highest recovery rates of K and the lowest of N occur in organic fertilizers, which add the lowest and highest amounts of K and N to the soil compared to mineral and organomineral.

Index terms: *Opuntia*, organomineral fertilizers, productivity.

INTRODUÇÃO

O conhecimento das exigências nutricionais da palma forrageira é fundamental para a sustentabilidade do cultivo, pois a grande extração e exportação de nutrientes durante ciclos sucessivos, por se tratar de uma cultura longeva (Donato *et al.*, 2017; Silva *et al.*, 2016), pode levar ao esgotamento dos nutrientes do solo e refletir em diminuição da produtividade na ausência da reposição dos nutrientes exportados com a colheita (Dubeux Jr. *et al.*, 2010). A avaliação da acumulação e exportação de nutrientes em cladódios da palma representa um ponto de partida relevante na definição de níveis de fertilizantes a utilizar, tornando necessária a manutenção da nutrição adequada após a colheita (Dubeux Jr. *et al.*, 2010; Silva *et al.*, 2012) e da sustentabilidade produtiva dos solos.

Estudos sobre o tema mostraram mudanças quantitativas na extração em resposta à fertilização evidenciando elevado potencial de exportação de nutrientes em cladódios de palma (Dubeux Jr. *et al.*, 2010; Silva *et al.*, 2012).

Técnicas de cultivo utilizadas para a palma forrageira como plantio em diferentes espaçamentos (Cavalcante *et al.*, 2014), alterações na densidade populacional (Silva *et al.*, 2014), doses de adubação orgânica (Donato *et al.*, 2016; Lemos *et al.*, 2018) ou mineral (Silva *et al.*, 2012), podem refletir na produtividade e teor de nutrientes nos cladódios, com consequência na quantidade de nutrientes exportadas (Donato *et al.*, 2017; Silva *et al.*, 2016).

A adubação é fator determinante para a produção de massa verde, acúmulo de nutriente nos cladódios e produtividade de matéria seca da palma forrageira. Adubações com fontes de fertilizantes mineral orgânico ou organomineral, para a mesma dose aplicada ou com doses diferentes, pelas suas particularidades da dinâmica no sistema solo planta, podem determinar diferenças nas quantidades de nutrientes extraídas e exportadas pelos cladódios,

o que assume maior importância quando se considera vários ciclos de colheita. Adicionalmente, o balanço de entrada e saída de nutrientes no sistema e a taxa de recuperação pela planta dos nutrientes aplicados podem diferir com as fontes e ou doses. Dessa forma, objetivou-se com o presente trabalho avaliar durante três ciclos de produção, a exportação de nutrientes, o balanço nutricional e a taxa de recuperação de nutrientes aparente pela palma forrageira ‘Gigante’ cultivada com diferentes configurações de plantio, espaçamentos e adubações mineral, orgânica e organomineral.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido por três ciclos produtivos no Instituto Federal Baiano, *Campus* Guanambi, BA, em LATOSSOLO Vermelho-Amarelo distrófico.

No primeiro ciclo de produção, com duração de 650 dias entre o plantio e a colheita, conduzido entre outubro de 2011 e julho de 2013 a precipitação foi de 912,27 mm, correspondente a duas estações de chuva, entre outubro de 2011 e fevereiro de 2012 (442,67 mm); e entre outubro de 2012 e abril de 2013 (469,62 mm). No segundo ciclo, com duração de 330 dias entre duas colheitas sucessivas, de agosto de 2013 a julho de 2014, a precipitação foi de 853,96 mm. No terceiro ciclo, com duração de 330 dias, entre agosto de 2014 e julho de 2015, a precipitação foi de 879,60 mm. Os dados foram registrados numa estação meteorológica automática instalada na área experimental.

Os tratamentos, foram dispostos em esquema de parcelas sub-subdivididas, em delineamento em blocos casualizados com três repetições. Constituíram-se de duas configurações de plantio alocadas nas parcelas (fileira tripla e fileira quádrupla); três espaçamentos nas subparcelas: E₁ (3,00 x 1,00 x 0,25 m); E₂ (3,00 x 1,00 x 0,16 m); e E₃ (3,00 x 1,00 x 0,125 m); 12 tipos de adubação nas subparcelas, identificadas pela dose de esterco (Mg ha⁻¹ ano⁻¹) e de N-P₂O₅-K₂O (kg ha⁻¹ ano⁻¹): 1) 0-000-000-000; 2) 0-300-300-300; 3) 0-300-300-600; 4) 30-000-000-000; 5) 30-150-300-300; 6) 30-150-300-600; 7) 60-000-000-000; 8) 60-000-300-300; 9) 60-000-300-600; 10) 90-000-000-000; 11) 90-000-000-300; e 12) 90-000-000-600. Aplicaram-se as adubações no ano do plantio e nas estações de chuva dos ciclos em sequência.

As doses 30, 60 e 90 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco bovino aportam ao solo, respectivamente, 130-270-75; 260-540-150 e 390-810-225 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O. O esterco utilizado apresentava teor de MO de 63,73 g kg⁻¹, cinzas

36,27 dag kg⁻¹, carbono total 29,98 dag kg⁻¹ e pH 7,42 – Método oficial do Ministério da Agricultura (BRASIL, 2007); umidade em base seca a 65 °C, 16,72%; teores de macronutrientes: Ca, Mg, K, N e S - 1,7; 0,2; 2,5; 5,2 e 2;3 g kg⁻¹ (EPA 3051/APHA 3120B), nesta ordem, P = 4,7 g kg⁻¹ (APHA 4500-PC); de micronutrientes (EPA 3051/APHA 3120B): B, Cu, Zn, Mn e Fe - 2,1; 45,2; 200,5; 391,8 e 1.932,4 mg kg⁻¹, respectivamente; e densidade de 0,38 g cm⁻³.

As fontes utilizadas como adubo mineral foram: sulfato de amônio, (NH₄)₂SO₄ (20% N; 24% S), superfosfato simples, Ca (H₂PO₄)₂·2H₂O, (18% de P₂O₅; 12% de S; 18% de Ca) KCl, (58% de K₂O; 45% de Cl). O N e o K foram parcelados em duas aplicações, no início e no meio da estação chuvosa de cada ciclo.

Antes do plantio realizou-se amostragem de solo para caracterização química e textural, conforme Embrapa (2017): textura Franco Argilo Arenosa; pH = 5,57; MOS = 1,13 dag kg⁻¹; P = 23,57 e K = 181,67 (mg dm⁻³); Na = 0,10; Ca = 1,93; Mg = 0,87 e H+Al = 1,63 (cmol_c dm⁻³); B = 0,40; Cu = 0,40; Zn = 2,03; Fe = 35,93 e Mn = 50,2 (mg dm⁻³); SB = 3,40; CTC efetiva = 3,40 e CTC a pH 7,0 = 4,97 (cmol_c dm⁻³); V = 67,67%; P-rem = 39,10 mg L⁻¹ e CE = 0,93 dS m⁻¹.

O preparo da área consistiu de limpeza, subsolagem, aração e gradagem, abertura dos sulcos com sulcador de três e quatro linhas regulado para 1,00 m entre sulcos e profundidade média de 0,30 m. O plantio foi realizado com um cladódio por cova, na posição vertical, a parte cortada voltada para o solo, enterrando 50% da sua altura. As mudas após a coleta ficaram em repouso, à sombra, por dez dias, para cicatrização. As adubações utilizadas no plantio seguiram os tratamentos. As práticas culturais assemelharam-se às descritas por Silva *et al.* (2012) e Donato *et al.* (2014).

A retirada de amostras para as análises dos teores de nutrientes nos tecidos foi realizada aos 650 dias após o plantio (DAP). Foram coletadas

amostras de tecido dos cladódios para determinação dos teores de macro e micronutrientes. Amostraram-se cladódios da posição mediana da planta, num total de 20 amostras por tratamento, dentro da parcela útil, com aproximadamente 25 g de massa verde cada. Para esse procedimento utilizou-se uma serra copo com 5 cm de diâmetro e 4 cm de profundidade, adaptada a uma furadeira à bateria que era acionada sobre o cladódio retirando uma fatia circular e uniforme, que constituía a amostra (Silva *et al.*, 2012; Donato *et al.*, 2016). Após a coleta, as amostras foram fatiadas e colocadas para secar em estufa de circulação forçada a 60 °C por 72 horas. Posteriormente foram moídas em moinho tipo Willey com peneira com mesh de 1,00 mm, identificadas e acondicionadas em potes plásticos e na sequência enviadas ao Laboratório de Solos da Epamig Norte de Minas, para os procedimentos analíticos.

Foram determinados nos cladódios os teores dos macronutrientes: N (N), P (P), K (K), S (S), Ca (Ca) e Mg (Mg), expressos em g kg⁻¹. O teor de matéria seca foi determinado conforme Silva e Queiroz (2009).

Na colheita, nos três ciclos de produção, foram preservados o cladódio mãe e três cladódios primários. Após a pesagem, calculou-se a produtividade de massa verde de todos os cladódios colhidos, determinou-se o teor de matéria seca nos cladódios, e obteve-se então a produtividade de matéria seca (PMS) em Mg ha⁻¹ ciclo⁻¹. A exportação de nutrientes pela palma forrageira foi calculada em função da PMS e do teor dos nutrientes nos cladódios e expressa em kg ha⁻¹ ciclo⁻¹ para macronutrientes, micronutrientes e para o Na, e também em kg Mg⁻¹ ciclo⁻¹ para os macronutrientes.

Calculou-se o balanço nutricional para os macronutrientes (N, P, K, Ca Mg e S) em cada ciclo, considerando-se a diferença entre as quantidades de adicionadas ao solo em cada tratamento de adubação e as quantidades exportadas pela colheita nos cladódios, sem considerar o suprimento de nutrientes pelo solo. Do mesmo modo, calculou-se também o balanço final após

três ciclos de produção para os macronutrientes. No primeiro ciclo de produção, as quantidades de nutrientes adicionadas ao solo correspondem à soma das aplicações realizadas na época do plantio e repetidas na segunda estação de chuvas, antes da primeira colheita, portanto representa o dobro de nutrientes aportados ao solo em comparação ao segundo e terceiro ciclos.

Estimou-se ainda, para os macronutrientes, em cada ciclo de produção, a taxa de recuperação aparente de nutriente pela planta (TRAP) de modo semelhante à Maluf *et al.* (2015), considerando as quantidades de nutrientes aplicadas pelas adubações orgânica, organomineral e mineral e o conteúdo do nutriente nos cladódios. $TRAP (\%) = (C_{(i)} \text{ no tratamento com adubação} - C_{(i)} \text{ no tratamento sem adubação}) / Q_{(i)} \text{ aplicada no tratamento com adubação} \times 100$, em que: $C_{(i)}$ no tratamento com adubação, é a quantidade do nutriente i (kg ha^{-1}) para o tratamento com adubação; $C_{(i)}$ é a quantidade do nutriente i (kg ha^{-1}) no tratamento sem adubação (0-000-000-000); $Q_{(i)}$ é a quantidade de nutriente aplicada (kg ha^{-1}) no tratamento com adubação; $C_{(i)}$, quantidade do nutriente i (kg ha^{-1}) foi calculada pela expressão $C_{(i)} = TN_{(i)} \times PMS$, em que: $TN_{(i)}$ é o teor do nutriente i no cladódio (kg kg^{-1}) e PMS a produtividade de matéria seca do tratamento (Mg ha^{-1}).

Os dados das exportações de nutrientes nos cladódios foram submetidos à análise de variância para verificação da ocorrência de interações. Na ausência de interações as médias das adubações foram agrupadas pelo critério de Scott-Knott ($P < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Exportação de nutrientes

A exportação de nutrientes pelos cladódios de palma forrageira ‘Gigante’ nos três ciclos de produção variou com as adubações, independentemente das configurações e espaçamentos de plantio (Tabela 1). Não foram registradas interações entre os fatores estudados.

A exportação de N pelos cladódios da palma forrageira foi menor na ausência de adubação e na adubação orgânica com 30 Mg ha⁻¹ de esterco no primeiro ciclo de produção; menor na ausência de adubação, seguida da adubação orgânica com 30 Mg ha⁻¹ de esterco no terceiro ciclo. A adubação mineral com 300-300-600 kg ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O no primeiro e terceiro ciclos proporcionou maior exportação de N. Fontes minerais de N, como o sulfato de amônio utilizado no presente trabalho, por serem mais solúveis propiciam maiores teores nos cladódios de palma forrageira (Silva *et al.*, 2012) e, conseqüentemente, maior exportação do nutriente (Silva *et al.*, 2016).

No segundo ciclo de produção a exportação de N foi menor na ausência de adubação, seguida da adubação orgânica com 30 Mg ha⁻¹ e com 60 Mg ha⁻¹ de esterco, enquanto as outras adubações com fontes orgânica, mineral ou organomineral com maior dose proporcionaram as maiores exportações de N. Isso evidência que o aumento da dose aportada de N presente nessas adubações comparada aquelas promoveram aumento na concentração e disponibilidade desse nutriente no solo e, conseqüentemente, maior exportação de N concordando com Donato *et al.* (2017a) e Lopes *et al.* (2018) que registraram em seus trabalhos aumento da acumulação e exportação deste nutriente com a colheita.

Tabela 01. Exportação de macronutrientes (E) por cladódios de palma forrageira ‘Gigante’ submetida a adubações mineral, organomineral e orgânica em três ciclos de produção. Guanambi, BA, 2011-2015.

Ciclo I - 2011-2013	EN	EP	EK	ES	ECa	EMg
Adubações (kg ha ⁻¹)						
0-000-000-000*	116,3 D	7,5 C	290,1 B	8,9 E	226,7 B	84,5 B
0-300-300-300	283,9A	28,5 A	505,9 A	57,3 A	407,6 A	132,0A
0-300-300-600	256,0 A	26,5 A	591,5 A	49,9 B	434,7 A	133,1A
30-000-000-000	148,2 D	14,8 B	415,3 B	18,0 D	279,4 B	105,5B
30-150-300-300	212,7 B	30,5 A	589,8 A	54,9 A	421,6 A	132,2 A
30-150-300-600	222,3 B	27,6 A	634,4 A	48,1 B	407,1 A	138,8 A
60-000-000-000	168,0 C	19,1 B	548,2 A	20,4 D	364,2 A	126,3 A
60-000-300-300	204,5 B	30,5 A	643,6 A	40,7 B	450,3 A	153,2 A
60-000-300-600	170,3 C	26,4 A	637,7 A	33,4 C	415,3 A	133,1 A
90-000-000-000	176,0 C	18,3 B	580,6 A	20,9 D	359,2 A	140,9 A
90-000-000-300	208,0 B	20,6 B	613,7 A	22,0 D	358,9 A	131,9 A
90-000-000-600	186,1 C	17,1 B	651,2 A	18,7 D	365,9 A	137,3 A
Média	196,0	22,2	561,0	32,7	374,2	129,0
CV (%)	43,30	37,92	38,07	41,81	39,42	45,12
Ciclo II - 2013-2014	EN	EP	EK	ES	ECa	EMg
Adubações (kg ha ⁻¹)						
0-000-000-000*	102,9 C	7,0 C	222,2 C	8,3 D	256,3 C	79,7 C
0-300-300-300	220,9 A	26,5 A	444,4 B	40,4 A	425,4A	127,0 B
0-300-300-600	185,9 A	21,4 B	470,4 B	35,5 B	425,3A	123,6 B
30-000-000-000	160,9 B	21,3 B	453,5 B	19,1 C	353,8 B	153,9 B
30-150-300-300	206,2 A	32,0 A	563,0 B	43,5 A	465,1A	165,9 B
30-150-300-600	187,7 A	27,9 A	509,6 B	36,7 A	397,7 B	140,1 B
60-000-000-000	155,2 B	23,0 B	475,8 B	20,5 C	353,1 B	157,0 B
60-000-300-300	207,9 A	34,4 A	638,8 A	40,9 A	501,2A	209,2 A
60-000-300-600	205,1 A	34,8 A	745,3 A	39,9 A	525,8A	210,6 A
90-000-000-000	246,0 A	34,3 A	768,0A	29,5 B	473,2A	219,3 A
90-000-000-300	217,1 A	30,2 A	677,1 A	25,6 C	393,3 B	194,6 A
90-000-000-600	252,1 A	33,9 A	801,8 A	30,9 B	473,3A	222,2 A
Média	195,7	27,2	564,1	30,9	420,3	166,9
CV (%)	44,96	42,44	40,98	43,80	40,64	46,03
Ciclo III - 2014-2015	EN	EP	EK	ES	ECa	EMg
Adubações (kg ha ⁻¹)						
0-000-000-000*	123,8 D	10,3 D	264,0 D	11,7 F	272,7C	110,0C
0-300-300-300	340,0 B	36,4 B	520,6 C	51,0 C	511,0B	171,7C
0-300-300-600	411,2 A	42,0 A	767,0 B	66,5 A	645,2A	206,2B
30-000-000-000	193,2 C	19,5 C	434,6 C	20,9 E	389,9C	156,2C
30-150-300-300	299,9 B	34,2 B	648,5 B	49,0 C	611,6A	212,5B
30-150-300-600	344,2 B	36,1 B	780,2 B	57,3 B	665,5A	213,8B
60-000-000-000	270,4 B	28,3 B	597,8 C	27,8 D	457,2B	216,3B
60-000-300-300	340,0 B	41,3 A	750,8 B	44,8 C	627,5A	256,8A
60-000-300-600	334,4 B	40,2 A	868,4 A	45,5 C	647,3A	259,7A
90-000-000-000	328,0 B	37,0 A	805,1 B	33,5 D	632,6A	298,9A
90-000-000-300	304,8 B	32,5 B	760,3 B	27,4 D	518,0B	251,4A
90-000-000-600	332,9 B	41,3 A	1.002,6 A	35,7 D	656,8A	307,5A
Média	302,3	33,3	683,33	39,26	553,2	221,7
CV (%)	30,94	35,47	38,95	39,91	41,89	45,09

*(Mg ha⁻¹) de esterco - N (kg ha⁻¹) - P₂O₅ (kg ha⁻¹) - K₂O (kg ha⁻¹); Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna pertencem ao mesmo agrupamento pelo critério de Scott-Knott (P<0,05); médias sem presença de letras indicam ausência de significância pelo teste F na análise de variância.

Fonte: Elaboração do autor.

A exportação de P pelos cladódios de palma forrageira no primeiro e segundo ciclos de produção foi menor na ausência de adubação; no terceiro foi menor na ausência de adubação, seguida da adubação orgânica com 30 Mg ha⁻¹. De forma geral, as adubações com fonte orgânica, mineral ou organomineral com maior dose de P aplicada ao solo resultaram em maior exportação desse nutriente nos três ciclos de produção, embora haja algumas variações entre os ciclos, por exemplo, as maiores exportações de P no primeiro ciclo ocorreram sob as adubações minerais e organominerais com N-P-K e N-P, no segundo ciclo nas organominerais e orgânicas com N-P-K, P-K e K enquanto no terceiro ciclo sob as adubações mineral, orgânica e organomineral com P-K e K.

As maiores doses de P aportadas por diferentes fontes favoreceram maior absorção pela planta. Os valores de exportação de P para as maiores doses de P aportadas ao solo, independentemente da fonte utilizada, concordam os resultados encontrados por Donato *et al.* (2017b) com adubação orgânica e doses de 60 e 90 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco bovino. Por outro lado correspondem de uma vez e meia a duas vezes os valores observados por Silva *et al.* (2016) com adubação mineral, mas com aporte de apenas 150 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de P₂O₅, ou seja, metade das maiores doses aplicadas no presente trabalho.

A exportação de K pelos cladódios da palma forrageira foi menor na ausência de adubação e na adubação orgânica com 30 Mg ha⁻¹ de esterco no primeiro ciclo de produção; menor na ausência de adubação no segundo e terceiro ciclos. No primeiro ciclo as adubações com fonte mineral, orgânica e organomineral com maior aporte de K resultaram em maior exportação do nutriente, no segundo ciclo a exportação de K foi maior nas adubações orgânicas ou organomineral com 60 e 90 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco. Os maiores valores de exportação de K foram registrados no terceiro ciclo (Tabela 1) e correspondem às maiores produtividades de matéria seca PMS (Tabela 4).

No terceiro ciclo, adubações organomineral com 60 e 90 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco adicionadas de 600 kg ha⁻¹ de K₂O culminaram em maior exportação de K. O total de K aportado nessas adubações correspondem respectivamente à 622,9 e 685,4 kg ha⁻¹ e resultaram em PMS de 21,1 e 23,2 Mg ha⁻¹, com exportação de 868,4 e 1.002,6 kg ha⁻¹ de K (Tabelas 1 e 4). Esses valores de PMS e de exportação são similares aos encontrados por Donato *et al.* (2017b) com as maiores doses de adubação orgânica, embora menor aporte de K. Por outro lado correspondem a duas vezes os valores encontrados por Silva *et al.* (2016), quando trabalhou com adubação mineral com aporte de apenas 100 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de K₂O, ou seja um sexto da dose do presente trabalho e obtiveram PMS média de 17,1 Mg ha⁻¹ ciclo⁻¹. Isso atesta que a exportação de K varia com a PMS, mas é muito mais influenciada pela dose de K aportada ao solo.

A exportação de S pelos cladódios da palma forrageira foi menor na ausência de adubação no primeiro ciclo de produção; menor na ausência de adubação, seguida da adubação orgânica com 30 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco no segundo e terceiro ciclos. Adubação mineral e adubação organomineral com N e P, pelo maior aporte de S em razão do uso de sulfato de amônio e superfosfato simples, fertilizantes que contém S resultaram em maiores valores de exportação do nutriente. Esses resultados concordam com Silva *et al.* (2016) que encontraram as maiores médias resultantes das adubações com NP e NPK.

Para o Ca a exportação pelos cladódios da palma forrageira foi menor na ausência de adubação e na adubação orgânica com 30 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco no primeiro e terceiro ciclos de produção; menor na ausência de adubação no segundo ciclo. Adubação mineral e organomineral com P, pelo maior aporte de Ca em razão do uso de superfosfato simples, fertilizante que também contém Ca, e adubação orgânica nas doses mais elevadas resultaram em maiores valores de exportação do nutriente. Os valores de exportação de Ca do presente trabalho concordam com Silva *et al.* (2016) que observaram as maiores médias

resultantes das adubações com P usando superfosfato simples como fonte e com Donato *et al.* (2017b) para as maiores doses de adubação orgânica.

Para o Mg a exportação pelos cladódios da palma forrageira foi menor na ausência de adubação e na adubação orgânica com 30 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco no primeiro ciclo de produção; menor na ausência de adubação no segundo ciclo; menor na ausência de adubação, na adubação orgânica com 30 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco e na adubação mineral. Esses menores valores de Mg exportados coincidem com ausência de aplicação de Mg pela adubação mineral e no tratamento sem adubação e com a menor dose de Mg aportada ao solo na adubação orgânica com 30 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco, 10 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de Mg. Os valores exportados de Mg são similares aos encontrados por Donato *et al.* (2017b) com adubação orgânica nas maiores doses e superiores aos encontrados por Silva *et al.* (2016) com adubação mineral, sem utilização de Mg. A interação sinérgica do P aplicado com o Mg do solo e com o Mg presente nas adubações orgânica e organomineral com 60 e 90 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco favorecem a absorção de ambos (Malavolta *et al.*, 1997) resultando em aumento da exportação de Mg pelos cladódios.

Balanco de nutrientes

A ordem de exportação dos macronutrientes nos cladódios colhidos da palma forrageira ‘Gigante’ variou com o ciclo e as adubações (Tabelas 2, 3 e 4). No primeiro ciclo de produção, a ordem decrescente de exportação dos macronutrientes foi K > Ca > N > Mg > S > P em todas as adubações e na ausência de adubação (Tabela 1). Contudo, nas adubações com fonte mineral com aporte de N, por exemplo, 000-300-300-300, 0-300-300-600 (Mg ha⁻¹) de esterco - N (kg ha⁻¹) - P₂O₅ (kg ha⁻¹) - K₂O (kg ha⁻¹), e organomineral com aporte também de N mineral 30-150-300-300 e 30-150-300-600 (Mg ha⁻¹) de esterco -

N (kg ha^{-1}) - P_2O_5 (kg ha^{-1}) - K_2O (kg ha^{-1}) o S exportado foi aproximadamente o dobro do P, enquanto nas demais adubações a exportação de S e P foram próximas, com valor pouco superior para S. O uso do sulfato de amônio que contém S, como fonte de N inorgânico, justificam esses resultados. Isso está de acordo com Silva *et al.* (2016) que encontraram maior exportação de S que P em palma ‘Gigante’ adubada com uso do sulfato de amônio como fonte.

No segundo (Tabela 3) e terceiro (Tabela 4) ciclos de produção a ordem de exportação dos macronutrientes variou com as adubações. Em ambos os ciclos, na ausência de adubação a ordem decrescente de exportação dos macronutrientes foi $Ca > K > N > Mg > S > P$ na ausência de adubação concordando com Silva *et al.* (2016), enquanto para as adubações com fonte mineral, orgânica com aplicação de 30 Mg ha^{-1} de esterco ou organomineral com 30 Mg ha^{-1} de esterco adicionada de N-P-K e 60 Mg ha^{-1} adicionada de P-K a ordem de exportação foi $K > Ca > N > Mg > S > P$. Por outro lado, nas adubações com fonte orgânica com doses de 60 Mg ha^{-1} de esterco e com 90 Mg ha^{-1} de esterco e organomineral com 90 Mg ha^{-1} adicionada de K a ordem foi $K > Ca > N > Mg > P > S$, o que concordam com Donato *et al.* (2017a) quando trabalharam com fonte exclusivamente orgânica, pois a adição de estrume e outras fontes orgânicas ao solo reduzem a capacidade de adsorção de P, aumenta o conteúdo disponível e promove maior mobilidade no perfil do solo de formas orgânicas solúveis de P. Isto é mais evidente para os nutrientes que são preferencialmente transportados através da difusão, como neste caso, porque a força motriz deste tipo de transporte é o gradiente de concentração do elemento entre a rizosfera e seus arredores (Novais *et al.*, 2007). Em ambos os ciclos, nas adubações com fonte mineral com aporte de N e organomineral com aporte também de N mineral o comportamento da exportação do S foi similar ao primeiro ciclo, contudo, a magnitude foi cerca de uma vez e meia maior que o P, em razão da aplicação de sulfato de amônio (Silva *et al.*, 2016).

Quanto ao balanço de macronutrientes considerando a diferença entre o adicionado ao solo e o exportado pelos cladódios colhidos, verifica-se variação com os ciclos, as adubações e a produtividade de matéria seca (PMS). O balanço de N foi positivo no primeiro ciclo para todas as adubações em função do maior aporte do nutriente e menor PMS (Tabela 2). No segundo ciclo foi negativo na adubação orgânica com 30 Mg ha⁻¹ de esterco (Tabela 3), e no terceiro ciclo (Tabela 4) em função da maior PMS, portanto maior exportação para a mesma dose aplicada no segundo ciclo, foi positivo nas adubações com maior aporte do nutriente, orgânica e organomineral com 90 Mg ha⁻¹ de esterco.

O balanço de P e S foi positivo em todos os três ciclos de produção para todas as adubações (Tabelas 2, 3 e 4), sendo muito mais positivo no primeiro ciclo pela menor PMS e maior quantidade adicionada desses nutrientes e menos positivo no terceiro ciclo pela maior PMS e mesma quantidade de P e S aportada comparada ao segundo ciclo. Tanto as fontes inorgânicas utilizadas, superfosfato simples (18% de P₂O₅ e 12% de S e sulfato de amônio (24% de S), quanto o esterco de curral (1,08% de P₂O₅ e 0,23% de S) justificam esses resultados.

O balanço de K foi negativo no primeiro ciclo de produção nas adubações com fonte orgânica, com 30, 60 e 90 Mg ha⁻¹ de esterco (Tabela 2) concordando com Donato *et al.* (2017a) pois o esterco não é suficiente para aportar o K demandado pela palma forrageira ‘Gigante’. Também foi negativo na adubação com fonte mineral com aporte de 300 kg ha⁻¹ de K₂O. No segundo ciclo de produção (Tabela 3) o balanço de K foi positivo nas adubações mineral com 600 kg ha⁻¹ de K₂O e organomineral com 30 Mg ha⁻¹ de esterco adicionado de 600 kg ha⁻¹ de K₂O, provavelmente pela menor exportação em razão da menor PMS, comparada à doses de organomineral com 60 e 90 Mg ha⁻¹ de esterco adicionado de 600 kg ha⁻¹ de K₂O, que apesar do maior aporte de K, o balanço de K foi negativo. No terceiro ciclo de produção (Tabela 4) o balanço de K foi negativo para todas as adubações em função da alta exportação desse

nutriente nos cladódios colhidos (Silva *et al.*, 2016; Donato *et al.*, 2017a) proporcionado pela maior PMS.

O balanço de Ca foi positivo no primeiro ciclo de produção (Tabela 2) para as adubações com fonte mineral e organomineral com aplicação de P_2O_5 em função da fonte utilizada para suprir P, superfosfato simples conter também Ca (18% de Ca). Também contribuíram para isso a menor PMS do primeiro ciclo, portanto menor exportação de Ca, e a maior adição do nutriente comparada ao segundo e terceiro ciclos de produção. No segundo (Tabela 3) e terceiro ciclos de produção (Tabela 4) o balanço de Ca foi negativo para todas as adubações, sendo mais negativo no terceiro ciclo pela maior PMS e mesma dose de Ca aplicada comparada ao segundo ciclo.

Nos três ciclos de produção (Tabelas 2, 3 e 4) o balanço foi negativo para o Mg em todas as adubações, o que é justificável, pois nas adubações com fonte mineral não foi adicionado Mg e nas adubações com fonte orgânica ou organomineral o Mg adicionado foi proveniente do esterco bovino, fonte com baixo teor do nutriente (0,002%). Contudo, o balanço foi mais negativo no terceiro ciclo (Tabela 4) em razão da maior PMS, o que caracteriza maior exportação para a mesma dose aplicada no segundo ciclo e menos negativo para o primeiro ciclo em função da menor PMS e da maior adição de macronutrientes, pois as quantidades de nutrientes adicionadas ao solo correspondem à soma das aplicações realizadas na época do plantio e repetidas na segunda estação de chuvas, antes da primeira colheita, portanto representa o dobro de nutrientes aportados ao solo em comparação ao segundo e terceiro ciclos.

O balanço final de nutrientes após três ciclos de produção (Tabela 5) foi positivo para N, P e S em palma forrageira ‘Gigante’ submetida a todas as adubações com fonte mineral, organomineral ou orgânica, contudo, foi negativo para Ca e Mg em todas as adubações e positivo para K nas adubações com fonte

mineral com aporte de 600 kg ha^{-1} de K_2O e organomineral com 30, 60 e 90 Mg ha^{-1} de esterco adicionado de 600 kg ha^{-1} de K_2O .

Essa exportação de nutrientes K, Ca e Mg pelos cladódios colhidos maior que a quantidade adicionada é possível pela capacidade tampão desses nutrientes do solo, ou seja, pelo poder de reposição de nutrientes para a solução, pela reserva da fase sólida do solo (Novais; Mello, 2007). Para K, Ca e Mg, o solo não constitui dreno e por isso, a planta não sofre concorrência em relação ao solo porque todos esses elementos retidos no complexo de troca irão recompor os nutrientes absorvidos da solução, à medida que estes forem absorvidos pela planta. Isto ocorre porque as ligações desses elementos com as cargas negativas do solo se dão por ligação iônica ou eletrovalente, com muito baixa energia de adsorção (Novais; Mello, 2007).

As Tabelas 2, 3, 4 e 5 evidenciam a necessidade de preocupação com as quantidades exportadas de K, Ca e Mg e sua reposição via adubação. Em sistemas com adubação orgânica é necessária a suplementação de K com outras fontes orgânicas e ou mineral, particularmente quando a meta de PMS a ser alcançada com o cultivo for maior que $20 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ciclo}^{-1}$ (Donato *et al.*, 2017b). Outro ponto importante é a incorporação aos sistemas de produção da recomendação de adubação com fertilizantes contendo Ca e Mg, independentemente da necessidade de calagem da área (Donato *et al.*, 2017b), pois a elevada exportação desses nutrientes nos cladódios podem levar os solos à exaustão, principalmente quando se considera a longevidade do cultivo e o alcance de metas de PMS elevadas. Essas medidas contribuem para evitar o empobrecimento dos solos e para a manutenção da sua capacidade produtiva, o que é mais preocupante em solos de baixa fertilidade e baixo poder tampão para esses nutrientes. Adicionalmente, o fato da palma forrageira ser uma cultura que não restitui aos solos nutrientes pela ausência de restos culturais após a colheita, ou seja, não há contribuição da ciclagem biogeoquímica de nutrientes entre as

Tabela 02. Balanço de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) em função da exportação média pelos cladódios na colheita palma forrageira 'Gigante' e do adicionado ao solo por adubações orgânica, organomineral e mineral expressas em (Mg ha⁻¹) de esterco - N (kg ha⁻¹) - P₂O₅ (kg ha⁻¹) - K₂O (kg ha⁻¹), no primeiro ciclo de produção, aos 650 dias após o plantio. Guanambi, BA, 2011-2013.

Ciclo I – 2011-2013	Adubação (Mg ha ⁻¹) de esterco - N (kg ha ⁻¹) - P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹) - K ₂ O (kg ha ⁻¹)											
	0-000- 000-000	0-300- 300-300	0-300- 300-600	30-000- 000-000	30-150- 300-300	30-150- 300-600	60-000- 000-000	60-000- 300-300	60-000- 300-600	90-000- 000-000	90-000- 000-300	90-000- 000-600
N exportado (kg ha ⁻¹)	116,4	282,2	259,0	148,2	212,7	226,3	168,1	204,5	170,3	176,0	208,1	186,2
N adicionado (kg ha ⁻¹)*	0,0	600,0	600,0	259,8	559,8	559,8	519,7	519,7	519,7	779,5	779,5	779,5
Balanço de N (kg ha ⁻¹)	-116,4	317,8	341,0	111,6	347,1	333,5	351,6	315,2	349,3	603,5	571,4	593,3
N exportado (kg Mg ⁻¹)	12,5	17,7	15,3	11,9	13,4	14,5	11,5	12,3	11,2	12,4	13,7	12,4
P exportado (kg ha ⁻¹)	7,5	28,2	26,9	14,8	30,5	27,6	19,2	30,5	26,4	18,3	20,6	17,1
P adicionado (kg ha ⁻¹)*	0,0	258,0	258,0	234,8	489,3	489,3	469,7	720,6	720,6	704,5	693,9	693,9
Balanço de P (kg ha ⁻¹)	-7,5	229,8	231,1	220,0	458,8	461,7	450,5	690,1	694,2	686,3	673,3	676,8
P exportado (kg Mg ⁻¹)	0,8	1,8	1,6	1,2	1,9	1,8	1,3	1,8	1,7	1,3	1,4	1,1
K exportado (kg ha ⁻¹)	290,2	504,9	587,8	415,3	589,8	634,4	548,2	673,6	637,7	580,6	613,7	651,2
K adicionado (kg ha ⁻¹)*	0,0	498,0	996,0	124,9	622,9	1.120,9	249,8	747,8	1.245,8	374,8	872,8	1.370,8
Balanço de K (kg ha ⁻¹)	-290,2	-6,9	408,2	-290,4	33,1	486,5	-298,4	74,3	608,1	-205,8	259,1	719,5
K exportado (kg Mg ⁻¹)	31,1	31,6	34,7	33,3	37,1	40,6	37,6	40,5	42,1	41,1	40,4	43,3
Ca exportado (kg ha ⁻¹)	226,7	412,7	428,8	279,4	421,6	407,1	364,2	450,3	415,3	359,2	358,9	365,9
Ca adicionado (kg ha ⁻¹)*	0,0	600,0	600,0	84,9	684,9	684,9	169,9	769,9	769,9	254,8	254,8	254,8
Balanço de Ca (kg ha ⁻¹)	-226,7	187,3	171,2	-194,5	263,3	277,8	-194,3	319,6	354,6	-104,4	-104,1	-111,0
Ca exportado (kg Mg ⁻¹)	24,3	25,8	25,3	22,4	26,6	26,1	25,0	27,1	27,4	25,4	23,6	24,3
Mg exportado (kg ha ⁻¹)	84,5	132,5	132,7	105,5	132,2	138,8	126,3	153,2	133,1	140,9	131,9	137,3
Mg adicionado (kg ha ⁻¹)*	0,0	0,0	0,0	10,0	10,0	10,0	20,0	20,0	20,0	30,0	30,0	30,0
Balanço de Mg (kg ha ⁻¹)	-84,5	-132,5	-132,7	-95,5	-122,2	-128,8	-106,3	-133,2	-113,1	-110,9	-101,9	-107,4
Mg exportado (kg Mg ⁻¹)	9,1	8,3	7,8	8,4	8,3	8,9	8,7	9,2	8,8	10,0	8,7	9,1
S exportado (kg ha ⁻¹)	8,9	56,5	51,0	18,1	55,0	48,1	20,5	40,8	33,5	21,0	22,1	18,8
S adicionado (kg ha ⁻¹)*	0,0	1.120,0	1.120,0	114,9	874,9	874,9	229,9	629,9	629,9	344,8	344,8	344,8
Balanço de S (kg ha ⁻¹)	-8,9	1.063,5	1.069,0	96,9	819,9	826,8	209,4	589,1	596,4	323,8	322,7	326,0
S exportado (kg Mg ⁻¹)	1,0	3,5	3,0	1,4	3,5	3,1	1,4	2,4	2,2	1,5	1,5	1,2
PMS (Mg ha ⁻¹)	9,3	16,2	16,8	12,5	15,9	15,6	14,5	16,6	15,1	14,1	15,2	15,0

PMS: produtividade de matéria seca.

*As quantidades de nutrientes adicionadas ao solo no primeiro ciclo correspondem à soma das aplicações realizadas na época do plantio e repetidas na segunda estação de chuvas, antes da primeira colheita, portanto representa o dobro de nutrientes aportados ao solo em comparação ao segundo e terceiro ciclos.

Tabela 03. Balanço de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) em função da exportação média pelos cladódios na colheita palma forrageira ‘Gigante’ e do adicionado ao solo por adubações orgânica, organomineral e mineral expressas em (Mg ha⁻¹) de esterco - N (kg ha⁻¹) - P₂O₅ (kg ha⁻¹) - K₂O (kg ha⁻¹), no segundo ciclo de produção, aos 330 dias após a colheita do primeiro ciclo. Guanambi, BA, 2013-2014

Ciclo II - 2013-2014	Adubação (Mg ha ⁻¹) de esterco - N (kg ha ⁻¹) - P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹) - K ₂ O (kg ha ⁻¹)											
	0-000-000-000	0-300-300-300	0-300-300-600	30-000-000-000	30-150-300-300	30-150-300-600	60-000-000-000	60-000-300-300	60-000-300-600	90-000-000-000	90-000-000-300	90-000-000-600
N exportado (kg ha ⁻¹)	102,9	228,9	180,7	161,0	206,2	187,7	155,2	207,9	205,1	246,0	217,1	252,1
N adicionado (kg ha ⁻¹)	0,0	300,0	300,0	129,9	279,9	279,9	259,8	259,8	259,8	389,8	389,8	389,8
Balanço de N (kg ha ⁻¹)	-102,9	71,1	119,3	-31,0	73,7	92,2	104,6	52,0	54,7	143,7	172,6	137,6
N exportado (kg Mg ⁻¹)	13,0	16,4	14,5	13,0	13,3	13,7	12,0	12,2	11,7	13,2	12,7	13,0
P exportado (kg ha ⁻¹)	7,0	27,3	21,0	21,3	32,1	27,9	23,1	34,4	34,8	34,3	30,2	33,9
P adicionado (kg ha ⁻¹)	0,0	129,0	129,0	117,4	244,6	244,6	234,8	360,3	360,3	352,3	346,9	346,9
Balanço de P (kg ha ⁻¹)	-7,0	101,7	108,0	96,2	212,6	216,8	211,8	325,9	325,5	318,0	316,8	313,0
P exportado (kg Mg ⁻¹)	0,9	2,0	1,7	1,7	2,1	2,0	1,8	2,0	2,0	1,8	1,8	1,7
K exportado (kg ha ⁻¹)	222,2	458,4	456,4	453,5	563,0	509,6	475,9	638,8	745,3	768,1	677,2	801,8
K adicionado (kg ha ⁻¹)	0,0	249,0	498,0	62,5	311,5	560,5	124,9	373,9	622,9	185,3	436,4	685,4
Balanço de K (kg ha ⁻¹)	-222,2	-209,4	41,6	-391,1	-251,6	50,8	-350,9	-264,9	-122,4	-582,8	-240,8	-116,4
K exportado (kg Mg ⁻¹)	28,1	32,9	36,6	36,6	36,3	37,3	36,9	37,4	42,5	41,1	39,6	41,3
Ca exportado (kg ha ⁻¹)	256,3	440,8	411,6	353,8	465,1	397,8	352,1	501,2	525,8	473,2	393,3	473,3
Ca adicionado (kg ha ⁻¹)	0,0	300,0	300,0	42,5	342,5	342,5	84,9	384,9	384,9	127,4	127,4	127,4
Balanço de Ca (kg ha ⁻¹)	-256,3	-140,8	-111,6	-311,4	-122,6	-55,3	-267,2	-116,2	-140,8	-345,8	-265,9	-345,9
Ca exportado (kg Mg ⁻¹)	32,4	31,6	33,0	28,6	30,0	29,1	27,3	29,3	30,0	25,3	23,0	24,4
Mg exportado (kg ha ⁻¹)	79,7	132,0	119,3	153,9	165,9	140,1	157,0	209,3	210,6	219,3	194,7	222,2
Mg adicionado (kg ha ⁻¹)	0,0	0,0	0,0	5,0	5,0	5,0	10,0	10,0	10,0	15,0	15,0	15,0
Balanço de Mg (kg ha ⁻¹)	-79,7	-132,0	-119,3	-148,9	-160,9	-135,1	-147,0	-199,3	-200,7	-204,3	-179,7	-207,2
Mg exportado (kg Mg ⁻¹)	10,1	9,5	9,6	12,4	10,7	10,2	12,2	12,2	12,0	11,7	11,4	11,5
S exportado (kg ha ⁻¹)	8,3	41,3	34,9	19,1	43,5	36,7	20,5	40,9	39,9	29,5	25,6	30,9
S adicionado (kg ha ⁻¹)	0,0	560,0	560,0	57,5	437,5	437,5	114,9	314,9	314,9	172,4	172,4	172,4
Balanço de S (kg ha ⁻¹)	-8,3	518,7	525,1	38,3	393,9	400,7	94,4	274,0	275,0	142,9	146,8	141,5
S exportado (kg Mg ⁻¹)	1,1	3,0	2,8	1,5	2,8	2,7	1,6	2,4	2,3	1,6	1,5	1,6
PMS (Mg ha ⁻¹)	7,9	13,5	12,7	12,3	15,4	13,6	12,8	17,1	17,5	18,6	22,01	19,39

PMS: produtividade de matéria seca.

Tabela 04. Balanço de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) em função da exportação média pelos cladódios na colheita palma forrageira 'Gigante' e do adicionado ao solo por adubações orgânica, organomineral e mineral expressas em (Mg ha⁻¹) de esterco - N (kg ha⁻¹) - P₂O₅ (kg ha⁻¹) - K₂O (kg ha⁻¹), no terceiro ciclo de produção, aos 330 dias após a colheita do segundo ciclo. Guanambi, BA, 2014-2015

Ciclo III - 2014-2015	Adubação (Mg ha ⁻¹) de esterco - N (kg ha ⁻¹) - P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹) - K ₂ O (kg ha ⁻¹)											
	0-000- 000-000	0-300- 300-300	0-300- 300-600	30-000- 000-000	30-150- 300-300	30-150- 300-600	60-000- 000-000	60-000- 300-300	60-000- 300-600	90-000- 000-000	90-000- 000-300	90-000- 000-600
N exportado (kg ha ⁻¹)	123,8	338,7	408,7	193,2	300,0	344,2	270,4	345,0	334,4	328,1	304,8	333,0
N adicionado (kg ha ⁻¹)	0,0	300,0	300,0	129,9	279,9	279,9	259,8	259,8	259,8	389,8	389,8	389,8
Balanço de N (kg ha ⁻¹)	-123,8	-38,7	-108,7	-63,3	-20,0	-64,3	-10,5	-85,2	-74,6	61,7	84,9	56,8
N exportado (kg Mg ⁻¹)	15,0	20,8	19,0	14,7	16,3	16,9	15,3	16,8	15,7	15,5	15,3	14,3
P exportado (kg ha ⁻¹)	10,3	35,3	42,8	19,5	34,2	36,1	28,4	41,3	40,3	37,1	32,5	41,6
P adicionado (kg ha ⁻¹)	0,0	129,0	129,0	117,4	244,6	244,6	234,8	360,3	360,3	352,3	346,9	346,9
Balanço de P (kg ha ⁻¹)	-10,3	93,7	86,2	97,9	210,5	208,5	206,5	319,0	320,0	315,2	314,4	305,4
P exportado (kg Mg ⁻¹)	1,2	2,2	2,0	1,5	1,9	1,8	1,6	2,0	1,9	1,8	1,6	1,8
K exportado (kg ha ⁻¹)	264,0	508,0	765,4	434,6	648,6	780,2	597,8	750,8	868,4	805,1	760,3	1.002,6
K adicionado (kg ha ⁻¹)	0,0	249,0	498,0	62,5	311,5	560,5	124,9	373,9	622,9	185,3	436,4	685,4
Balanço de K (kg ha ⁻¹)	-264,0	-259,0	-267,4	-372,2	-337,1	-219,7	-472,9	-376,9	-245,5	-619,8	-323,9	-317,2
K exportado (kg Mg ⁻¹)	32,0	31,2	35,5	33,0	35,3	38,2	33,9	36,6	40,8	38,1	38,1	43,0
Ca exportado (kg ha ⁻¹)	272,7	504,3	648,0	389,9	611,6	665,5	457,2	627,6	647,3	632,6	518,1	656,8
Ca adicionado (kg ha ⁻¹)	0,0	300,0	300,0	42,5	342,5	342,5	84,9	384,9	384,9	127,4	127,4	127,4
Balanço de Ca (kg ha ⁻¹)	-272,7	-204,3	-348,0	-347,4	-269,1	-323,0	-372,3	-242,6	-262,4	-505,2	-390,6	-529,4
Ca exportado (kg Mg ⁻¹)	33,0	30,9	30,1	29,6	33,3	32,6	26,0	30,6	30,4	29,9	26,0	28,2
Mg exportado (kg ha ⁻¹)	110,1	167,0	208,5	156,2	212,5	213,8	216,3	256,8	259,7	299,0	251,4	307,5
Mg adicionado (kg ha ⁻¹)	0,0	0,0	0,0	5,0	5,0	5,0	10,0	10,0	10,0	15,0	15,0	15,0
Balanço de Mg (kg ha ⁻¹)	-110,1	-167,0	-208,5	-151,2	-207,5	-208,8	-206,3	-246,8	-249,7	-284,0	-236,4	-292,5
Mg exportado (kg Mg ⁻¹)	13,3	10,2	9,7	11,9	11,6	10,5	12,3	12,5	12,2	14,1	12,6	13,2
S exportado (kg ha ⁻¹)	11,7	50,5	66,2	20,9	49,1	57,3	27,8	44,8	45,5	33,5	27,4	35,7
S adicionado (kg ha ⁻¹)	0,0	560,0	560,0	57,5	437,5	437,5	114,9	314,9	314,9	172,4	172,4	172,4
Balanço de S (kg ha ⁻¹)	-11,7	509,5	493,8	36,6	388,4	380,2	87,1	270,1	269,4	138,9	145,0	136,6
S exportado (kg Mg ⁻¹)	1,4	3,1	3,1	1,6	2,7	2,8	1,6	2,2	2,1	1,6	1,4	1,5
PMS (Mg ha ⁻¹)	8,2	16,6	21,5	13,1	18,3	20,4	17,6	20,5	21,2	21,1	19,9	23,2

PMS: produtividade de matéria seca.

colheitas, o esgotamento do solo torna-se inevitável caso não sejam adicionadas as quantidades requeridas dos nutrientes.

Tabela 05. Balanço final de macronutrientes após três ciclos de produção (N, P, K, Ca, Mg e S) em função da exportação média pelos cladódios na colheita palma forrageira ‘Gigante’ e do adicionado ao solo por adubações orgânica, organomineral e mineral expressas em (Mg ha⁻¹) de esterco - N (kg ha⁻¹) - P₂O₅ (kg ha⁻¹) - K₂O (kg ha⁻¹). Guanambi, BA, 2011-2015.

Adubações N (kg ha ⁻¹) - P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹) - K ₂ O (kg ha ⁻¹)	Balanço final					
	N	P	K	Ca	Mg	S
	(kg ha ⁻¹)					
0-000-000-000	-343,1	-24,8	-776,4	-755,7	-274,3	-28,9
0-300-300-300	350,2	425,2	-475,3	-157,8	-431,5	2.091,7
0-300-300-600	351,6	425,3	182,4	-288,4	-460,5	2.087,9
30-000-000-000	17,3	414,1	-1.053,7	-853,3	-395,6	171,8
30-150-300-300	400,8	881,9	-555,6	-128,4	-490,6	1.602,2
30-150-300-600	361,4	887,0	317,6	-100,5	-472,7	1.607,7
60-000-000-000	445,7	868,8	-1.122,2	-833,8	-459,6	390,9
60-000-300-300	282,0	1.335,0	-567,5	-39,2	-579,3	1.133,2
60-000-300-600	329,4	1.339,7	240,2	-48,6	-563,5	1.140,8
90-000-000-000	808,9	1.319,5	-1.408,4	-955,4	-599,2	605,6
90-000-000-300	828,9	1.304,5	-305,6	-760,6	-518,0	614,5
90-000-000-600	787,7	1.295,2	285,9	-986,3	-607,1	604,1

Taxa de recuperação de nutrientes

A taxa de recuperação aparente de nutriente pela planta (TRAP) indica a quantidade do nutriente extraída por unidade do nutriente aplicada, por qualquer fonte. Desse modo, reflete a fração do nutriente adicionado ao solo, que está disponível às plantas (Maluf *et al.*, 2015). Apesar do seu alto grau de incerteza, por isso a denominação aparente, essa taxa expressa uma “boa ideia” da quantidade de nutriente absorvida pela planta em proporção da quantidade unitária aplicada do nutriente, seja por fontes inorgânicas, orgânicas ou organominerais.

De forma geral, a planta responde mais ao nutriente aplicado que ao nutriente do solo, fato justificável até pelo próprio gradiente de concentração

gerado, quando da aplicação do fertilizante, o que constitui força motriz para o contato íon-raiz e contribui para o aumento dos fluxos de nutrientes no solo. A taxa de recuperação varia então com o nutriente, Maluf *et al.* (2015) citam em seus estudos taxas de recuperação para o extrator da ordem de 60 à 100% para K e taxas bem menores para P, podendo chegar à 30%. Contudo, a taxa de recuperação das plantas podem diferir bastante dos extratores, particularmente para P (Novais *et al.*, 2007), caso do presente trabalho cujos valores 0,26 até 4,76%.

Também a quantidade aplicada do nutriente, a fonte do nutriente, a produtividade e ciclo do cultivo, a capacidade ou poder tampão do solo para cada nutriente que é influenciada pelos teores e qualidade de argila e matéria orgânica, e logicamente com as condições químicas, mineralógicas, biológicas e físicas do solo afetam a taxa de recuperação aparente do nutriente pela planta.

As taxas de recuperação aumentaram do primeiro para o terceiro ciclo para todos os nutrientes e adubações utilizadas (Tabela 6). Esse aumento da taxa de recuperação foi maior do primeiro para o segundo ciclo, pois a quantidade de nutriente aplicada no primeiro ciclo foi o dobro. A ordem decrescente de taxas de recuperação foi $Mg > Ca > K > N > S > P$ em todos nos três ciclos de produção para todas as adubações.

De forma geral, as maiores taxas de recuperação em cada ciclo, estão associadas a menores doses dos nutrientes aplicados, e as menores taxas, às maiores quantidades adicionadas ao solo, sejam por fontes mineral, organomineral ou orgânica (Tabela 6). Por exemplo, as maiores taxas de recuperação de K nos três ciclos de produção estão associadas às adubações orgânicas com 30, 60 e 90 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco, justamente as adubações que adicionam as menores doses de K comparada às adubações organomineral e mineral, enquanto as menores taxas de recuperação de N e de Mg também estão associadas à essas adubações que proporcionam o maior suprimento de N e Mg.

As menores taxas de recuperação de P nos três ciclos de produção estão associadas às maiores quantidades aportadas desse nutriente, seja pelas adubações orgânicas com 60 e 90 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco ou organomineral com 60 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco adicionada de P e K ou 90 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco adicionada de K. Para o Ca as menores taxas de recuperação também foram registradas nas adubações com maior aporte desse nutriente, ou seja, as adubações mineral ou organomineral que utilizaram superfosfato simples com fonte de P, que também contém Ca.

Tabela 06. Taxa de recuperação de nutriente aparente (TRAP) pela palma forrageira ‘Gigante’ em função de adubações mineral, organomineral e orgânica em três ciclos de produção. Guanambi, BA, 2011-2015.

Ciclo I - 2011-2013	TRAPN	TRAPP	TRAPK	TRAPCa	TRAPMg	TRAPS
%						
0-000-000-000*	-	-	-	-	-	-
0-300-300-300	27,33	1,50	29,67	32,34	-	4,27
0-300-300-600	23,64	1,41	20,54	33,83	-	3,84
30-000-000-000	12,81	0,59	73,09	68,38	305,56	8,14
30-150-300-300	18,13	0,91	34,24	32,57	574,96	5,32
30-150-300-600	19,91	0,78	21,51	27,25	601,00	4,52
60-000-000-000	10,18	0,47	73,41	85,73	236,54	5,19
60-000-300-300	17,90	0,60	35,98	30,12	378,78	5,21
60-000-300-600	10,86	0,49	19,86	25,98	266,16	3,24
90-000-000-000	7,72	0,28	52,27	50,32	205,59	3,37
90-000-000-300	11,53	0,35	26,78	53,68	180,59	3,60
90-000-000-600	8,96	0,26	18,81	55,79	189,32	2,95
Ciclo II - 2013-2014	TRAPN	TRAPP	TRAPK	TRAPCa	TRAPMg	TRAPS
%						
0-000-000-000*	-	-	-	-	-	-
0-300-300-300	42,56	2,86	64,70	64,55	-	5,76
0-300-300-600	26,20	1,98	32,82	50,65	-	4,86
30-000-000-000	46,00	2,20	264,21	233,36	1.505,01	18,52
30-150-300-300	37,16	1,88	76,71	60,93	1.637,26	7,98
30-150-300-600	29,84	1,52	34,34	40,99	1.272,12	6,45
60-000-000-000	21,67	1,31	143,57	118,50	820,28	10,64
60-000-300-300	40,84	1,38	77,00	65,59	1.285,23	10,43
60-000-300-600	39,25	1,41	57,58	69,94	1.321,31	8,74
90-000-000-000	36,51	1,45	201,12	174,38	944,69	12,24
90-000-000-300	29,56	1,20	71,89	111,55	796,52	9,81
90-000-000-600	36,52	1,39	57,41	171,48	903,88	12,72

Continuação...	TRAPN	TRAP P	TRAPK	TRAPCa	TRAPMg	TRAPS
Ciclo III - 2014-2015						
				%		
0-000-000-000*	-	-	-	-	-	-
0-300-300-300	74,01	3,52	64,38	76,99	-	6,83
0-300-300-600	105,33	4,76	71,69	129,03	-	10,24
30-000-000-000	54,40	1,49	181,46	236,94	963,40	16,78
30-150-300-300	66,83	1,83	81,65	94,62	1.982,20	8,72
30-150-300-600	83,18	1,94	61,92	110,53	2.101,42	10,32
60-000-000-000	59,12	1,45	174,24	199,09	1.064,22	14,10
60-000-300-300	90,18	1,62	89,91	89,17	1.510,90	10,55
60-000-300-600	78,14	1,53	66,72	92,71	1.461,78	9,94
90-000-000-000	60,54	1,47	196,40	266,70	1.204,27	12,57
90-000-000-300	49,11	1,26	81,14	195,71	981,63	9,47
90-000-000-600	57,93	1,66	74,02	297,14	1.341,68	13,49

*(Mg ha⁻¹) de esterco - N (kg ha⁻¹) - P₂O₅ (kg ha⁻¹) - K₂O (kg ha⁻¹). (-) taxas de recuperação sem valores indicam ausência de aplicação do nutriente.

CONCLUSÕES

1 - As exportações dos nutrientes são maiores nas adubações com maiores aportes dos respectivos nutrientes, independentemente da fonte.

2 - A ordem de exportação é $K > Ca > N > Mg > S > P$ para as adubações mineral, orgânica com $30 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de esterco e organomineral com 30 e $60 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de esterco adicionada com N-P-K e P-K, e altera para $K > Ca > N > Mg > P > S$ nas adubações orgânicas com 60 e 90 Mg ha^{-1} de esterco e organomineral com 90 Mg ha^{-1} mais K.

3 - O balanço de nutrientes após três ciclos de produção é positivo para N, P e S, negativo para Ca e Mg em todas as adubações, e positivo para K nas adubações mineral com de 600 kg ha^{-1} de K_2O e organomineral com 30, 60 e 90 Mg ha^{-1} de esterco adicionado de 600 kg ha^{-1} de K_2O .

4 - As maiores taxas de recuperação de K e as menores de N ocorrem nas adubações orgânicas, que adicionam as menores e maiores quantidades de K e N ao solo comparada às adubações mineral e organomineral.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa SDA nº 28, de 27 de julho de 2007. Aprova os Métodos Analíticos Oficiais para Fertilizantes Minerais, Orgânicos, Organominerais e Corretivos, disponíveis na Coordenação Geral de Apoio Laboratorial CGAL/SDA/MAPA, na Biblioteca Nacional de Agricultura BINAGRI e no sítio do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento na rede mundial de computadores, endereço eletrônico: www.agricultura.gov.br. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 31jul. 2007. Seção 1.

CAVALCANTE, L. A. D.; SANTOS, G. R. A.; SILVA, L. M.; FAGUNDES, J. L. AND SILVA, M. 2014. Respostas de genótipos de palma forrageira a diferentes densidades de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Tropical** 44:424-433.

DONATO, P. E R.; PIRES, A. J.; DONATO, S. L.; 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.

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

DONATO, P. E. R.; DONATO, S. L. R.; SILVA, J. S.; PIRES, A. J. V.; SILVA JUNIOR, A. A. Extraction/exportation of macronutrients by cladodes of ‘Giant’ cactus pear under different spacings and organic fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.21, n.4, p.238-243, 2017a.

DONATO, P.E.R.; DONATO, S.L.R.; SILVA, J.A.; LONDE, L.N.C.; RODRIGUES, M.G.V. Implantação da lavoura de palma forrageira. **Informe Agropecuário**, v.38, p.21-33, 2017b.

DONATO, S. L. R.; DONATO, P. E. R.; SILVA, J. A.; RODRIGUES, M. G. V. Diagnóstico nutricional e recomendação de adubação para a palma forrageira ‘Gigante’. **Informe Agropecuário**, n.296, v.38, 2017.

DUBEUX JUNIOR, J.C.B.; ARAÚJO FILHO, J.T.; SANTOS, M.V.F. *et al.* Adubação mineral no crescimento e composição mineral da palma forrageira

Clone IPA-20. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.5, n.1, p.129-135. 2010.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo** / Paulo César Teixeira... [et al.], editores técnicos. - 3. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2017. 573 p.

LEMOS, M.; NETO, M. F.; MEDEIROS, J.F.; DIAS, N.S.D.; SILVA, E. F. F.; LIRA, R. B. Nutritional evaluation of forage cactus fertigated with domestic sewage effluent. **Rev. Caatinga, Mossoró**, v. 31, n. 2, p. 476 – 486, abr. – jun., 2018.

LOPES, M. N.; CÂNDIDO, M. J. D.; SILVEIRA, W. M.; MARANHÃO, T. D.; SOARES, I.; POMPEU, R. C. F. F.; SILVA, R. G.; CARNEIRO, M. S. S. Accumulation and export of nutrients in cactus pear cladodes (*Opuntia ficus-indica*) under different managements in the Brazilian Semiarid. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 47: e 20170077, 2018.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1997.

MALUF, H. J. G. M.; SOARES, E. M. B.; SILVA, I. R.; NEVES, J. C. L.; SILVA, M. F. O. Disponibilidade e recuperação de nutrientes de resíduos culturais em solo com diferentes Texturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p.1690-1702, 2015.

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

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

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: Métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2009. 235p.

SILVA, J. A.; BONOMO, P.; DONATO, S. L. R.; PIRES, A. J. V.; ROSA, R. C. C.; DONATO, P. E. R. Composição mineral de palma forrageira sob diferentes espaçamentos e adubações química. **Revista Brasileira de Ciências**

Agrárias, v.7, suplemento, p.866-875, 2012.

SILVA, J. A. da.; DONATO, S. L. R.; DONATO, P. E. R.; SOUZA, E. S.S.; PADILHA JÚNIOR, M. C.; SILVA JUNIOR, A. A. Extraction/export of nutrients in *Opuntia ficus indica* under different spacings and chemical fertilizers. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.20, n.3, p.236-242, 2016.

SILVA, L. M.; FAGUNDES, J. L.; VIEGAS, P. A. A.; MUNIZ, E. N.; RANGEL, J. H. A.; BACKES, A. Produtividade da palma forrageira cultivada em diferentes densidades de plantio. **Ciência Rural**, v.44, p.2064-2071, 2014.