



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL BAIANO *CAMPUS* GUANAMBI

MILTON CELSO PADILHA JUNIOR

**ATRIBUTOS DO SOLO COM PALMA FORRAGEIRA SOB ADUBAÇÃO
ORGÂNICA, DIFERENTES ESPAÇAMENTOS E ÉPOCAS DE AMOSTRAGEM**

GUANAMBI
BAHIA – BRASIL
2017



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL BAIANO *CAMPUS* GUANAMBI

MILTON CELSO PADILHA JUNIOR

**ATRIBUTOS DO SOLO COM PALMA FORRAGEIRA SOB ADUBAÇÃO
ORGÂNICA, DIFERENTES ESPAÇAMENTOS E ÉPOCAS DE AMOSTRAGEM**

Dissertação apresentada ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, *Campus* Guanambi, como parte das exigências do Curso de Mestrado Profissional em Produção Vegetal no Semiárido, para obtenção do título de Mestre Profissional.

GUANAMBI
BAHIA – BRASIL
2017

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca do IF Baiano *Campus* Guanambi**

P123a Padilha Junior, Milton Celso

Atributos do solo com palma forrageira sob adubação orgânica, diferentes espaçamentos e épocas de amostragem / Milton Celso Padilha Junior. --Guanambi, BA, 2017.

37 f. : il

Orientador: Prof. DSc. João Abel da Silva.

Dissertação Mestrado Profissional em Produção Vegetal no Semiárido)- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano- *Campus* Guanambi, 2017.

1. Plantas forrageiras. 2. *Opuntia*. 3. Adubação Orgânica. 4. Semiárido. 5. Espaçamento entre plantas. I. Silva, João Abel da II. Título.

CDU 631.58



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETÁRIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA BAIANO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO



TERMO DE APROVAÇÃO DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ATRIBUTOS DO SOLO COM PALMA FORRAGEIRA SOB ADUBAÇÃO ORGÂNICA, DIFERENTES ESPAÇAMENTOS E ÉPOCAS DE AMOSTRAGEM

por

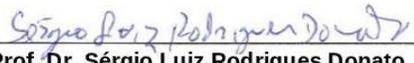
MILTON CELSO PADILHA JUNIOR

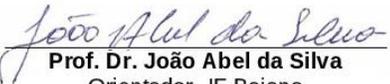
Trabalho de conclusão de curso apresentado às 08 horas 00 min. Do dia 22 de dezembro de 2017 como requisito para conclusão do curso de Mestrado Profissional em Produção Vegetal no Semiárido do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano – Campus Guanambi. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Banca Examinadora:


Prof. Dr. Alessandro de Magalhães Arantes
Membro da Banca- IF Baiano


Pesqª. Dr. Maria Geralda Vilela Rodrigues
Membro da Banca- EPAMIG


Prof. Dr. Sérgio Luiz Rodrigues Donato
Membro da Banca- IF Baiano


Prof. Dr. João Abel da Silva
Orientador- IF Baiano

A meus pais Sandra Márcia Vilas Boas e Milton Celso Padilha que sempre acreditaram em mim e me incentivaram a trilhar por caminhos corretos.

Aos meus irmãos Catherine Vilas Boas e Matheus Vilas Boas que sem dúvida fazem parte dessa vitória.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por seu infinito amor, por me sustentar nos momentos difíceis, por sua paz e imensa sabedoria que transcende o nosso entendimento. A ti toda honra e toda glória.

Aos meus pais Sandra e Milton por todo o amor, compreensão, dedicação, pelo exemplo de dignidade, por estarem sempre me dando forças para continuar e pelos seus valiosos ensinamentos.

Aos meus irmãos Catherine e Matheus pelo incentivo e companhia em tempos difíceis.

Ao Prof. Sérgio Luiz Rodrigues Donato por ter me ensinado tanto, sempre com boa vontade disposição e ser um exemplo de dedicação, além de sua grande amizade.

Ao Prof. João Abel pela orientação, amizade, presteza e disponibilidade a transmitir seus conhecimentos.

Ao Prof. Paulo Donato pela coorientação, incentivo e apoio.

Ao Prof. Alessandro Arantes pela grande amizade, ensinamentos e pelas resenhas.

A todos os colegas de turma que com certeza fizeram parte dessa caminhada e contribuíram com o meu conhecimento.

A Silvana pelo apoio, incentivo e sobretudo compreensão.

A todos os professores do Mestrado pelo trabalho excelente fazendo educação de qualidade com seriedade.

A Cleiton Brito pelo grande apoio que me deu sempre com muita presteza.

E a todos os meus amigos que contribuíram de alguma forma com o êxito desse curso, seja com ações ou conselhos. Muito obrigado a todos, pois sem amigos ninguém tem nada.

Muito obrigado!

SUMÁRIO

RESUMO.....	5
ABSTRACT	6
REVISÃO DE LITERATURA.....	9
ATRIBUTOS DO SOLO COM PALMA FORRAGEIRA SOB ADUBAÇÃO ORGÂNICA, DIFERENTES ESPAÇAMENTOS E ÉPOCAS DE AMOSTRAGEM.....	15
INTRODUÇÃO	16
MATERIAL E MÉTODOS	17
RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
CONCLUSÕES.....	29
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30

RESUMO

PADILHA JUNIOR, M. C., M.Sc. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano *Campus* Guanambi, Dezembro de 2017. **Atributos do solo com palma forrageira sob adubação orgânica, diferentes espaçamentos e épocas de amostragem.** Orientador: João Abel da Silva. Coorientador: Paulo Emílio Rodrigues Donato.

Objetivou-se com este trabalho avaliar os atributos químicos do solo cultivado com palma forrageira ‘Gigante’ sob diferentes doses de adubo orgânico, espaçamentos de plantio e épocas de amostragem. Os tratamentos, quatro doses do adubo orgânico esterco bovino (0; 30; 60 e 90 Mg ha⁻¹ ano⁻¹), três espaçamentos (1,0 x 0,5; 2,0 x 0,25 e 3,0 x 1,0 x 0,25 m) e três épocas de amostragem de solo (0; 390 e 600 dias após plantio) correspondentes às épocas antes do plantio, crescimento e colheita do primeiro ciclo, foram dispostos num delineamento experimental em blocos casualizados em esquema fatorial 4 x 3 x 3, com três repetições. Foram determinados pH em água, macronutrientes (P, K, Ca, Mg), micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn, Zn), parâmetros do complexo sortivo do solo (H+Al, SB, CTC, T, V) e matéria orgânica do solo (MOS). A adubação orgânica proporcionou incremento nos valores de MOS, P, K, Ca, Mg, SB, CTC, T, V, e redução de H+Al nos solos cultivados com palma forrageira ‘Gigante’ em diferentes épocas. As doses de esterco promoveram incremento de pH e Mn, independentemente de época e espaçamento. Os espaçamentos não influenciaram os atributos químicos do solo.

Palavras-Chave: *Opuntia*, arranjos de plantio, fertilidade, nutrientes.

ABSTRACT

PADILHA JUNIOR, M. C., M.Sc. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano *Campus* Guanambi, Dezembro de 2017. **Attributes of the soil with cactus pear under organic fertilization, different spacing and sampling times.** Adviser: João Abel da Silva. Co-adviser: Paulo Emílio Rodrigues Donato.

The objective of this work was to evaluate the chemical attributes of the soil cultivated with ‘Gigante’ cactus pear under different doses of organic fertilizer, planting spacings and sampling times. The treatments, four doses of organic fertilizer with bovine manure (0, 30, 60 and 90 Mg ha⁻¹ year⁻¹), three spacings (1.0 x 0.5, 2.0 x 0.25 and 3.0 x 1.0 x 0.25 m) and three sampling times (0, 390 and 600 days after planting) corresponding to the periods prior to planting, growth and harvest of the first cycle, were arranged in a randomized complete block design factorial scheme 4 x 3 x 3, with three replicates. (B, Cu, Fe, Mn, Zn), parameters of the soil sorption complex (H + Al, SB, CTC, T, V) were determined in water, macronutrients (P, K, Ca, Mg) and micronutrients soil organic matter (MOS). The organic fertilization provided an increase in the values of MOS, P, K, Ca, Mg, SB, CTC, T, V, and H + Al reduction in soils cultivated with ‘Gigante cactus pear at different times. The doses of manure promoted increase of pH and Mn, regardless of season and spacing. The spacings did not influence the chemical attributes of the soil.

Key words: *Opuntia*, planting arrangements, fertility, nutrients.

REVISÃO DE LITERATURA

A palma forrageira – *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. – cactácea exótica originária do México (Hoffmann, 1995), foi introduzida no Brasil por volta de 1880. A planta pertence à ordem Opuntiales e família das cactáceas. Essa família possui cerca de 130 gêneros e 1.500 espécies, das quais 300 pertencem ao gênero *Opuntia* Mill. (Mohamed-Yasseen et al., 1996).

Existem três espécies de palma encontradas no Nordeste brasileiro, a palma 'Redonda' (*Opuntia* sp.), a palma 'Miúda' (*Nopalea cochenilifera*) e a palma 'Gigante' (*Opuntia ficus-indica*), esta, a mais cultivada.

É considerada uma planta xerófila e por isso apresenta adaptação às condições adversas do semiárido. Sua fisiologia é caracterizada pelo processo fotossintético denominado Metabolismo Ácido Crassuláceo (CAM) (SNYMAN, 2006), que resulta em economia hídrica, devido ao fechamento estomático durante o dia, abertura à noite com a fixação de CO₂.

Em geral, numa planta CAM, durante os processos metabólicos, há consumo de 50 a 100 g de água para cada grama de CO₂ fixado, comparando a valores de 250 a 300 g para plantas C₄ e 400 a 500 g para plantas C₃, o que evidencia a sua maior eficiência de uso da água. As plantas CAM possuem assim, vantagens competitivas em ambientes secos (Taiz et al., 2017).

No Brasil, estima-se que há, aproximadamente 600.000 ha cultivados, consequência do incentivo de agentes de crédito, políticas governamentais de apoio, extensão rural, setor privado, indústria de processamento de leite, dentre outros. (Dubeux Junior et al., 2013). No entanto, o cultivo ainda é caracterizado por uma produtividade média baixa (Bezerra et al., 2014), considerada na literatura em geral em torno de 40 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de massa verde, o que sugere demandas na transferência e/ou geração de tecnologias.

Vários são os fatores que podem influenciar o rendimento da palma forrageira, dentre eles o espaçamento e a fertilidade do solo (Silva et al., 2014). O espaçamento no plantio da palma forrageira deve variar de acordo com a fertilidade do solo, quantidade de chuvas, finalidade de exploração e com sua utilização ou não em consórcio com outras culturas (Farias et al., 2005).

Silva et al. (2012) observaram efeito de espaçamento (1,00 x 0,50 m; 2,00 x 0,25 m e 3,00 x 1,00 x 0,25 m) independente das adubações para teores de cálcio e cobre em tecido de cladódio de palma forrageira, além de efeito de interação entre espaçamento e adubação para a produtividade de matéria seca aos 620 DAP.

Donato et al. (2016) verificaram efeito de espaçamento no teor de macronutrientes (N, P, S e Ca) em cladódios de palma; Silva et al. (2013) constataram que os teores médios de MO e MM foram influenciados pelos espaçamentos, independentemente das adubações. Silva et al. (2014) destacaram que a palma forrageira respondeu de forma positiva ao cultivo adensado com até 80.000 plantas por hectare.

A palma forrageira é altamente eficiente na extração de nutrientes do solo, graças à sua elevada produção de fitomassa. É uma planta bastante responsiva a adubação orgânica, e como os solos do Semiárido, em sua maioria, apresentam baixo teor de matéria orgânica, a prática da fertilização é uma necessidade nos cultivos dessa cactácea (Sales et al., 2012). Neste sentido, a prática de se adicionar adubos orgânicos ao solo é, portanto, uma forma de manter ou melhorar sua qualidade, aumentando o teor de matéria orgânica e adicionando nutrientes ao solo, o que resulta em uma economia de fertilizantes minerais (Marchi, 2014).

Uma vantagem relevante da adubação mediante utilização de esterco de curral, ao contrário daquela com o uso de formulação química é a ciclagem de nutrientes (Corrêa et al., 2013) e o fato de conter todos os nutrientes. As aplicações de esterco realizadas a longo prazo

promovem elevação dos estoques de nutrientes no solo, principalmente as frações orgânicas de N e P, além do K trocável e outros íons (Dubeux Junior. & Santos, 2005).

A compreensão da dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas de produção permite subsidiar o estabelecimento de estratégias de manejo que garantam incremento ou manutenção da qualidade do solo ao longo do tempo (Rossi et al., 2011) uma vez que o aporte de matéria orgânica ao solo melhora as características físicas, notadamente a sua estrutura, porosidade e a capacidade de retenção de água, e atua de forma benéfica sobre os organismos do solo. A adubação orgânica é uma importante estratégia de conservação de solo, pois aumenta os estoques de carbono orgânico e nitrogênio total (Ramos, 2012).

Os organismos e microrganismos do solo atuam na decomposição da matéria orgânica incorporando os nutrientes que ficam disponíveis para a planta após a mineralização, sendo os produtos finais desse processo de elevada importância para o desenvolvimento das plantas. A mineralização depende da temperatura, da umidade, do pH, da aeração do solo e das perdas do nutriente por lixiviação (Ferreira et al., 2003).

A taxa de mineralização depende também da quantidade de nutriente que foi imobilizado e o que está disponível e da qualidade do substrato. No semiárido, em função do baixo índice pluviométrico, a velocidade de decomposição dos esterco (bovino, caprino, ovino e asinino) é mais lenta na superfície do solo. Em seis meses a decomposição do esterco incorporado a uma profundidade de 10 cm é de 45% e na superfície do solo apenas 15% (Souto et al., 2005).

Como produtos da mineralização, as substâncias húmicas devido suas características coloidais e estimulantes podem contribuir com a atividade química, física e biológica do solo, incrementando sua qualidade para uso agrícola e, conseqüentemente, proporcionando melhores condições para os cultivos (Moreira & Siqueira, 2006).

Grande parte da matéria orgânica consiste de compostos ácidos não humificados e macromoléculas humificadas. As substâncias húmicas apresentam representatividade em torno de 85% a 90% do carbono total e são divididas em: ácidos húmicos, ácidos fúlvicos e humina (Guerra et al., 2008). Além das frações húmicas, as frações oxidáveis da matéria orgânica auxiliam na interpretação da dinâmica do C no solo. Elas são baseadas nos graus de oxidação do C e apresentam quatro frações (F1, F2, F3 e F4), as duas primeiras relacionadas à disponibilidade de nutrientes e à formação e estabilização de macroagregados; e as duas últimas relacionadas a compostos de maior estabilidade química e peso molecular, comuns nas frações humificadas da matéria orgânica de maior tempo de residência no solo (Rosset et al., 2016).

A matéria orgânica em sistemas tropicais é de extrema importância, pois os solos dessas regiões são bastante intemperizados e lixiviados, possuindo baixa fertilidade natural (Silva & Mendonça, 2007). O aporte de resíduos orgânicos pode promover aumentos nos teores de Ca, Mg e K trocáveis nas camadas superficiais do solo, como provável resposta à quantidade desses nutrientes presentes no resíduo e não ao aumento da disponibilidade do nutriente preexistente no solo, além de proporcionar incremento de forma linear no pH, promover reduções de Al^{3+} e do $H+Al$ (Silva, V. et al., 2013).

Estudos mostram que a adição de matéria orgânica ao solo pode promover efeito direto no aumento do pH e diminuição do Al^{3+} (Alves; Melo; Ferreira, 1999; Franchini et al., 2001). Esse efeito ocorre devido à ligação de íons H^+ com moléculas orgânicas, complexação de Al^{3+} e aumento da saturação da CTC do solo por bases (Pavinato; Rosolem, 2008).

Indiretamente, a condutividade elétrica representa o número total de cátions e de ânions presentes na solução do solo (Lee, 2010) e, como substâncias orgânicas são ricas em

cátions e ânions, como K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , PO_4^- e NO_3^- , acredita-se que sua aplicação ao solo é capaz de elevar a CE dos solos (Duarte et al., 2013).

De maneira geral, a matéria orgânica é capaz de modificar vários atributos químicos do solo, implicando no aumento de sua fertilidade e resiliência.

ARTIGO

ATRIBUTOS DO SOLO COM PALMA FORRAGEIRA SOB ADUBAÇÃO ORGÂNICA, DIFERENTES ESPAÇAMENTOS E ÉPOCAS DE AMOSTRAGEM¹

¹Artigo ajustado para submissão ao Comitê Editorial do Periódico Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental

Atributos do solo com palma forrageira sob adubação orgânica, diferentes espaçamentos e épocas de amostragem

Resumo: Objetivou-se com este trabalho avaliar os atributos químicos do solo cultivado com palma forrageira ‘Gigante’ sob diferentes doses de adubo orgânico, espaçamentos de plantio e épocas de amostragem. Os tratamentos, quatro doses do adubo orgânico esterco bovino (0; 30; 60 e 90 Mg ha⁻¹ ano⁻¹), três espaçamentos (1,0 x 0,5; 2,0 x 0,25 e 3,0 x 1,0 x 0,25 m) e três épocas de amostragem de solo (0; 390 e 600 dias após plantio) correspondentes às épocas antes do plantio, crescimento e colheita do primeiro ciclo, foram dispostos num delineamento experimental em blocos casualizados em esquema fatorial 4 x 3 x 3, com três repetições. Foram determinados pH em água, macronutrientes (P, K, Ca, Mg), micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn, Zn), parâmetros do complexo sortivo do solo (H+Al, SB, CTC, T, V) e matéria orgânica do solo (MOS). A adubação orgânica proporcionou incremento nos valores de MOS, P, K, Ca, Mg, SB, CTC, T, V, e redução de H+Al nos solos cultivados com palma forrageira ‘Gigante’ em diferentes épocas. As doses de esterco promoveram incremento de pH e Mn, independentemente de época e espaçamento. Os espaçamentos não influenciaram os atributos químicos do solo.

Palavras-Chave: *Opuntia*, arranjos de plantio, fertilidade, nutrientes

Attributes of the soil with cactus pear under organic fertilization, different spacing and sampling times

Abstract: The objective of this work was to evaluate the chemical attributes of the soil cultivated with 'Gigante' forage palm under different doses of organic fertilizer, planting spacings and sampling times. The treatments, four doses of organic fertilizer with bovine

manure (0, 30, 60 and 90 Mg ha⁻¹ year⁻¹), three spacings (1.0 x 0.5, 2.0 x 0.25 and 3.0 x 1.0 x 0.25 m) and three sampling times (0, 390 and 600 days after planting) corresponding to the periods prior to planting, growth and harvest of the first cycle, were arranged in a randomized complete block design factorial scheme 4 x 3 x 3, with three replicates. (B, Cu, Fe, Mn, Zn), parameters of the soil sorption complex (H + Al, SB, CTC, T, V) were determined in water, macronutrients (P, K, Ca, Mg) and micronutrients soil organic matter (MOS). The organic fertilization provided an increase in the values of MOS, P, K, Ca, Mg, SB, CTC, T, V, and H + Al reduction in soils cultivated with 'Gigante' forage palm at different times. The doses of manure promoted increase of pH and Mn, regardless of season and spacing. The spacings did not influence the chemical attributes of the soil.

Key words: *Opuntia*, planting arrangements, fertility, nutrients

INTRODUÇÃO

A palma forrageira é uma planta amplamente difundida no Semiárido Brasileiro, sob estresses ambientais intensos a palma expressa a sua capacidade adaptativa. Entretanto, a depender da intensidade do corte na colheita (Lima et al., 2016), toda a parte aérea da planta é servida como forragem para caprinos, ovinos e bovinos, o que implica que a maioria dos nutrientes extraída do solo durante o ciclo da cultura seja exportada da área cultivada (Donato et al., 2017a), podendo levar ao empobrecimento do solo.

Mudanças no espaçamento de plantio da cultura de palma forrageira (Cavalcante et al., 2014), na densidade populacional (Silva et al., 2014), nas doses de adubação orgânica (Donato et al., 2014a, b), organomineral (Padilha Junior et al., 2016) ou química (Silva et al., 2016b) podem interferir no crescimento vegetativo (Donato et al., 2014a; Silva et al., 2016b), na

extração de nutrientes (Silva et al., 2016a; Donato et al., 2017a), no status nutricional da planta (Blanco-Macías et al., 2010; Silva et al., 2012; Donato et al., 2016), no valor nutricional da forragem (Silva et al., 2013; Donato et al., 2014b), na interceptação da luz, no crescimento e na produtividade de matéria seca .

A sustentabilidade da agricultura, especialmente no Semiárido Brasileiro é dependente de manutenção de níveis adequados ou de incorporação de matéria orgânica ao solo (Fialho et al., 2013). O aporte de materiais orgânicos ao solo melhora suas propriedades químicas, físicas e biológicas (Silva & Mendonça, 2007).

O incremento das doses de esterco bovino aplicadas ao solo promove uma maior extração de nutrientes pela palma forrageira (Donato et al., 2017), melhora a performance das características estruturais (Donato et al., 2014b), eleva os teores de fósforo, nitrogênio, potássio e enxofre nos cladódios (Donato et al., 2016), melhora o valor nutritivo e a produtividade de matéria seca da palma (Donato et al., 2014a).

A despeito dos diversos estudos conduzidos com palma forrageira há demanda de informações específicas sobre as alterações dos atributos químicos do solo no agrossistema palma cultivado com adubação orgânica em condições semiáridas, com a finalidade de estabelecer um critério de balanço de nutrientes no solo que assegure a sustentabilidade do sistema. Objetivou-se com este trabalho avaliar os atributos químicos do solo cultivado com palma forrageira ‘Gigante’ sob diferentes doses de adubação orgânica e espaçamentos de plantio.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido no Instituto Federal Baiano, Campus Guanambi, Bahia, 2009 – 2011. A implantação do palmar foi feita antes do período chuvoso, em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. O Município de Guanambi pertencente à

microrregião Guanambi, localiza-se no Semiárido Baiano, com latitude 14°13'30" sul, longitude de 42°46'53" oeste de Greenwich e altitude de 525 m. A precipitação ao longo do período experimental foi 1.393,29 mm, sendo 611,24 mm na primeira e 782,05 mm na segunda estação de chuvas (Donato et al., 2017).

Os tratamentos, quatro doses de adubação orgânica com esterco bovino (0; 30; 60 e 90 Mg ha⁻¹ ano⁻¹), três espaçamentos (1,0 x 0,5; 2,0 x 0,25 e 3,0 x 1,0 x 0,25 m) e três épocas de amostragem de solo (0; 390 e 600 dias após plantio, DAP), foram dispostos num delineamento experimental em blocos casualizados em esquema fatorial 4 x 3 x 3, com três repetições. A área total da parcela foi 64 m² (16 x 4 m), com área útil de 16 m² (8 x 2 m), onde foram coletadas as amostras de solo, totalizando uma área de 2.304 m².

Nos espaçamentos de plantio utilizados, foi mantida a densidade populacional de 20.000 plantas ha⁻¹. Antes do plantio foi amostrado o solo para a realização das análises química e física, além dos procedimentos de subsolagem, aração e gradagem. Posteriormente a área foi sulcada nos espaçamentos de plantio equivalente aos tratamentos.

Foi realizada uma calagem com aplicação de 1 Mg ha⁻¹ de calcário dolomítico em área total. A adubação orgânica foi realizada no sulco de plantio, conforme as doses previstas nos respectivos tratamentos. Um ano após o plantio foi novamente adubado lateralmente às plantas, distando 20 cm, com esterco bovino proveniente do mesmo curral, obedecendo as mesmas doses de 0; 30; 60 e 90 Mg ha⁻¹ ano⁻¹.

O esterco utilizado (Donato et al., 2016) apresentou 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, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (Brasil, 2007); umidade em base seca (bs) 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); teores 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.

Os cladódios utilizados para o plantio foram selecionados em um campo de palma ‘Gigante’ com dois anos sem colheita, retirados da porção mediana da planta. Após a colheita os cladódios permaneceram na sombra durante 15 dias para a cura e posteriormente foram plantados com a face de maior largura no sentido leste/oeste, enterrados cerca de 50% no solo para melhor fixação.

Foram coletadas nas entrelinhas cinco amostras de solo simples em cada parcela experimental, homogeneizadas, formadas as 36 amostras compostas, em cada época de amostragem, totalizando 108 amostras de solo. As mesmas foram acondicionadas em sacos plásticos novos e devidamente identificadas em relação à posição que ocupavam dentro da área experimental.

Posteriormente foram encaminhadas ao laboratório de Análises de Solo da UESB, *Campus* de Vitória da Conquista, para determinação das características químicas do solo pH, teores de fósforo (P) – extrator Mehlich 1 -, potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al) e sódio trocáveis (Na), hidrogênio + alumínio (H+Al); soma de base (SB), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases (V), teor de matéria orgânica do solo (MOS), teores de micronutrientes boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe) e manganês (Mn) na profundidade de 0-20 cm.

Os dados das características avaliadas foram submetidos à análise de variância e procedidas as comparações entre as médias dos diferentes espaçamentos e épocas de amostragem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e análises de regressão para as diferentes doses de adubo orgânico (esterco bovino) aplicadas ao solo. Os critérios utilizados para escolha dos modelos

de regressão consideraram a adequação do modelo ao fenômeno estudado, o valor do coeficiente de determinação ajustado e a significância dos parâmetros da regressão pelo teste t.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de MOS, P, K, Ca, Mg, H+Al, SB, CTC, T e V dos solos cultivados com palma forrageira 'Gigante' sob adubação orgânica em diferentes espaçamentos, variaram com a interação ($P < 0,05$) entre adubação e época de amostragem (Figura 1), enquanto para pH, P, Ca e V ocorreu interação ($P < 0,05$) entre espaçamento e época (Tabela 1). O pH e os valores de Mn no solo variaram ($P < 0,05$) com as adubações, independentemente de espaçamento e época de amostragem do solo (Figura 2).

Para os valores de MOS, P, K, Ca, Mg, H+Al, SB, CTC, T e V não ocorreram diferenças entre as doses de esterco ($P < 0,05$) aos 0 DAP, com médias de MOS = $16,67 \text{ g dm}^{-3}$, P = $16,33 \text{ mg dm}^{-3}$, $\text{K}^+ = 111,72 \text{ mg dm}^{-3}$, V = $63,14 \%$, Ca, Mg, H+Al, SB, CTC e T - 2,01; 0,89; 1,84; 3,21; 3,36 e $5,05 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, respectivamente (Figura 1). Este resultado é justificado pela homogeneidade da área experimental, bem como pelo fato de que a primeira amostragem de solo foi realizada antes da adubação, o que garantiu a uniformidade dos valores em todas as unidades experimentais aos 0 DAP.

Os valores de MOS, K, Ca, Mg, SB, CTC, T e V ajustaram modelo de regressão linear crescente ($P < 0,05$) em função das doses de esterco aos 390 DAP e 600 DAP, enquanto o valor de H+Al ajustou modelo de regressão linear decrescente ($P < 0,05$) em função das doses de esterco aos 390 DAP e 600 DAP.

Para a segunda época (390 DAP), o modelo ajustado estima que o valor de MOS aumenta $0,0448 \text{ g dm}^{-3}$ para cada $\text{Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de esterco bovino, enquanto para a terceira época (600

DAP) estima um acréscimo de $0,0837 \text{ g dm}^{-3}$ para cada $\text{Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de esterco bovino (Figura1).

Entre a primeira e segunda época houve o aumento no teor de MOS por consequência da adubação com esterco bovino. Na terceira época houve redução nos valores de MOS por conta da mineralização da mesma, entretanto as doses de 60 e $90 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de esterco bovino garantiram os níveis de suficiência de MOS ($13,0 - 20,0 \text{ g dm}^{-3}$ de solo) para palma forrageira ‘Gigante’ (Donato, S. et al., 2017).

Com o incremento de doses elevadas de esterco bovino ao solo ocorre também o aumento da diversidade de microrganismos decompositores que consequentemente promovem a mineralização. Isso assume importância maior quando se considera que o esterco bovino possui baixa relação C/N, o que tende a contribuir para a mineralização em detrimento da imobilização.

Para os valores de P, houve ajuste de modelo linear crescente ($P < 0,05$) em função das doses de esterco aos 600 DAP. O modelo estima que a quantidade de P aumenta $0,359 \text{ mg dm}^{-3}$ para cada $\text{Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de esterco bovino aportado ao solo (Figura 1B).

O esterco bovino é um resíduo que possui elevado teor de fósforo e que é capaz de suprir a demanda das plantas e do solo. Entretanto foi possível observar que mesmo com a elevação no teor médio de fósforo de $16,33$ para $21,83 \text{ mg dm}^{-3}$ em segunda época, o valor acrescido não foi o bastante para atingir a faixa de suficiência de P ($22,0 - 48,0 \text{ mg dm}^{-3}$ de solo) para a cultura (Donato, S. et al., 2017), nas mesmas condições de solo.

No semiárido, em função do baixo índice pluviométrico, a velocidade de decomposição dos esterco (bovino, caprino, ovino e asinino) é mais lenta na superfície do solo. Em seis meses a decomposição do esterco incorporado a uma profundidade de 10 cm é de 45% e na superfície

do solo apenas 15% (Souto et al., 2005). Este fato justifica o aumento sensível dos níveis de P entre a primeira e segunda época.

Aos 600 DAP houve substancial incremento de P de acordo com a dose de esterco aplicada, tal fato pode ser explicado pelo acúmulo de duas adubações das doses previstas.

As doses 30, 60 e 90 Mg ha⁻¹ de esterco bovino aportam ao solo, respectivamente, 130-272-75; 260-544-150 e 390-816-225 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O.

A adição de esterco ao solo reduz a capacidade de adsorção de P, aumenta o teor de P e N disponível, e proporciona maior mobilidade no perfil do solo, de formas orgânicas solúveis de P e N (Novais et al., 2007).

Para o teor de K⁺ na segunda época (390 DAP), o modelo ajustado estima um aumento de 0,99 mg dm⁻³ para cada Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco bovino, enquanto para a terceira época (600 DAP) estima um acréscimo de 1,15 mg dm⁻³ para cada Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco bovino (Figura 1C).

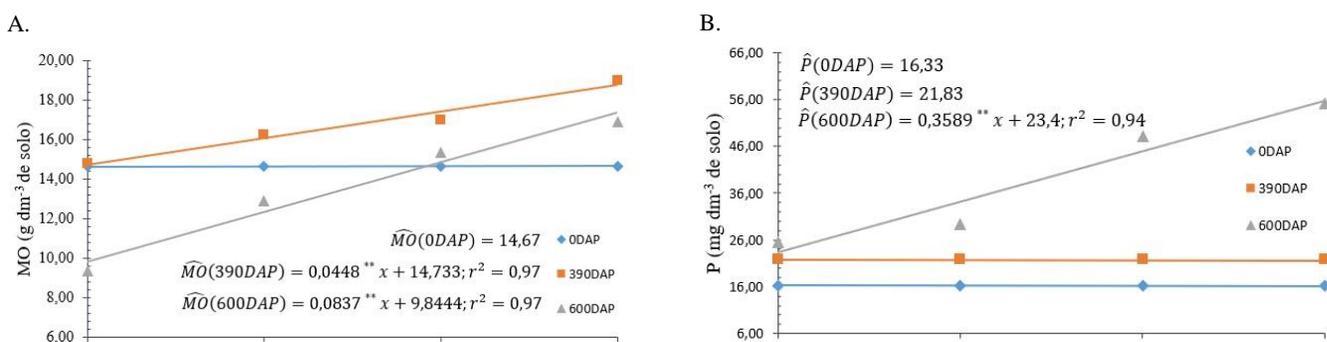
Na segunda época (390 DAP) o modelo ajustado demonstrou aumento nos teores de K⁺ no solo para as doses 30, 60 e 90 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco bovino, seguido de redução nos teores de maneira geral na terceira época (600 DAP). Tal fato pode ser explicado devido o K⁺ ser o elemento extraído em maior quantidade pela palma forrageira, deixando claro que a dose de 30 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco bovino não é capaz de garantir o teor do elemento no solo dentro da faixa de suficiência ao fim da terceira época (600 DAP), bem como demonstra que a dose de 90 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco bovino garante os teores de K⁺ do solo dentro da faixa considerada média (suficiente: 100 – 180 mg dm⁻³) no momento de colheita (Donato, S. et al., 2017).

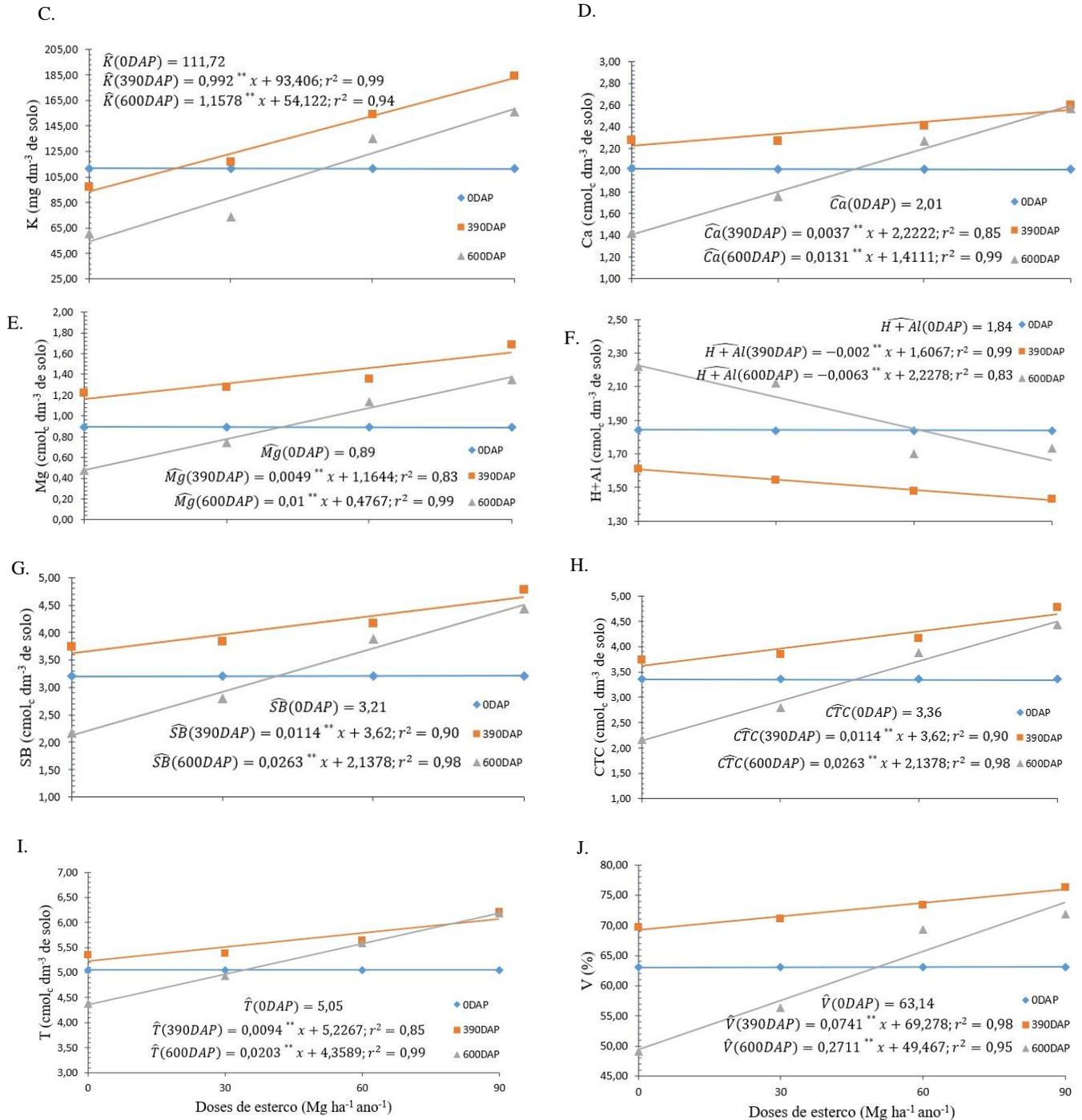
O que pode ser justificado pelo baixo aporte de K pelo esterco bovino, a cada 30 toneladas de esterco bovino acrescentada ao solo são disponibilizados cerca de 75 kg de K_2O , valores bem inferiores às quantidades de N e P adicionadas.

O modelo ajustado para o Ca^{2+} na segunda época (390 DAP), estima que o teor de Ca^{2+} aumenta $0,0037 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ para cada $\text{Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de esterco bovino, enquanto o modelo ajustado para a terceira época (600 DAP) estima um acréscimo de $0,0131 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ para cada $\text{Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de esterco bovino (Figura 1D).

O acréscimo nos teores de Ca^{2+} no solo entre a primeira e segunda época mesmo no tratamento sem adubação orgânica pode ser explicado pela operação de calagem realizada após a primeira amostragem de solo, o que garantiu o aumento de forma uniforme e, com o acréscimo de esterco, nos demais tratamentos, houve o incremento mais acentuado de Ca^{2+} para as doses de 60 e 90 $\text{Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de esterco bovino.

Aos 600 DAP houve substancial diminuição nos teores de cálcio do solo por ser este o segundo elemento extraído em maior quantidade pela palma, inferior apenas ao potássio (Donato et al., 2017).





*significativo à 5%; **significativo à 1%; pelo teste t

Figura 1. Valores de matéria orgânica do solo (A), fósforo (B), potássio (C), cálcio (D), magnésio (E), H+Al (F), SB (G), CTC (H), T (I) e V (J) de solo cultivado com palma forrageira ‘Gigante’ em função de doses de adubação orgânica com esterco bovino, em diferentes épocas de amostragem – 0, 390 e 600 dias após plantio (DAP). Guanambi, BA

Para os teores de Mg^{2+} em segunda época (390 DAP), o modelo ajustado estima um aumento $0,0049 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ para cada $Mg \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de esterco bovino, enquanto para terceira época (600 DAP), estima um acréscimo de $0,01 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ para cada $Mg \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de esterco bovino (Figura 1E).

Assim como o Ca^{2+} , os teores de Mg^{2+} foram elevados entre a primeira e segunda época em função da calagem, com posterior redução dos teores resultante da extração pela palma. Entretanto, apenas com as doses de 60 e 90 $Mg \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de esterco bovino os teores de Mg^{2+} se mantiveram dentro da faixa de suficiência 1,0 - 1,6 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Donato, S. et al., 2017) no momento de colheita.

De acordo com Donato, P. et al. (2017), dentre os macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) extraídos/exportados pela palma forrageira o ordenamento decrescente em relação à quantidade média é: K, Ca, N, Mg, P e S. Esses dados estão de acordo com de Teles et al. (2004), que trabalharam com palma forrageira em casa de vegetação, avaliando teor nutricional e efeito de nematicida.

Para os valores de H+Al na a segunda época (390 DAP), o modelo ajustado estima que o teor de H+Al diminui $0,002 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ para cada $Mg \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de esterco bovino, enquanto para a terceira época (600 DAP) estima um decréscimo de $0,0063 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ para cada $Mg \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de esterco bovino (Figura 1F).

Estudos mostram que a adição de matéria orgânica ao solo pode promover efeito direto no aumento do pH e diminuição do Al^{3+} . Esse efeito ocorre devido à ligação de íons H^+ com moléculas orgânicas, complexação de Al^{3+} e aumento da saturação da CTC do solo por bases (Pavinato & Rosolem, 2008; Caetano & Carvalho, 2006; Souza et al., 2006).

Para os valores de SB, CTC, T e V, o modelo ajustado em segunda época (390 DAP) estima o aumento de 0,0114; 0,0114; 0,0094 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e 0,07%, respectivamente para cada

Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco bovino aplicados ao solo. Já na terceira época (600 DAP) o modelo estima um acréscimo de 0,0263; 0,0263; 0,0203 cmol_c dm⁻³ e 0,27 %, para cada Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco bovino, respectivamente (Figura 1G, H, I, J).

Por consequência da neutralização da acidez trocável (Al³⁺) após a calagem, os valores médios da SB e CTC foram iguais na segunda e terceira época em função das doses de esterco aplicadas.

Após a realização da calagem somada à aplicação das doses de esterco previstas nos tratamentos, o aumento dos níveis de Ca e Mg providos pelo calcário, bem como de nutrientes e MO providos pelo esterco, reduziu da acidez potencial através da elevação da MOS e SB com consequente aumento na saturação por bases, CTC efetiva e T na segunda época.

Com o decorrer do ciclo da cultura a extração de K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺ e demais nutrientes, assim como a acidificação provocada pela decomposição da matéria orgânica do solo, o valor de H+Al voltou a se elevar, com consequente redução dos valores de SB, CTC efetiva, T e V na terceira época (600 DAP). Com ressalva para os tratamentos que receberam 60 e 90 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco bovino, que garantiram valores dentro da classe considerada média (suficiente) dos parâmetros em questão (SB = 3,3 – 4,8; CTC = 3,3 – 4,8; T = 4,9 – 6,6 cmol_c dm⁻³ e V = 61,1 – 78,5 %) conforme Donato, S. et al. (2017).

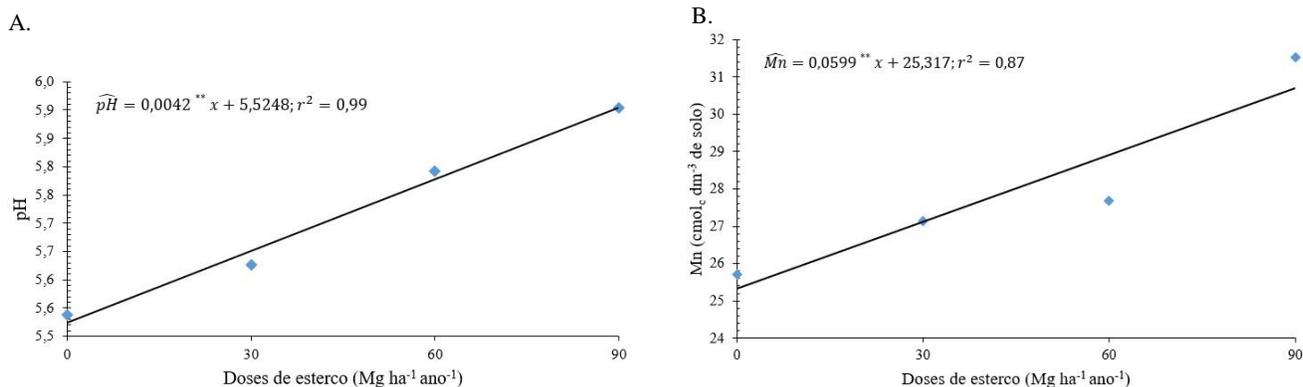
O pH do solo variou de forma linear crescente com o incremento das doses de esterco (Figura 2A). O modelo estima um aumento de 0,0042 unidades de pH para cada Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco bovino adicionado. O aumento do valor de pH para a maior dose de esterco (90 Mg ha⁻¹ ano⁻¹) em comparação à zero Mg ha⁻¹ ano⁻¹ foi da ordem de 7,27%, de 5,5 para 5,9.

Os compostos orgânicos hidrossolúveis, originados da decomposição de resíduos orgânicos, complexam cátions de reação ácida (Fe⁺², Mn⁺² e Al⁺³) na solução do solo,

liberando ânions (OH^- , HCO_3^-) que causam a precipitação do alumínio e aumentam o pH (Petreire & Anghinoni, 2001).

A quantidade de Mn no solo cultivado com palma forrageira ‘Gigante’ sob adubação orgânica em diferentes espaçamentos variou de forma linear crescente com o incremento das doses (Figura 2B). O modelo estima um aumento de $0,059 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ para cada $\text{Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de esterco bovino adicionado. O aumento do teor de Mn na a maior dose de esterco ($90 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) em comparação à zero $\text{Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ foi da ordem de 22,5%, de 25,7 para $31,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$.

A adubação com 30, 60 e $90 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de esterco bovino aportam 12-24-36 $\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de Mn respectivamente, levando-se em consideração que as doses foram aplicadas duas vezes foram aportados 24-48-72 Kg de Mn ha^{-1} , o que explica a elevação dos teores do nutriente no solo.



*significativo à 5%; **significativo à 1%; pelo teste t

Figura 2. Valores de pH (A) e manganês (B) de solo cultivado com palma forrageira ‘Gigante’ em função de doses de adubação orgânica com esterco bovino. Guanambi, BA

Com o incremento dos teores de matéria orgânica do solo por consequência das doses de esterco aplicadas, ocorreram alterações nos atributos químicos do solo com redução dos níveis

de Al^{3+} e consequente aumento de pH, quantidade e disponibilidade de nutrientes entre a primeira e segunda época de amostragem de solo, seguido de um pequeno decréscimo na terceira época de amostragem por consequência a extração de nutrientes pela palma forrageira ‘Gigante’.

Os valores de pH, P, Ca e V do solo foram inferiores aos 0 DAP em relação às demais épocas (Tabela 1), pois na ocasião ainda não havia ocorrido calagem ou adubação.

O pH do solo foi superior na Epc₂ em relação à Epc₁ e Epc₃ para os três espaçamentos avaliados. Tal fato pode ser explicado por conta da calagem realizada entre a Epc₁ e Epc₂ que implicou em resultados semelhantes para Ca e V.

Tabela 1. Atributos químicos de solo cultivado com palma ‘Gigante’ em diferentes espaçamentos e épocas de amostragem. Guanambi, BA

Variável	(un)	Época*	1,0 x 0,5 m	2,0 x 0,25 m	3,0 x 1,0 x 0,25 m	CV(%)
pH	(un)	0	5,56 aB	5,47 aB	5,24 bC	3,90
		390 DAP	6,08 aA	5,93 aA	6,11 aA	
		600 DAP	5,65 aB	5,62 aB	5,77 aB	
P	(mg dm ⁻³)	0	23,92 aB	15,17 aB	9,92 bC	41,89
		390 DAP	21,00 aB	19,75 aB	24,75 aB	
		600 DAP	35,97 aA	41,05 aA	41,63 aA	
Ca	(cmolc dm ⁻³)	0	2,23 aA	1,98 aB	1,83 bC	13,16
		390 DAP	2,45 aA	2,31 aA	2,41 aA	
		600 DAP	1,96 aB	1,92 aB	2,12 aB	
V	(%)	0	65,92 aB	62,92 aB	60,58 bB	6,88
		390 DAP	73,00 aA	71,92 aA	72,92 aA	
		600 DAP	59,50 aC	61,58 aB	63,92 aB	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna ou minúscula na linha não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey (P<0,05). *DAP, dias após o plantio.

O teor de P no solo foi superior na Epc₃ em relação a Epc₁ e Epc₂ para os três espaçamentos avaliados por conta dos dois eventos de adubação realizados na primeira e segunda época. Como o esterco possui altas quantidades de P que foi liberado na mineralização ao longo de 600 dias, os estoques de P disponível no solo atingiram níveis superiores às demais épocas.

A palma forrageira é altamente eficiente na extração de nutrientes do solo, graças à sua elevada produção de fitomassa. É uma planta bastante responsiva a adubação orgânica, e como

os solos do Semiárido, em sua maioria, apresentam baixo teor de matéria orgânica, a prática da fertilização é uma necessidade nos cultivos dessa cactácea (Sales et al., 2014). Neste sentido, a prática de se adicionar adubos orgânicos ao solo é, portanto, uma forma de manter ou melhorar sua qualidade, aumentando o teor de matéria orgânica e adicionando nutrientes ao solo, o que resulta em uma economia de fertilizantes minerais (Marchi, 2014).

A adição de materiais orgânicos é fundamental à qualidade do solo. A liberação gradativa de nutrientes por esses materiais reduz processos como lixiviação, fixação e volatilização, embora dependa essencialmente da taxa de decomposição, controlada pela temperatura, umidade, textura e mineralogia do solo, além da composição química do material orgânico utilizado (Zech et al., 1997).

De maneira geral, a matéria orgânica é capaz de modificar vários atributos químicos do solo, implicando no aumento de sua fertilidade e resiliência.

CONCLUSÕES

1. A adubação orgânica com 60 e 90 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco bovino reduz a acidez potencial do solo, eleva os níveis de macro e micronutrientes, MOS, pH, CTC, T, SB, V, e os mantém em níveis de suficiência aos 600 dias após o plantio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, W. L.; MELO, W. J.; FERREIRA, M. E. Efeito do composto de lixo urbano em um solo arenoso e em plantas de sorgo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 23, p.729-736, 1999.

BEZERRA, B. G.; ARAÚJO, J. S.; PEREIRA, D. D.; LAURENTINO, G. Q.; SILVA, L. L. D. Zoneamento agroclimático da palma forrageira (*Opuntia* sp.) para o estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.7, p.755-761, 2014.

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. **J. Plant Nutr. Soil Sci.**, v.173, p.927-934, 2010.

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, 31 jul. 2007. Seção 1.

CAETANO, L. C. S.; CARVALHO, A. J. C. Efeito da adubação com boro e esterco bovino sobre a produtividade da figueira e as propriedades químicas do solo. **Revista Ciência Rural**, v.36, p.1150-1155, 2006.

CASAGRANDE, J. C.; ALLEONI, L. R. F.; CAMARGO, O. A.; BORGES, M. Adsorção de fosfato e sulfato em solos com cargas elétricas variáveis. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.51-59, 2003.

CAVALCANTE, L. A. D.; DE ARRUDA SANTOS, G. R.; DA SILVA, L. M.; FAGUNDES, J. L.; DA SILVA, M. A. Respostas de genótipos de palma forrageira a diferentes densidades de cultivo. **Pesq. Agropec. Trop.**, v.44, n.4, p.424-433, 2014.

CORRÊA, M. L. P.; GALVÃO, J. C. C.; LEMOS, J. P.; MIRANDA, G. V.; RODRIGUES, O. L.; DA CONCEIÇÃO, P. M; FONTANETTI, A. Qualidade química do solo e características produtivas do capim-elefante submetido à adubação química e orgânica. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.3, n.1, 2013.

DAMATTO JUNIOR, E. R.; VILLAS BÔAS, R.L.; LEONEL, S.; FERNANDES, D.M. Alterações em propriedades do solo adubado com doses de composto orgânico sob cultivo de bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.28, n.3, p.546-549, 2006.

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

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, n.1, p.163-172, 2014b.

DONATO, P. E. R.; DONATO, S. L. R.; SILVA, J. A.; PIRES, A. J. V.; SILVA JÚNIOR, A. E A. Extraction/exportation of macronutrients by cladodes of 'Gigante' cactus pear under different spacing and organic fertilizer. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, n.4, p.238-243, 2017.

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, n.296, p.46-58, 2017.

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

DUARTE, A. S.; ROLIM, M. M.; SILVA, E. F. F.; PEDROSA, E.M. R.; ALBUQUERQUE, F. S.; MAGALHÃES, A. G. Alterações dos atributos físicos e químicos de um Neossolo após aplicação de doses de manipueira. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.17, n.9, p.938-946, 2013.

DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; SANTOS, M.; CAVALCANTE, M.; SANTOS, D. Potencial da palma forrageira na América do Sul. **Cactusnet**, v.13, ed. esp., p.29-40, 2013.

FARIAS, I.; SANTOS, D.C.; DUBEUX JÚNIOR, J.C.B. Estabelecimento e manejo da palma forrageira. In: MENEZES, S.C.R.; SIMÕES, D.A.; SAMPAIO, E.V.S.B. (Eds). **A palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2005. 258 p.

FERREIRA, M. M. M.; FERREIRA, G. B.; FONTES, P. C. R. et al. Produção de tomateiro em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica em duas épocas de cultivo. **Horticultura Brasileira**, v.21, n.3, p.468-473, 2003.

FIALHO, J. S.; DE AGUIAR, M. I.; DOS SANTOS MAIA, L.; MAGALHÃES, R. B.; DE ARAÚJO, F. D. C. S.; MATOSO, M. Soil quality, resistance and resilience in traditional agricultural and agroforestry ecosystems in Brasil's semiarid region. **African Journal of Agricultural Research**, v.8, p.5020-5031, 2013.

FRANCHINI, J. C. et al. Dinâmica de íons em solo ácido lixiviado com extratos de resíduos de adubos verdes e soluções puras de ácidos orgânicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, p.2267-2276, 1999.

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

GUERRA, J. G. M.; SANTOS, G. de A.; SILVA, L. S. da; CAMARGO, F. A. O. Macromoléculas e substâncias húmicas. In: SANTOS, G. de A.; SILVA, L. S. da; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2.ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p.19-25.

LIMA, G. F. C.; REGO, M. M. T.; DANTAS, F. D. G.; LÔBO, R. N. B.; SILVA, J. G. M. Morphological characteristics and forage productivity of irrigate cactus pear under diferente cutting intensities. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.29, n.2, p.481-488, Apr./June 2016.

MARCHI, E. C. S. **Influência da adubação orgânica e de doses de material húmico sobre a produção de alface americana e teores de carbono no solo**. 46p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

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

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

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2006. 626p.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. Fósforo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, L. E. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.472-550.

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.

PADILHA JUNIOR, M. C.; DONATO, S. L. R.; SILVA, J. A.; DONATO, P. E. R., SOUZA, E. 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, n.1, p.67-72, 2016.

PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo: decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.32, p.911-920, 2008.

PETRERE, C.; ANGHINONI, I. Alteração de atributos químicos no perfil do solo pela calagem superficial em campo nativo. **Rev. Bras. Cienc. Solo**, Viçosa, v.25, p.885-895, 2001.

RAMOS, J. P. F. **Crescimento vegetativo e produtividade da palma forrageira em função do manejo de colheita e da adubação orgânica**. 57p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2012.

ROSSET, J. S., DO CARMO LANA, M., PEREIRA, M. G., SCHIAVO, J. A., RAMPIM, L., & SARTO, M. V. M. Frações químicas e oxidáveis da matéria orgânica do solo sob diferentes sistemas de manejo, em Latossolo Vermelho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.51, n.9, p.1529-1538, 2016.

ROSSI, C. Q.; PEREIRA, M. G.; GIACOMO, S. G.; BETTA, M.; POLIDORO, J. C. Frações húmicas da matéria orgânica do solo cultivado com soja sobre palhada de braquiária e sorgo. **Bragantia**, v.70, p.622-630, 2011.

SALES, A. T.; ALVES, A. Q.; DE FARIAS RAMOS, J. P.; DO NASCIMENTO, J. P.; LEITE, M. L. D. M. V. Eficiência de Utilização da Adubação Orgânica pela Palma Forrageira em Função da Densidade Populacional. **Revista Científica de Produção Animal**, v.14, n.1, p.32-35, 2014.

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.; 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, n.2, p.342-350, 2013.

SILVA, J. A.; DONATO, S. L. R.; DONATO, P. E. R.; SOUZA, E. D. S.; PADILHA JÚNIOR, M. C.; SILVA JUNIOR, A. A. E. 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, 2016a.

SILVA, J. A.; DONATO, S. L.; DONATO, P. E.; SOUZA, E. D. S.; PADILHA JÚNIOR, M. C.; SILVA JUNIOR, 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, n.6, p.564-569, 2016b.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.275-374.

SILVA, L. M.; FAGUNDES, J. L.; VIEGAS, P. A. A.; MUNIZ, E. N.; RANGEL, J. H. A.; MOREIRA, A.L.; BACKES, A. A. Produtividade da palma forrageira cultivada em diferentes densidades de plantio. **Ciência Rural**, v.44, n.11, p.2064-2071, 2014.

SILVA, V. M.; TEIXEIRA, A. F. R.; DOS REIS, E. F.; BENASSI, A. C.; DE SÁ MENDONÇA, E. Atributos químicos do solo em sistemas de adubação orgânica de conilon. **Coffee Science**, v. 8, n.4, p.469-477, 2013.

SNYMAN, H. A. Root distribution with changes in distance and depth of two-year-old cactus pears *Opuntia ficus-indica* and *O. robusta* plants. **South African Journal of Botany**, v.72, p.434-441, 2006.

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

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

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

ZECH, Z.; SENESI, N.; GUGGENBERGER, G.; KAISER, K.; LEHMANN MIANO, T.M.; MILTNER, A.; SCHROTH, G. Factors controlling humification and mineralization of soil organic matter in tropics. **Geoderma**, v.79, p.117-161, 1997.