

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO
EM PRODUÇÃO VEGETAL

GERLAN DO NASCIMENTO RODRIGUES

**NUTRIÇÃO MINERAL E SELETIVIDADE DE HERBICIDA NA CULTURA DA
PALMA FORRAGEIRA (*NOPALEA COCHENILLIFERA*) (L.) Salm - Dick CV
MIÚDA.**

Rio Largo - AL

2020

GERLAN DO NASCIMENTO RODRIGUES

**NUTRIÇÃO MINERAL E SELETIVIDADE DE HERBICIDA NA CULTURA DA
PALMA FORRAGEIRA (*NOPALEA COCHENILLIFERA*) (L.) Salm - Dick CV
MIÚDA.**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof^o. Dr^o. Jorge Luiz Xavier Lins Cunha

Coorientador: Prof^o. Dr^o. Renan Cantalice de Souza

Rio Largo - AL

2020

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Agrárias
Bibliotecário Responsável: Erisson Rodrigues de Santana

R969n Rodrigues, Gerlan do Nascimento.
Nutrição mineral e seletividade de herbicida na cultura da palma forrageira (*NOPALEA COCHENILLIFERA*) (L.) Salm – Dick CV miúda. / Gerlan do Nascimento Rodrigues. – 2020.

90f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Luiz Xavier Lins Cunha.
Coorientador: Prof. Dr. Renan Cantalice de Souza.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal.) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas. Rio Largo, 2020.

Inclui Bibliografia.

1. Nopalea cochelinifera. 2. manejo da palma forrageira. 3. Adubação. 4. Herbicidas. I. Título

CDU: 632.954

DEDICO

A **Deus**, *pelo dom da vida e clareza das coisas*. Aos meus pais **Josinaldo Teixeira Rodrigues** e **Gilvânia Marinho do Nascimento**, pelo exemplo de honestidade, dedicação, apoio e incentivo em todas as etapas de minha vida. À minha namorada e companheira **Gilvanete**, pelo incentivo e companheirismo.

Para aquele com quem aprendi muito, pela amizade, experiência transmitida e pela oportunidade de fazer parte de sua história de muitas realizações.

Prof. Dr. **Jorge Luiz Xavier Lins Cunha**

HOMENAGEM

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo dom da vida e pela oportunidade de viver mais uma etapa sob sua proteção.

Ao meu orientador Prof. Dr. Jorge Luiz Xavier Lins Cunha, por me receber de braços abertos e pela paciência, dedicação e ensinamentos durante todo esse tempo de trabalho.

Ao meu coorientador Prof. Dr. Renan Cantalice de Souza pelos ensinamentos durante toda essa jornada.

Ao colega Lucas Alceu Rodrigues de Lima, por toda ajuda concedida durante o desenvolvimento dos trabalhos.

Ao colega Samuel Silva de Lima, pela sua ajuda e contribuição no decorrer dos trabalhos.

Ao colega Marcelo Augusto, pela ajuda e contribuição no desenvolvimento dos trabalhos.

A todos alunos do laboratório de Tecnologia de Produção que me ajudaram no experimento e deram sua contribuição.

Agradeço ao Centro de Ciências agrárias – UFAL, em especial ao programa de produção Vegetal e todos que o compõem pela oportunidade do aperfeiçoamento profissional.

RESUMO GERAL

O objetivo do presente trabalho foi avaliar tipos de formulação utilizando nitrogênio, fósforo e potássio (NPK) e a seletividade de herbicidas no cultivo da palma forrageira (*Nopalea cochenillifera*) (L.) Salm – Dick cv miúda e avaliar a seletividade de herbicidas. Para isso foram realizados dois experimentos separados na mesma área experimental um ao lado do outro no Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da UFAL. Antes disso, foi realizada análise de solo para fins de recomendação de adubação e calagem. O preparo do solo foi realizado de forma mecanizada com uma aração e uma gradagem e os sulcos foram abertos de forma manual. As linhas de plantio foram compostas por 10 plantas espaçadas de 1,20 x 0,20 m entre linhas e plantas respectivamente totalizando uma densidade de 41.666 plantas por hectare. As parcelas experimentais foram compostas por 3 fileiras de plantas, sendo a área útil representada pela fileira central. No primeiro experimento utilizou-se o delineamento em blocos casualizados com 8 tratamentos representados pelos tipos de formulação (00-00-00), (40-00-00), (40-00-120), (00-00-120), (00-200-00), (40-200-00), (00-200-120), (40-200-120) e 4 blocos totalizando 32 parcelas experimentais. Foram avaliadas variáveis biométricas, fisiológicas e de produção. No segundo experimento, utilizou-se o delineamento em blocos casualizados com 5 tratamentos Oxyfluorfen (1.240 g.i.a./ha), Sulfentrazone (600 g.i.a./ha), Ametrina (4.000 g.i.a./ha) e Hexazinone (375 g.i.a./ha) + testemunha (sem herbicida). As variáveis analisadas foram (rendimento potencial do fotossistema II (Fv/Fm), injurias causadas pelas herbicidas, capacidade de controle das plantas daninhas pelos herbicidas e produtividade de massa verde e seca da parte aérea da palma forrageira. No primeiro experimento todas variáveis analisadas foram influenciadas pelos tipos de formulação, os tratamentos que receberam fósforo, independente de conter N ou K, foram superiores aos que não receberam. O uso de P na adubação proporcionou um incremento de 174% no número de cladódios por plantas e por hectare, 74% e 225% na altura e larguras das plantas nessa ordem, 365,38% no IAC, 265,76% na produtividade de massa verde e 228,78% na produtividade de massa seca. O uso de P na adubação ainda proporcionou um incremento no acúmulo de N na massa seca da parte aérea da palma miúda de 37,8%. No segundo experimento a variável (Fv/Fm) não foi influenciada pelos herbicidas e as plantas apresentaram valores dentro da faixa considerado normal, ou seja, não houve danos fotoinibitórios. As plantas tratadas não apresentaram injúrias independente da época de avaliação, apenas as que receberam aplicação de oxyfluorfen a partir do quarto dia após a aplicação, mas com o tempo se recuperaram. Os herbicidas ametrina e oxyfluorfen foram eficientes no controle das plantas daninhas até 45 dias após a aplicação (DAA), hexazinone apresentou controle moderado até os 45 DAA, já sulfentrazone não foi eficiente no controle das plantas daninhas que emergiram na área durante o período de avaliação. As plantas tratadas com herbicidas, também não apresentaram redução da produtividade média. Diante do exposto fica evidente que a palma forrageira (*N. cochenillifera*) cv miúda responde positivamente a adubação fosfatada e não responde a adubação nitrogenada e potássica de forma isolada ou consorciadas quando o fósforo é fator limitante no solo, e também é possível concluir que os herbicidas sulfentrazone, ametrina e hexazinone são seletivos para a palma forrageira miúda, já oxyfluorfen é seletivo apenas quando aplicado de forma dirigida nas entrelinhas da cultura ou quando as plantas de palma forrageira estão em repouso vegetativo.

Palavras-chave: *Nopalea cochenillifera*; manejo da palma forrageira; adubação; herbicidas

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the types of use of nitrogen, phosphorus and potassium (NPK) and the selectivity of herbicides in the cultivation of forage palm (*Nopalea cochenillifera*) (L.) small Salm - Dick cv and to evaluate the selectivity of herbicides. For this, two separate experiments were carried out in the same experimental area next to each other at the UFAL Campus of Engineering and Agricultural Sciences. Before that, soil analysis was carried out for the purpose of recommending fertilization and liming. The soil preparation was carried out mechanically with plowing and harrowing and the furrows were opened manually. The planting lines were composed of 10 plants spaced 1.20 x 0.20 m between rows and plants respectively, totaling a density of 41,666 plants per hectare. The experimental plots were composed of 3 rows of plants, the useful area being represented by the central row. The first experiment used a randomized block design with 8 treatments represented by the types of formulation (00-00-00), (40-00-00), (40-00-120), (00-00-120), (00-200-00), (40-200-00), (00-200-120), (40-200-120) and 4 blocks totaling 32 experimental plots. Biometric, physiological and production variables were evaluated. In the second experiment, a randomized block design with 5 treatments Oxyfluorfen (1,240 g.i.a/ha), Sulfentrazone (600 g.i.a/ha), Ametrina (4,000 g.i.a/ha) and Hexazinone (375 g.i.a / ha) + control (without herbicide). The variables analyzed were (potential yield of photosystem II (Fv/Fm), injuries caused by herbicides, ability to control weeds by herbicides and productivity of green and dry mass of aerial part of forage palm. In the first experiment, all variables analyzed were influenced by the types of formulation, the treatments that received phosphorus, regardless of containing N or K, were superior to those that did not receive. The use of P in fertilization provided an increase of 174% in the number of cladodes per plant and per hectare, 74% and 225% in the height and width of the plants in that order, 365.38% in the IAC, 265.76% in the productivity of green mass and 228.78% in dry mass productivity. The use of P in fertilization also provided an increase in the accumulation of N in the dry mass of the aerial part of the small palm of 37.8%. In the second experiment, the variable (Fv/Fm) was not influenced by the herbicides and the plants showed values within the range considered normal, that is, there was no photoinhibitory damage. The treated plants did not present injuries regardless of the evaluation period, only those that received oxyfluorfen application from the fourth day after application, but over time they recovered. The herbicides ametrine and oxyfluorfen were efficient in controlling weeds up to 45 days after application (DAA), hexazinone showed moderate control until 45 DAA, sulfentrazone was not efficient in controlling weeds that emerged in the area during the evaluation period. Plants treated with herbicides also did not show a reduction in average productivity. In view of the above, it is evident that the small forage palm (*N. cochenillifera*) cv responds positively to phosphate fertilization and does not respond to nitrogen and potassium fertilization in isolation or intercropped when phosphorus is a limiting factor in the soil, and it is also possible to conclude that the herbicides sulfentrazone, ametrine and hexazinone are selective for the small forage palm, whereas oxyfluorfen is selective only when applied in a directed way between the lines of the crop or when the plants of the forage palm are in vegetative rest.

Key words: *Nopalea cochenillifera*; management of forage palm; fertilization; herbicides

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPITULO I - Avaliação de adubação com NPK sobre a produtividade e o desenvolvimento da palma forrageira (*Nopalea cochenillifera*) (L.) Salm – Dick cv miúda.

Figura 1 - Precipitação e temperatura média no período de condução do experimento.....	39
Figura 2 - Distribuição dos fertilizantes nas parcelas experimentais. Sulco contendo adubo (A); Aplicação do adubo de forma manual (B).....	42
Figura 3 - Avaliação biométrica da altura e largura das plantas de palma forrageira (<i>N. cochenillifera</i>) cv miúda.....	42
Figura 4 - Amostras de cladódios de palma miúda. Palma picotada (A), Estufa com amostras (B), Moinho de facas (C).....	44
Figura 5 - Processo de colheita da palma forrageira (<i>N. cochenillifera</i>) cv miúda. Arranque manual dos cladódios (A), Cladódios mãe após a colheita (B), Pesagem dos cladódios no campo (C).....	45
Figura 6 - Efeito das formulações sobre o número de cladódios/planta e número de cladódios/hectare da palma forrageira (<i>N. cochenillifera</i>) cv miúda.....	46
Figura 7 - Índice de área de cladódio (IAC) da palma forrageira (<i>N. cochenillifera</i>) cv miúda submetida à formulações com NPK.....	51
Figura 8 - Número de cladódios por planta na rebrota da palma miúda aos 60 dias após a colheita.....	53
Figura 9 - Rebrota de plantas de palma miúda com 60 dias após a colheita, Com P (A); sem P (B)	53
Figura 10 - Produtividade de massa verde (MV) da palma forrageira (<i>N. cochenillifera</i>) cv miúda submetida a diferentes formulações com NPK.....	60
Figura 11 - Produtividade de massa seca (MS) da palma forrageira (<i>N. cochenillifera</i>) cv miúda submetida a diferentes formulações com NPK.....	62

CAPITULO II - Seletividade de herbicida no cultivo da palma forrageira (*Nopalea cochenillifera*) (L.) Salm – Dick cv miúda

Figura 1 - Avaliação do rendimento quântico potencial do fotossistema II (Fv/Fm). Leitura com fluorômetro (A). Pinças fixadas nos diferentes cladódios (B).....	74
---	----

Figura 2 - Cladódios da palma miúda com injúrias provocadas por oxyfluorfen. Cladódios mais velhos com baixa penetração do produto (A), Cladódios jovens, recém brotados, com níveis elevados de injúrias devido a maior penetração do produto (B, C).....78

LISTA DE TABELAS

CAPITULO I - Avaliação de adubação com NPK sobre a produtividade e o desenvolvimento da palma forrageira (*Nopalea cochenillifera*) (L.) Salm – Dick cv miúda.

Tabela 1 - Resultado da análise do solo da área experimental na profundidade de 0 a 20 cm.....	40
Tabela 2 - Altura e largura médias de plantas com 412 dias após o plantio (DAP), adubadas com diferentes formulações contendo NPK.....	49
Tabela 3 - Teores de macronutrientes na matéria seca da parte aérea da palma forrageira (<i>N. cochenillifera</i>) cv miúda submetida à diferentes formulações.....	54

CAPITULO II - Seletividade de herbicida no cultivo da palma forrageira (*Nopalea cochenillifera*) (L.) Salm – Dick cv miúda.

Tabela 1 - Produto comercial, princípio ativo, mecanismo de ação e doses dos herbicidas utilizados no experimento.....	73
Tabela 2 - Escala de nota para avaliação de fitotoxicidade E.R.W.C. (European Research Weed Council).....	74
Tabela 3 - Rendimento quântico potencial do fotossistema II (Fv/Fm), da palma forrageira (<i>N. cochenillifera</i>) cv miúda submetida a aplicação de diferentes herbicidas.....	76
Tabela 4 - Nível de danos na palma forrageira miúda (<i>N. cochenillifera</i>), após aplicação de herbicidas em diferentes períodos de avaliação. Dados médios referentes a notas, variando de 1 (ausência de injúrias) a 9 (perda total).....	78
Tabela 5 - Valores médios de controle de plantas daninhas aos 30, 45 e 90 dias após a aplicação (DAA).....	81
Tabela 6 - Porcentagem de controle das principais plantas daninhas aos 27 dias após a aplicação dos herbicidas com base no tratamento testemunha.....	82
Tabela 7 - Produtividade de massa verde (MV) e massa seca (MS) da palma miúda submetida a aplicação de diferentes herbicidas.....	84

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	13
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1 Origem da palma forrageira e introdução no Brasil.....	14
2.2 Classificação botânica, características morfofisiológicas e cultivares da palma forrageira.....	14
2.3 A importância da palma forrageira.....	16
2.4 Nutrição mineral da palma forrageira.....	17
2.5 Nitrogênio.....	18
2.6 Fósforo	20
2.7 Potássio.....	21
2.8 Cálcio.....	22
2.9 Magnésio.....	23
2.10 Seletividade de herbicidas.....	24
3. REFERENCIAS.....	28

CAPITULO I - Avaliação de adubação com NPK sobre a produtividade e o desenvolvimento da palma forrageira (*Nopalea cochenillifera*) (L.) Salm – Dick cv miúda.

1. INTRODUÇÃO.....	38
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	39
2.1 Local dos experimentos e variáveis meteorológicas.....	39
2.2 Amostragem e preparo do solo para plantio.....	40
2.3 Plantio da área experimental.....	40
2.4 Instalação do experimento.....	41
2.5 Avaliação do experimento e variáveis analisadas.....	42
2.5.1 Variáveis biométricas.....	42
2.5.2 Teor de macronutriente.....	44
2.5.3 Colheita e variáveis de produção.....	44
2.6 Análise estatística.....	45
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
3.1 Número de cladódios por planta e por hectare.....	46
3.2 Altura e largura de planta.....	48
3.3 Índice de área de cladódios.....	50

3.4 Capacidade de rebrota.....	52
3.5 Teores de N, P, K, Ca e Mg na massa seca da parte aérea da palma forrageira cv miúda.....	54
3.5.1 Teor de nitrogênio.....	54
3.5.2 Teor de fósforo.....	56
3.5.3 Teor de potássio.....	57
3.5.4 Teor de cálcio.....	58
3.5.5 Teor de Mg.....	59
3.6 Produtividade de massa verde (MV) da parte aérea da palma forrageira cv miúda.....	60
3.7 Produtividade de massa seca (MS) da parte aérea da palma forrageira cv miúda	61
4. CONCLUSÕES.....	64
5. REFERENCIAS.....	65

CAPITULO II - Seletividade de herbicida no cultivo da palma forrageira (*Nopalea cochenillifera*) (L.) Salm – Dick cv miúda.

1. INTRODUÇÃO.....	71
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	72
2.1 Local do experimento e variáveis meteorológicas.....	72
2.2 Instalação do experimento.....	72
2.3 Variáveis analisadas.....	73
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	75
3.1 Rendimento quântico potencial da atividade fotoquímica do fotossistema II (Fv/Fm).....	75
3.2 Níveis de injúrias na palma miúda.....	77
3.3 Eficiência dos herbicidas no controle das plantas daninhas.....	81
3.4 – Efeitos dos herbicidas sobre a produtividade de massa natural e massa seca da parte aérea da palma miúda.....	83
4. CONCLUSÕES.....	86
5. REFERENCIAS.....	87

1. INTRODUÇÃO GERAL

As regiões de condições semiáridas são caracterizadas por apresentar restrições hídricas, com chuvas irregulares e altas temperaturas, o que afeta diretamente a disponibilidade de alimentos para a produção animal. O cultivo de espécies forrageiras que melhor adaptam-se a estas condições é essencial para evitar perdas produtivas e financeiras em sistemas de produção de ruminantes e neste sentido, a palma forrageira aparece como importante opção como fonte de alimentos por apresentar características de adaptação ao clima semiárido associada a boa produtividade e alta palatabilidade (MARQUES et al., 2017; ALMEIDA, 2012).

A palma é uma planta originária do México, mas é plantada mundialmente. No Brasil é distribuída principalmente na região Nordeste onde é considerada uma das principais fontes de forragem para os ruminantes (ALMEIDA, 2012). No Nordeste são plantadas diversas cultivares de palma com destaque para Gigante, Redonda, clone IPA-20 (*Opuntia ficus-indica* Mill.) e miúda (*Nopalea cochenilifera* salm Dick). No estado de Alagoas a cultivar miúda ou doce como também é chamada, se destaca (LOPES, 2012).

Na literatura há vários relatos que a palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill.) e (*Nopalea cochenilifera* salm Dick), apresenta altas produtividade de biomassa seca, podendo chegar até 25 t ha⁻¹ dois anos. Portanto, espera-se que esta cultura apresente grande demanda de nutrientes do solo (MOREIRA, et al., 2019). No entanto, existem poucos estudos sobre reposição de nutrientes no solo e adubação mineral para a palma forrageira que traga resultados conclusivos.

Por outro lado, Santos et al. (2006), relatam que a palma responde igualmente a outras plantas cultivadas aos tratamentos culturais. Com isso o controle de plantas daninhas, quando bem manejado na cultura da palma forrageira, reflete em ganhos significativos. Contudo, por não existir produtos registrados para esta cultura e poucos estudos científicos a este respeito, o controle de plantas daninhas é feito primordialmente com roço manual. De acordo com Sampaio (2005), a palma forrageira apresenta a maioria de suas raízes nos primeiros 30 cm do solo, sendo necessário um manejo cuidadoso na capina para evitar danos ao sistema radicular. Diante disso o uso de herbicidas é uma alternativa que pode refletir em ganhos para o produtor, mas necessita-se de estudos que possam servir de base para que empresas deste ramo se interessem e venham a registrar produtos para esta cultura.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivos avaliar tipos de formulação com NPK sobre o desenvolvimento e a produtividade da palma forrageira (*N. cochenillifera*) cv

miúda, a seletividade de herbicidas e a eficiência destes produtos no controle das plantas daninhas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Origem da palma forrageira e introdução no Brasil

A palma forrageira é originária do México, mas possui ampla distribuição geográfica, encontra-se dispersa em todos os continentes, exceto nas regiões polares (GAVA; LOPES, 2012). Sabe-se que desde o ano de 1520, as *Opuntias* mexicanas foram levadas para a Europa, de onde se dispersaram a partir do Mediterrâneo para a África, Ásia e Oceania (HOFFMENN, 2001).

Desde o período pré-hispânico a palma forrageira é utilizada pelo homem no México, onde assumia um lugar de importância na economia agrícola do Império Asteca, juntamente com as culturas do milho (*Zea mays*) e agave (*Agave*. spp), que são consideradas as espécies vegetais mais antigas cultivadas no território mexicano (INGLESE, 2001; GONZÁLEZ, 2001).

Sobre a introdução da palma no Brasil, há muitas controvérsias, acredita-se que tenha ocorrido no final do século XVIII (SIMÕES et al., 2005). Há relatos que a mesma foi cultivada primeiramente na cidade do Rio de Janeiro, pelo frei José Mariano da Conceição Veloso, que reunia informações sobre técnicas de cultivo e manejo sobre a planta para a produção do carmim, pelo inseto *Dactylopius coccus*, vindo a ser explorada como forragem somente por volta de 1915, sendo disseminada por ordem do governo, após a seca de 1932. (PESSOA, 1967; ARAÚJO FILHO, 2000).

Atualmente, o Brasil é o país com maior cultivo da palma forrageira do mundo, com área estimada em 600 mil há, sendo a maior parte na região Nordeste, principalmente nos estados de Pernambuco, Paraíba, Bahia, Ceará e Alagoas. (SILVA, 2012).

2.2 Classificação botânica, características morfofisiológicas e cultivares da palma forrageira

A palma forrageira pertence à família das Cactáceas, divisão: Embryophyta, subdivisão: Angiospermea, classe: Dicotyledoneae, subclasse: Archiclamiidae e ordem: Opuntiales. Nessa família, existem 178 gêneros com cerca de 2.000 espécies conhecidas, entretanto dois deles *Opuntia* e *Nopalea* são os mais utilizados como forrageira. (ANOOP; RANA; PREETHAM, 2012).

A palma possui estrutura anatômica com folhas em forma de espinhos endurecidos e pontiagudos (rudimentares), o caule é do tipo cladódio (conhecido chamado de raquete) que se caracteriza pelo aspecto volumoso, verdes e achatados, podendo ser classificados em ordens, como de primeira, segunda, terceira e assim sucessivamente de acordo com a sua disposição sobre o crescimento (VIDAL; VIDAL 2003).

A *Nopalea cochenillifera* (L.) Salm Dyck cv miúda ou doce apresenta cladódios em torno de 25 cm de comprimento com formato abovado (base mais fina que a ponta) e coloração verde intenso brilhante, o caule apresenta grande ramificação e de pequeno porte, as flores são vermelhas e durante o ciclo a corola permanece semiaberta, o fruto tem formato de baga e com cor roxa (SILVA; SANTOS et al., 2006).

A palma forrageira é uma planta que apresenta o metabolismo ácido das crassuláceas (MAC), pois apresenta o metabolismo ácido das crassuláceas como mecanismo de concentração de CO₂, onde a abertura estomática e a captação de dióxido de carbono ocorrem durante o período noturno, favorecendo a menor perda de água pela planta (SOUZA, 2018). Além disso, a palma forrageira possui uma camada de cera que recobre os tecidos. Essa cera é um polímero complexo resultante da interação de ácidos graxos de cadeias longas, alcanos e álcoois alifáticos em presença de O₂ e está localizada externamente a cutícula (MARQUES et al., 2017). Apresenta cutícula espessa e impermeável que lhe garante manutenção no equilíbrio hídrico, possibilitando uma maior retenção de água no interior das células, além de servir como proteção contra o ataque de algumas pragas e de microrganismos (INGLESE, 2017).

Essas características são importantes pois permite que a palma forrageira tenha maior eficiência no uso da água (kg de água/kg de matéria seca), chegando a ser superior a 5 e 8 vezes quando comparada às plantas de metabolismo C₄ e C₃, quando estão sob condições de estresse hídrico (FILHO, 2018).

No Nordeste são cultivadas, principalmente, duas espécies de palma *Opuntia ficus indica* Mill, com as cultivares gigante e redonda, clone IPA-20 e a *Nopalea cochenillifera* Salm - Dyck, cuja cultivar é a palma miúda ou doce, no estado de Alagoas a cultivar Miúda é plantada em larga escala (LOPES, et al. 2012). Essas cultivares contribuem significativamente para a alimentação animal nos períodos de escassez hídrica e são consideradas como um excelente alimento energético, uma vez que possuem 70 a 75% de Nutrientes Digestíveis Totais (NDT) (SANTOS, et al. 2005).

A cultivar Gigante, dentre todas, é a mais cultivada e apresenta maior rusticidade, tolerância a secas intensas e a infestações da cochonilha de escamas (*Diaspis echinocacti Bouché*) (SANTOS, 2010). A cultivar miúda apresenta maior resistência à cochonilha do

carmim (*Dactylopius opuntiae Cockerell*), principal praga da cultura (VASCONCELOS et al. 2009) e maior produção de massa seca (MS) comparada as cultivares Gigante e Redonda, além de ser mais palatável para o animal, como desvantagem apresenta menor produção de matéria verde, menor eficiência no uso da água e é mais exigente em fertilidade do solo (CARVALHO FILHO et al. 2002; SANTOS et al. 2006). Já a cultivar Redonda é sensível à cochonilha de escamas e apresenta hábito de crescimento mais horizontal comparado a Gigante e Miúda, que possuem crescimento vertical (CARVALHO FILHO et al. 2002) o que dificulta o consórcio com outras culturas e, por isso tem sido preterida em relação ao plantio de outras cultivares (ROCHA, 2012).

2.3 A importância da palma forrageira

A palma forrageira tem grande importância nas alimentações humana e animal, é utilizada nas áreas médicas, na indústria de cosméticos e na produção de aditivos naturais, representando uma alternativa de renda para as populações de regiões áridas e semiáridas em diferentes partes do mundo (SÁENZ, 2000; SÁENZ et al. 2004). Pode ser considerada como uma alternativa eficaz para combater a fome e a desnutrição no semiárido nordestino por ser rica em vitaminas A, do complexo B e C, minerais, como cálcio, magnésio, sódio e potássio, e 17 tipos de aminoácidos (SILVA, 2017). Contudo, no Brasil, seu uso é voltado, quase que exclusivamente, para a alimentação animal, devido a características agrônômicas peculiares que ela apresenta. (SILVA, 2017).

A região Nordeste apresenta limitações edafoclimáticas, com chuvas irregulares, baixa precipitações e altas temperaturas, além de elevada evapotranspiração, com isso, o cultivo de plantas forrageiras que se adapte bem a estas condições é essencial para a manutenção da atividade pecuária (MORAIS RODRIGUES, et al. 2019).

Nesse cenário, a palma forrageira aparece como importante opção como fonte de alimentos, pois, possui características que lhe permite uma boa adaptabilidade as condições do Nordeste, sendo importante no desenvolvimento da pecuária brasileira, que é um dos setores que mais contribui para a renda do país, tendo como a principal limitação a falta de alimentos no período de escassez hídrica (SANTIAGO et al. 2018).

Na região Nordeste do Brasil, a palma forrageira é a cactácea com maior potencial de exploração constituindo-se em um importante recurso forrageiro nos períodos de estiagens, devido ao seu elevado potencial de produção de fitomassa nas condições ambientais do semiárido (RAMOS et al. 2011). Dessa forma, contribui para a subsistência da pecuária, pois

apresenta grande relevância na alimentação dos principais rebanhos como fonte de água (90%), energia e minerais (ALMEIDA et al. 2012).

Essa cactácea se destaca como alimento volumoso succulento, com alta palatabilidade e elevado coeficiente de digestibilidade da matéria seca muito importante para os rebanhos (MORAIS; VASCONCELOS, 2007). Dessa forma, a cultura é dotada de grande potencial, capaz de contribuir para a viabilidade econômica das pequenas, médias grandes propriedades, notadamente para a alimentação dos rebanhos (GALINDO et al. 2005).

2.4 Nutrição mineral da palma forrageira

A palma forrageira, independente da cultivar, é uma planta que responde bem à adubação, logo essa prática é fundamental para aumentar a produtividade dessa cultura devido às limitações de fertilidade natural dos solos da região semiárida (SILVA, 2017). Vários trabalhos evidenciam que a adubação, química e orgânica, proporcionam incrementos na área foliar e de matéria seca refletindo no crescimento da planta, e conseqüentemente na produtividade (DONATO, 2011). Almeida (2011), evidencia, ainda, que os ganhos são mais significativos quando se utiliza o sistema de plantio adensado, que já é uma realidade nos dias atuais.

A adubação da palma forrageira pode ser realizada de forma química com uso de macronutrientes NPK, devendo neste caso, seguir as recomendações da análise do solo, ou orgânica aplicando-se esterco de caprinos ou bovinos no momento do plantio (SANTOS et al. 2006). Ainda, de acordo com os autores, a quantidade de esterco a ser aplicada deve variar dependendo da fertilidade do solo e densidade de plantio, podendo-se utilizar 10-30 t ha⁻¹ dois anos. Contudo é importante salientar que deve-se ter cautela ao utilizar adubação orgânica pois seu excesso pode provocar apodrecimento dos cladódios recém plantados.

Lopes et al. (2007), citam que a palma forrageira é uma planta exigente em solos férteis para obtenção de elevados rendimentos, principalmente quando se utiliza sistema de cultivo adensado, onde a competição por nutrientes é maior.

Devido a sua alta capacidade produtiva, a palma forrageira é capaz de retirar grandes quantidades de nutrientes do solo, fato este observado nos resultados de algumas pesquisas. Silva, et al. (2010), obtiveram extração média de 240,1; 35,3; 714,5 e 547,3 kg ha⁻¹ de N, P, K e Ca, para uma produtividade média de 18,2 t ha⁻¹ de matéria seca. Santos, et al. (2002), encontraram extração de 90; 16; 258 e 235 kg ha⁻¹ de N, P, K e Ca respectivamente, para cada 10 t ha⁻¹ de matéria seca, na palma forrageira. Já Dubeux Júnior et al. (2010), observaram

extração de cerca de 360 kg de N, 64 kg de P, 1.032 kg de K e 940 kg de Ca por hectare, a cada dois anos, sem considerar os outros macros e micronutrientes, considerando uma produtividade de 40 t ha⁻¹.

Sampaio (2005), enfatiza que a palma prefere solos com elevado teor de cálcio e magnésio com pH próximo a 7, e apresenta altos teores desses micronutrientes na MS podendo chegar a 5% e 2% para Ca e Mg respectivamente. Dentre os macronutrientes, o K e Ca, são os extraídos em maior quantidade, havendo uma alternância de preferência nos trabalhos encontrados na literatura em relação a esses dois macronutrientes. Contudo, Silva Neto et al. (2008), afirmaram que a composição química da palma forrageira é afetada pela adubação.

Em relação aos os micronutrientes, Sampaio (2005) cita que o boro exerce papel fundamental no crescimento da palma forrageira. Para Franco-Salazar e Véliz (2007), a palma não tolera solos sódicos nem salinos, pois altos teores de Na²⁺ prejudicam o crescimento radicular da palma forrageira.

O evidente ganho produtivo da palma forrageira quando submetidos a adubação, seja ela orgânica ou química, é indiscutível, contudo, para que os produtores se beneficiem é necessário que estes conhecimentos cheguem até eles. Souza et al. (2019), ao avaliar a Caracterização técnico-produtiva do sistema de cultivo de palma forrageira no Cariri paraibano, constataram que 100% dos produtores entrevistados não realizam análise de solo antes da implantação dos palméis e também não utilizam adubação química. Já Ramos et al. (2014), observaram que 97,6% dos produtores rurais que cultivam palma forrageira em Soledade-PB utilizam adubação orgânica através do esterco e que na maioria das vezes este esterco é da própria unidade produtiva.

Diante disso, o crescimento e desenvolvimento da cultura pode ser afetado pela falta ou excesso de nutrientes adicionados ao solo. De acordo com Souza (2015), em áreas de alta produtividade a adubação orgânica, não supri as necessidades nutricionais da palma e muitas vezes o produtor não tem disponibilidade de MO suficiente para adubar toda sua lavoura. Além disso os teores de nutricionais no esterco são mínimos com destaque para o P que é inferior a 1%. Em ambientes com elevada escassez hídrica, a mineralização da matéria orgânica torna-se ainda mais limitada resultando em menor ganho de produtividade (CASSOL et al. 2001).

2.5 Nitrogênio

O nitrogênio é um macro elemento essencial, pois faz parte de uma série de compostos indispensáveis para o desenvolvimento das plantas, dentre eles tem-se as moléculas de clorofila,

as bases nitrogenadas dos nucleotídeos, aminoácidos e proteínas (dentre as quais a enzima ribulose 1,5-bifosfato carboxilase oxigenase – Rubisco, e a Fosfoenolpiruvato carboxilase – PEPCase) exercem papel de extrema importância pois atuam na fixação de carbono, que está diretamente relacionado a incorporação de biomassa seca nas plantas (VIEIRA, et al. 2010).

Contudo, para participar da síntese destas substâncias, o nitrogênio deve ser absorvido da rizosfera, onde deve estar disponibilizado normalmente na forma amoniacal (NH_4^+) ou nítrica (NO_3^-) (TAIZ ; ZEIGER, 2013). Uma vez absorvido, as plantas assimilam nas raízes todo o amônio (NH_4^+) e até 95 % do nitrato (NO_3^-), e o restante será assimilado na parte aérea da planta (OAKS; HIREL, 1985; ANGHINONI, 1986).

O aproveitamento do nitrogênio presente no solo, proveniente das adubações, é dependente do processo de nitrificação por ação de bactérias (*nitrossomonas e nitrobacter*) formando nitrato (NO_3^-). No solo, o encontro dos íons nitrato (NO_3^-) com as raízes da planta ocorre pelo processo de fluxo em massa, no qual o contato se dá quando o elemento é carregado de um local de maior potencial de água para um de menor potencial de água próximo da raiz (EPSTEIN, 1972). O NO_3^- por ser mais eletronegativo é repellido pelas cargas negativas do solo e por isso tende a se manter solúvel. A sua absorção pela planta ocorre de forma ativa envolvendo investimento de energia metabólica (ATP), devido a isso, espera-se que esse processo tenha relação direta com outros nutrientes, principalmente P que é principal elemento envolvida da síntese de ATP pelas plantas (KLEINHOFES; WARNER, 1990).

Prado (2008), relata que a disponibilidade de nutrientes para as plantas é afetada por diversas reações de natureza física, química e biológica, e apesar do processo de absorção de nutrientes ser específico e seletivo, existe certa competição entre eles, podendo ser sinérgica ou antagônica.

De acordo com Silva e Trevizam (2014), o nitrogênio exerce interações iônicas com diversos elementos, com destaque para o fósforo (P). Shuman (1994), menciona que o fósforo (P) e o nitrogênio (N) interagem de forma sinérgica, pois, em doses adequadas, o efeito conjunto na produção vegetal é melhor do que quando aplicados separadamente.

Na literatura vários autores citam a importância do nitrogênio para a cultura da palma forrageira. Cunha et al. (2012), relatam que o nitrogênio é um nutriente que induz a divisão celular e a emissão de novos cladódios na palma forrageira, os autores obtiveram aumento no número de cladódios por planta ao avaliar doses de adubação nitrogenada na cultura. MARSCHNER (2012), enfatiza que o alto suprimento deste elemento promove o crescimento e o aumento na área foliar das plantas.

No entanto, mesmo sendo um elemento de extrema importância, o nitrogênio está longe de ser o macronutriente mais absorvido na palma forrageira. Quintanar et al. (2006), relatam que Cálcio e Potássio são os nutrientes mais importantes ou mais extraídos pela cultura (cerca de 4 vezes mais que nitrogênio), não sendo o N, desta forma, o nutriente mais limitante quantitativamente para *Opuntia ficus indica*. Contudo, em plantas MAC (Metabolismo Ácido das Crassuláceas) a demanda por nitrogênio parecer ser maior que C3 e C4, pois quando estão em condições ambientais favoráveis, a assimilação de CO₂ pode ocorrer tanto a noite como uma pequena parte do dia aumentando a utilização das enzimas PEPcase e Rubisco (NOBEL; BARRERA, 2002).

2.6 Fósforo

O fósforo (P) é um dos macronutrientes menos exigidos quantitativamente pelas plantas, mas trata-se do nutriente mais usado em adubação no Brasil, pois nas regiões tropicais e subtropicais, é um elemento cuja falta no solo mais limita a produção (FAQUIM, 2005). Esta limitação na produção está correlacionada com carência generalizada de P nos solos brasileiros, além disso o elemento apresenta forte interação com o solo (fixação), o que reduz a eficiência da adubação fosfatada (BIELESKI; FERGUSON, 1983).

Nos solos intemperizados, como os Latossolos, presente na maior parte da região Nordeste, é mais comum as formas inorgânicas (Pi) ligadas à fração mineral com alta energia e as formas orgânicas estabilizadas física e quimicamente, resultando em baixos teores de P na solução do solo e, conseqüentemente, limitando a produção agrícola (NOVAIS; SMYTH, 1999; RHEINHEIMER et al. 2008).

A absorção de P pela planta pode sofrer interferência de relações iônicas, além das interações sinérgicas com N, o fósforo tem sua absorção potencializada quando está na presença Mg na solução do solo, pois tratar-se de um carregador de P, como resultado da participação do Mg na ativação de ATPases da membrana responsáveis pela absorção iônica (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997; MALAVOLTA, 2006).

Na planta o fósforo faz parte de importantes compostos, incluindo açúcares-fosfato (glicose 6P, Frutose 6P, etc), fosfolípidios de membranas, nucleotídeos usados como fonte de energia (ATP) e ácidos nucléicos (TAIZ; ZEIGER, 2013), sendo indispensáveis para a manutenção e desenvolvimento das células vegetais.

Em relação a palma forrageira, alguns trabalhos trazem conclusões a respeito da utilização do P, sendo alguns deles ainda divergentes. Souza (2015), encontrou aumento na concentração de fósforo em cladódios da palma forrageira submetida a adubação orgânica,

indicando que a palma responde positivamente ao aumento da concentração deste elemento no solo. Já Dubeux Júnior et al. (2010), concluíram que a adubação fosfatada promoveu decréscimo nos teores de nitrogênio, cálcio e magnésio na palma forrageira (*Opuntia ficus indica*) clone IPA-20, e que a produção de massa verde das plantas não foi influenciada pela adição de fósforo, concordando com Silva (2012), o qual relata que a palma forrageira cv ‘Gigante’ tem baixa capacidade de responder a adubação fosfatada, sendo esta resposta possível apenas quando o teor de P no solo estiver inferior a 10 mg.dm^{-3} . Logo, tais resultados fortalecem ainda mais a necessidade da realização de estudos que possam contribuir com a geração de novos conhecimentos a respeito deste macronutriente na cultura da palma forrageira.

2.7 Potássio

O potássio é, depois do fósforo, o nutriente mais consumido como fertilizante pela agricultura brasileira, contudo não se encontra nos solos em teores tão limitantes quanto o de fósforo. No solo, é encontrado de diversas formas, porém é absorvido pelas plantas na forma iônica K^+ (FAO, 2019).

O cátion K^+ interage, na solução do solo, com os íons Ca^{2+} e Mg^{2+} , de modo que teores elevados de Ca^{2+} reduz a absorção do potássio por inibição competitiva, embora baixas concentrações de Ca^{2+} apresenta um efeito sinérgico. O aumento nas concentrações de K^+ e Ca^{2+} no solo frequentemente induzem à deficiência de Mg^{2+} nas plantas (MARSCHNER, 2012). Por outro lado, teores elevados de Mg^{2+} não causam o mesmo efeito sobre o K^+ (FONSECA; MEURER, 1997). Essas relações são importantes, e devem ser levadas em conta para que as adubações sejam realizadas de forma adequada.

Nas plantas, após absorvidos, o potássio desempenha função na fotossíntese, na translocação de fotossintetizados, na abertura e fechamento dos estômatos, na ativação de enzimas e em muitos outros processos (GOMES et al. 2008). Ainda, de acordo com os autores, o requerimento de K para o ótimo crescimento das plantas está aproximadamente entre 2 a 5% na matéria seca.

Quanto a deficiência deste macronutriente, Zancanaro et al. (2015), afirmam que mesmo sem o aparecimento visual do sintoma, há uma redução no crescimento das plantas e à medida que a severidade acomete a cultura, o aparecimento do sintoma se torna mais visível.

A palma forrageira (*Nopalea e Opuntia*) é uma cultura que apresenta altos teores de potássio na matéria seca, possivelmente pelo importante papel que esse macronutriente exerce na regulação estomática, processo mais intensificado em plantas CAM (SILVA, 2012). De acordo com Dubeux Júnior e Santos, (2005), a palma forrageira apresenta elevadas extrações

desse macronutriente com valores de 1.032 kg ha⁻¹ a cada dois anos. Para Donato (2011), a extração é um pouco menor, 922 kg ha⁻¹ o equivalente a 394,5 kg ha⁻¹ de K extraídos para cada 10 t MS ha⁻¹.

Trabalhos como o de Tosto et al. (2007) e Albuquerque et al. (2002), mostram que a palma tem uma alta demanda por potássio, contudo existe uma variação em relação a quantidade total extraída, sendo possível verificar que essa extração depende de outros fatores.

Andrade et al. (2002), relatam que o nutriente extraído em maior quantidade pela palma forrageira é o potássio, contudo Donato et al. (2017), afirmam que o Ca⁺² é o macronutriente requerido em maior quantidade nessa cultura, independente da espécie.

2.8 Cálcio

O Ca é um macronutriente que tem sua origem primária nas rochas ígneas, estando contido em minerais como a dolomita, calcita, feldspatos, cálcicos e anfibólios, que ocorrem também em rochas sedimentares e metamórficas (FAQUIN, 2005). Na prática de adubação esse elemento é adicionado ao solo como forma de corretivo da acidez, não fazendo parte de formulações de adubos (FERNANDES, 2018). Nas diversas culturas sua exigência em quantidade é muito variada, variando, dentro de limites, de cerca de 10 até 200 kg/ha de Ca, sendo mais exigido pelas dicotiledôneas do que pelas monocotiledôneas (HAAG, 1992)

Os teores de Ca nos tecidos foliares também variam amplamente entre diferentes espécies, desde menos de 0,4 até cerca de 4%, para culturas normais. Em *Opuntia ficus indica* Mill os teores de cálcio na massa seca são altos e podem variar de 2,25 a 2,88% (WANDERLEY et al. 2012).

A absorção de cálcio pelas raízes das plantas ocorre na forma catiônica Ca²⁺. Geralmente, a concentração de Ca²⁺ na solução do solo é bem maior que a de K⁺ entretanto, a taxa de absorção de Ca²⁺ é normalmente menor do que aquela observada para o K⁺ (MARSCHNER, 2012). Essa absorção preferencial do íon K⁺ ocorre por este ser monovalente e de menor grau de hidratação quando comparado aos divalentes, no caso o Ca²⁺ (PRADO, 2008).

Na solução do solo, a presença de outros cátions em altas concentrações, tal como o K⁺ e Mg²⁺, diminuem competitivamente a absorção do Ca²⁺, uma vez que, o efeito entre Ca²⁺ e Mg²⁺ são antagônicos (MOORE et al. 1961).

Há vários trabalhos destacando a interação entre K, Ca e Mg. Rosolem et al. (1984), observaram por meio da diagnose foliar, que os teores de Ca nas folhas de sorgo sacarino diminuíram com a aplicação de K, resultando em diminuição da produtividade.

Na planta o cálcio é constituinte da lamela média, desempenha uma função importante na manutenção da integridade celular e permeabilidade membranar, atua como cofactor de algumas das enzimas envolvidas na hidrólise do ATP e fosfolípidos. Ativa algumas das enzimas envolvidas na mitose, na divisão celular, e expansão celular. É também importante na síntese de proteínas e transferência de carboidratos. É um mensageiro secundário na regulação metabólica. Serve ainda como agente desintoxicante na presença de metais pesados (JONES et al. 2013; COSTA, 2014).

A palma forrageira é uma planta altamente exigente em cálcio e responde positivamente a adição deste elemento ao solo com isso é de extrema importância fazer a correção de solo antes da implantação do palmar, para que se tenha ganhos de produtividade na cultura (GALIZZI et al. 2004), contudo Berry e Nobel (1985), afirmaram que os altos níveis de Ca encontrados na parte aérea da *Opuntia ficus-indica* refletem o acúmulo deste mineral na forma de oxalato. Por outro lado, Nefzaoui e Ben Salen (2001), mencionaram que a alta quantidade de oxalatos está relacionada com o efeito laxativo da palma quando fornecida em grande quantidade aos animais podendo afetar negativamente o seu desempenho.

Dubeux Júnior et al. (2010), observaram que o aumento nas doses de K e P promoveram decréscimo no teor de cálcio e acréscimo no teor de enxofre da parte aérea da palma forrageira clone IPA-20, mostrando que existe relação entre esses macronutrientes. Souza (2015), também verificou que o aumento nos teores de K promovem a redução dos teores de Ca em plantas de palma forrageira adubadas com esterco bovino. Por outro lado, Araújo (2009), não observou efeito da aplicação de fósforo, utilizando superfosfato simples, sobre os teores de cálcio na palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*).

2.9 Magnésio

O magnésio (Mg), é um macronutriente que tem sua origem primária em rochas ígneas e os principais minerais que o contêm são a biotita, dolomita, clorita, serpentina e olivina, componentes também de rochas metamórficas e sedimentares. É um elemento exigido em pouca quantidade pelas plantas quando comparado com os outros macronutrientes, variando de 10 a 40 kg/ha, os teores nas folhas das plantas normais variam pouco entre as espécies, estando em geral na faixa de 0,2 a 0,4%. (FAQUIN, 2005; MALAVOLTA, 1989).

Na prática, a adição de Mg^{2+} ao solo ocorrem normalmente via calagem, não sendo utilizado diretamente nas adubações, devido a isto não há muitas informações que tragam respostas de culturas a esse elemento (LOPES; GUILHERME, 2004).

As plantas absorvem o magnésio da solução do solo na forma catiônica (Mg^{2+}), e o transporte para a parte aérea ocorre pelo xilema via corrente transpiratória, basicamente na forma como foi absorvido. Diferente do que ocorre com Ca^{2+} e semelhante ao que ocorre com o K^+ , o magnésio é móvel no floema, devido a isso, as plantas deficientes neste macroelemento apresentam sintomas primeiramente nas folhas mais velhas (FAYAD, 2002; TAIZ; ZEIGER, 2013).

No solo, as relações iônicas entre o magnésio e outros elementos são de extrema importância, visto que altas concentrações de K^+ , Ca^{2+} e NH_4^+ na solução do solo, reduz a absorção de Mg^{2+} por inibição competitiva, podendo levar à deficiência do elemento nas plantas (SILVA; TREVIZAM, 2015).

A função do magnésio nas plantas está relacionada especificamente com a atividade de enzimas fundamentais, incluindo as da biossíntese dos ácidos nucleicos, fotossíntese e respiração. O magnésio tem também um papel estrutural no anel tetrapirrólico da clorofila, sendo importante no processo fotossintético das plantas (JONES et al. 2013). A clorofila necessita de 15 a 20 % do total de magnésio presente na planta. A função da clorofila é otimizar a absorção de luz e transferir energia para os centros de reação da fotossíntese. (STREIT et al. 2005).

Com relação a palma forrageira, são poucos trabalhos na literatura que enfatizam a importância do magnésio para essa cultura, contudo Filho et al. (2010), observaram decréscimo no conteúdo de Mg^{2+} nos cladódios da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*) clone IPA-20 quando submetida a doses crescentes de fósforo. Corroborando com os resultados encontrados por Araújo Filho (2000), que também observou redução no teor de magnésio no clone IPA-20, submetida a adubação fosfatada.

Teles et al (2002), encontraram teor de 0,59% de magnésio na massa seca da palma forrageira, inferior aos encontrados por Germano et al. (1991), de 2,14% e superior ao encontrado por Nobel et al. (1987), de 0,45%.

2.10 Seletividade de herbicidas

A seletividade de herbicidas é a base para o sucesso do controle químico de plantas daninhas na produção agrícola, sendo considerada como uma medida da resposta diferencial de

diversas espécies de plantas a um determinado herbicida (INOUE; OLIVEIRA JR, 2011). O nível diferencial de tolerância das culturas e plantas daninhas a um determinado tratamento, determina o grau de seletividade de um herbicida, e quanto maior a diferença de tolerância entre a cultura e a planta daninha, maior a segurança de aplicação do produto (ROMAN, et al. 2005).

A seletividade de herbicidas também pode ser entendida como sendo a capacidade de um determinado herbicida eliminar plantas daninhas que se encontram no mesmo ambiente da cultura sem causar danos fitotóxicos capazes de reduzir a produtividade e/ou prejudicar a qualidade do produto colhido (VELINI et al. 1992), ou, ainda como a capacidade que uma determinada planta tem de metabolizar rapidamente o composto químico pulverizado, formando compostos não fitotóxicos (SOUZA et al. 2014).

O uso de herbicidas seletivos na agricultura é um fator de extrema importância sob o ponto de vista agrônomo, visto que nada adianta um produto realizar excelente controle das plantas daninhas, mas causar também injúria química na planta cultivada (BIFFE, 2010). Contudo, é importante observar que a seletividade é um fator relativo e não absoluto, pois depende do estágio de desenvolvimento das plantas, das condições climáticas, do tipo de solo, da dose aplicada, do uso correto da tecnologia de aplicação, entre outras coisas. Por isso, é necessário o bom conhecimento técnico dos produtos que serão aplicados (CARVALHO, 2013).

A detecção da seletividade de um herbicida à determinada cultura, é feito, comumente, por meio de avaliações de fitotoxicidade e do rendimento da cultura (GILL; TUTEJA, 2010). Por outro lado, Melhiorança (1999), relata que em alguns casos, certos herbicidas podem reduzir a produtividade das culturas sem causar efeitos visualmente detectáveis de fitotoxicidade e outros podem provocar injúrias tóxicas evidentes na cultura e não causar redução na produtividade, sendo necessário se fazer uma avaliação mais aprofundada.

De acordo com Mesnage et al. (2014), a seletividade de um herbicida é afetada por vários fatores, dentre eles destaca-se os relacionados ao herbicida, à cultura e ao ambiente. Em relação ao herbicida, a dose aplicada é um parâmetro de extrema importância, visto que, deve ser suficiente para exercer controle das plantas daninhas com pouco ou nenhum dano para a cultura (JURSÍK, et al. 2013). Magalhães et al. (2012), verificaram que o sulfentrazone provocou injurias mais severas em mudas de cafeeiro, quando se aumentou as doses desse produto.

A formulação e os ingredientes inertes dos herbicidas, também exercem influência na seletividade dos herbicidas, pois este último atua na diluição do ingrediente ativo, interferindo na dispersão e penetração da molécula nas plantas, com isso, herbicidas com mesmo

mecanismos de ação podem desencadear diferentes respostas em plantas tratadas (MESNAGE et al. 2014).

Em relação à cultura, a idade das plantas no momento da aplicação tem grande influência sobre seletividade dos herbicidas, pois de acordo com Inoue e Oliveira Jr (2011), plantas jovens são mais sensíveis, pois possuem mais tecidos meristemáticos pouco diferenciados aumentando a capacidade de toxicidade dos herbicidas que afetam processos metabólicos. A presença de camadas cerosas nas folhas de algumas espécies de plantas também influencia na seletividade dos herbicidas, pois diminui a retenção da calda pulverizada nas folhas e a quantidade absorvida do produto aplicado em pós-emergência. (CIESLIK, et al. 2013).

Outro mecanismo que contribui para a seletividade é o metabolismo diferencial dos herbicidas. Entendido como sendo a capacidade que algumas plantas tem em metabolizar as moléculas e transformá-las em compostos menos tóxicos (DEVINE et al. 1993; COLE, 1994). Este mecanismo é, provavelmente, o mais comum e o que mais contribui para a seletividade de herbicidas nas plantas. De acordo com Akobundu (1987), plantas que não possuem esse mecanismo são mortas quando submetidas a aplicação de determinados produtos.

As enzimas responsáveis por metabolizar os herbicidas apresentam uma faixa ampla de especificidade, com isso uma mesma planta pode possuir a capacidade de metabolizar e detoxificar um grande número de moléculas (LORENZI, 2014).

Espécies como milho (*Zea mays L.*), *Panicum miliaceum*, *Panicum dichotomiflorum*, *Digitaria spp.* e *Setaria spp.* são especialmente adaptadas a fazer este processo de detoxificação quando submetidas a aplicação de triazinas simétricas como atrazine degradando esta molécula pelo processo de conjugação com glutatona nas folhas, o que faz com que ela nunca chegue ao cloroplasto para causar injúrias (UNIVERSITY OF MINNESOTA, 2009).

Os fatores ambientais também possuem grande influência sobre o desempenho dos herbicidas tanto direta quanto indiretamente. As condições ambientais que levam à aplicação de herbicidas afetarão o crescimento e a fisiologia das plantas e a quantidade de herbicida capaz de ser absorvida e translocada por elas (ROMAN et al. 2005).

De acordo com Pereira (2015), a exposição de plantas tratadas a altas temperaturas, após a aplicação, pode reduzir a ação seletiva dos herbicidas e prejudicar às culturas. Isto ocorre principalmente pelas mudanças na composição e na permeabilidade da cutícula das plantas após ser submetidas a essa condição de (HARRINGTON et al. 2017). Nas altas temperaturas, o influxo do herbicida na planta é favorecido devido à viscosidade reduzida das ceras cuticulares e aumento da taxa de difusão através da cutícula (DIAS et al., 2017).

A luminosidade é outro fator ambiental que altera o comportamento vegetal e a seletividade a herbicidas. Alta intensidade de luz aumenta a penetração do herbicida na folha através de estômatos abertos (SOMERVILLE et al., 2017). Como a luz é a fonte de energia para a fotossíntese, ela influencia o movimento do herbicida na planta que é transportado juntamente com os açúcares no floema (MCMULLAN, 1996).

3. REFERENCIAS

- AKOBUNDU, I.O. Weed Science in the Tropics: principles and practices. **New York**, EUA: John Wiley & Sons, 1987. 522 p.
- ALBUQUERQUE, S. S. C. de.; LIRA, M. de A.; SANTOS, M. V. F. dos.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; MELO, J. N. de.; FARIAS, I. Utilização de três fontes de nitrogênio associadas à palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*, Mill) cv. gigante na suplementação de vacas leiteiras mantidas em pasto diferido. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.3, p.1315-1324, 2002.
- ALMEIDA, J. **A palma forrageira na região semiárida do estado da Bahia: diagnóstico, crescimento e produtividade**. 2011. 95 p. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias). Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Cruz das Almas.
- 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.
- ANDRADE, D. K. B. *et al.* Digestibilidade e absorção aparentes em vacas da raça Holandesa alimentadas com palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) em substituição à silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 2088-2097, 2002.
- ANGHINONI, I. **Adubação nitrogenada nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. In: SANTANA, M.B.M. Adubação nitrogenada no Brasil. Ilhéus : CEPLAC/SBCS, 1986. Cap.I. p.1-18.
- ANOOP A. S.; RANA, M. K.; PREETHAM, S. P. Cactus: A medicinal food. **Journal of Food Science and Technology**, v. 49, n. 5, p. 530 – 536, 2012.
- ARAÚJO FILHO, JT. **Efeitos da adubação fosfatada e potássica no crescimento da palma forrageira (Opuntia ficus-indica Mill.) - Clone IPA -20. 2000**. 78f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) -- Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2000.
- ARAÚJO, A. M. Interação entre adubação fosfatada e espaçamento no cultivo da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill) no Estado da Paraíba. Patos: Universidade Federal de Campina Grande, 2009. 67p. Dissertação Mestrado.
- BERRY, W.L.; NOBEL, P.S. Influence of soil and mineral stresses on cacti. **Journal of Plant Nutrition**, v.8, n.8, p.679-696. 1985.
- BIELESKI, R.L.; FERGUSON, I. B. Physiology and metabolism of phosphate and its compounds. In: LAUCHLI, A. & BIELESKI, R.L. **Encyclopedia of Plant physiology** : Inorganic Plant Nutrition. Berlim, Springer-Verlag 1983. **15A** :422 449.
- BIFFE, D.F.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JR., R.S; RIOS, F.A.; FRANCHINI, L.H.M.; GEMELLI, A.; ARANTES, J.G.Z.; RAIMONDI, M.A.; BLAINSKI, E. Avaliação de herbicidas para dois cultivares de mandioca. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 28, n. 4, p. 807-816, 2010. IN: PEREIRA, F. A. R. et al. Estudo da seletividade de herbicidas em cultivares de

milho (*Zea mays* L.), nas condições ambientais de Mato Grosso do Sul. *Ensaio Ci.*, v. 5, n. 2, p. 119-140, 2001.

CARVALHO FILHO, O. M. *et al.* Produção de Leite no Semi-Árido do Brasil. Juiz de Fora: **Embrapa**, 2002.

CASSOL, P.C.; GIANELLO, C.; COSTA, V.E.U. Frações de fósforo em estrumes e sua eficiência como adubo fosfatado. **Revista Brasileira de Ciências do Solo** 25, 35-644. 2001.

CIESLIK, L.F.; VIDAL, R.A.; TREZZI, M.M. Environmental Factors Affecting the Efficacy of ACCase-inhibiting Herbicides: a Review. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 31, n. 2, p. 483-489, 2013

COLE, D.J. Detoxification and activation of agrochemicals in plants. **Pesticide Science**, v.42, p.209-222, 1994.

COSTA da, A. R. **Nutrição mineral em plantas vasculares**. Escola de Ciências e Tecnologia da Universidade de Évora. ISBN: 978-989-97060-9-5. novembro de 2014.

CUNHA, D. N. F. V.; GOMES, E. S.; MARTUSCELLO, J. A.; AMORIM, P. L.; SILVA, C. R.; FERREIRA, P. S. Morfometria e acúmulo de biomassa em palma forrageira sob doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal**, Salvador, v.13, n.4, p.1156- 1165. 2012

DEVINE, M.; DUKE, S.O.; FEDTKE, C. Physiology of herbicide action. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1993. 441p.

DIAS, J.L.C.D.S.; SILVA JUNIOR, A.C.D.; QUEIROZ, J.R.G.; MARTINS, D. Herbicides selectivity in pre-budded seedlings of sugarcane. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.84, p.1-9, 2017.

DONATO, P. E. R. **Avaliação bromatológica, morfológica, nutricional e de rendimento em palma forrageira sob diferentes espaçamentos e doses de esterco bovino**. Itapetinga-BA:UESB, 2011. 134p. Tese Doutorado.

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

DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; SANTOS, M. V. F. Exigências nutricionais 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.

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

EPSTEIN, E. **Mineral nutrition of plants: principles and perspectives**. John Wiley and Sons, New York. 1972, 412p.

FAO (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura). World fertilizer trends and outlook to 2018. FAO. Roma. ISBN: 978-92-5-108692-6. 2015.

FAQUIM, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras-MG, UFLA. 2005, 186P. Especialização LATO SENSU.

FAYAD, J. A.; FONTES, P. C. R.; CARDOSO, A. A.; FINGER, F. L. & FERREIRA, F. A. Absorção de nutrientes pelo tomateiro cultivado sob condições de campo e de ambiente protegido. **Horticultura brasileira**, 20:90-94, 2002.

FERNANDES, G.B. **Adubações mineral, orgânica e organomineral na cultura do rabanete**. UFMG, Rondonópolis, MT – 2018, 46p. (Trabalho de conclusão de curso).

FILHO, R. V. C. **Sombreamento e adubação nitrogenada influenciando o acúmulo de biomassa em palma forrageira *Nopalea cochenillifera***. Rio Largo-AL: UFAL, 2018. 76p. dissertação de mestrado.

FONSECA, J. A. da.; MEURER, E. J. Inibição da absorção de magnésio pelo potássio em plantulas de milho em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, Campinas, v.21, n.1, 47-50, 1997.

FRANCO-SALAZAR, V. A.; VELIZ, J. A. Respostas de La tuna (*Opuntia ficus-indica* (I Mill) al NaCl. **Revista Interciência**, v. 32, n. 2. 2007.

GALINDO, I. C. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; MENEZES, R. S. C. Uso da palma na conservação dos solos. In: MENEZES, R. S. C.; SIMÕES, D. A.; SAMPAIO, E. V. S. B. (Ed.). **A palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2005. p. 163-176.

GALIZZI, F. A.; FELKER, P.; GONZÁLEZ, C. Correlations between soil and cladode nutrient concentrations and fruit yield and quality in cactus pears, *Opuntia ficus indica* in a traditional farm setting in Argentina. **Journal of Arid Environments**, v.59, n.1, p.115–132, 2004.

GAVA, C.A.T.; LOPES, E.B. **Produção de Mudas de Palma Forrageira utilizando fragmentos de cladódios**. Editora Embrapa, Petrolina. 2012.

GERMANO, R.H.; BARBOSA, H.P.; COSTA, R.G. et al. **Avaliação da composição química e mineral de seis cactáceas do semiárido paraibano**. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 28., 1991. João Pessoa. Anais... João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1991. p.3.

GILL, S.S.; TUTEJA, N. Espécies reativas de oxigênio e maquinaria antioxidante na tolerância ao estresse abiótico em plantas cultivadas. **Fisiologia Vegetal e Bioquímica**, v. 48, n. 12, p. 909-930, 2010.

GOMES, M.A .F.; SOUZA de, M. D.; BOEIRA, R. C.; TOLEDO, L.G de. Nutrientes Vegetais no Meio Ambiente: ciclos bioquímicos, fertilizantes e corretivos. **Embrapa Meio Ambiente**, Jaguariúna-SP, 2008. 62p. (Documentos 66)

HAAG, H.P. Nutrição mineral e qualidade de produtos agrícolas. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20 Piracicaba, 1992. **Anais**, Piracicaba, SBCS/Fundação Cargill, 1992. P.405-425.

HARRINGTON, KERRY C.; GHANIZADEH, HOSSEIN. Herbicide application using wiper applicators-A review. **Crop Protection**, v. 102, p. 56-62, 2017.

HOFFMANN, W. Etnobotânica. In: Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira. Traduzido por SEBRAE/PB. João Pessoa: SEBRAE/PB, 2001. p. 12-19. HOUÉROU, H.N. Le. The role of cacti (*Opuntia* spp.) in erosion control, land reclamation, rehabilitation and agricultural development in the Mediterranean Basin. *Journal of Arid Environments*, v. 33, n. 2, p. 135-159, 1996.

INGLESE, P. Ecophysiology and Reproductive Biology of Cultivated Cacti. In: Crop Ecology, Cultivation and Uses of Cactus Pear. [S.l.]: the Food and Agriculture Organization of the United Nations and the International Center for Agricultural **Research in the Dry Areas Rome**, 2017, 2017. cap. 4, p. 29 – 39.

INGLESE, P. Plantação e manejo do pomar. In: BARBERA, G; INGLESE, P (Eds.). Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira. Paraíba: SEBRAE/PB, 2001, p.79-93. INGLESE, P.; BARBERA, G.; MANTIA, T. La. Research strategies for the improvement of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) fruit quality and production. **Journal of Arid Environments**, Amsterdam v. 29, n. 4, p. 455-468, 1995.

JACOBO, CM; GONZÁLEZ, SP. (Eds.). Cactus (*Opuntia* spp.) as forage. FAO Plant Production and Paper, p. 90, 2001.

JONES, R.; H. OUGHAM; H. THOMAS e S. WAALAND. “The Molecular Life of Plants” – American Society of Plant Biologists, Wiley-Blackwell, UK, 2013.

JURSÍK, M.; KOČÁREK, M.; HAMOUZOVÁ, K.; SOUKUP, J.; VENCLOVÁ, V. Effect of precipitation on the dissipation, efficacy and selectivity of three chloroacetamide herbicides in sunflower. **Plant, Soil and Environment**, 59: 175–182, 2013.

KLEINHOF, A.; WARNER, R.L. Advances in nitrate assimilation. In The Biochemistry of plants (B.J. Mifflin & P.J. Stewart, eds.). **Academic Press Inc.**, London, v.16, p. 89-120, 1990.

LOPES, E. B.; SANTOS, D. C.; VASCONCELOS, M. F. **Cultivo da Palma forrageira**. In: LOPES, E.D. (Org.) **Palma forrageira: cultivo, uso atual e perspectivas de utilização no semiárido nordestino**, João Pessoa: EMEPA, 2012. p. 21-60.

LOPES, E. B.; SANTOS, D. C.; VASCONCELOS, M. F. **Cultivo da Palma forrageira**. In: LOPES, E.D. (Org.) **Palma forrageira: cultivo, uso atual e perspectivas de utilização no semiárido nordestino**, João Pessoa: EMEPA, 2012. p. 21-60.

LOPES, E. B.; SANTOS, D. C.; VASCONCELOS, M. F. Cultivo da palma forrageira. In: LOPES, E. B. (ed.) **Palma Forrageira: Cultivo, uso atual e perspectivas de utilização no semiárido nordestino**. João Pessoa: EMEPA-PB, FAEPA, 2007. p. 11-33.

LOPRES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. **Interpretação de análise de solo conceitos e aplicações**. Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA) - Boletim técnico nº 02, março de 2004.

LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional**. 7.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2014. 383p.

MAGALHÃES, C. E. O.; RONCHI, C.P.; RUAS, R.A.A.; SILVA, M.A.A.; ARAÚJO, F.C.; ALMEIDA, W.L. Weed Selectivity and Control with Oxyfluorfen and Sulfentrazone in Young Arabica Coffee Plantations. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 30, n. 3, p. 607-616, 2012

MALAVOLTA, E. **Manual de calagem e adubação das principais culturas**. São Paulo, Ceres, 1987. 496p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo, Agronômica Ceres, 2006. 638p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas-princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.

MARQUES, O. F. C.; GOMES, L. S. P.; MOURTHE, M. H. F.; BRAZ, T. G. S.; NETO, O. S. P. Palma forrageira: cultivo e utilização na alimentação de bovinos. **Cad. Ciênc. Agra.**, v. 9, n. 1, p. 75-93, 2017.

MARQUES, O. F. C.; GOMEZ, L. S. P de.; MOURTHÉ, M.H.F.; BRAZ, T.G.S dos.; NETO, O.S.P. Palma forrageira: cultivo e utilização na alimentação de bovinos. **Cad. Ciênc. Agra.**, v. 9, n. 1, p. 75-93, 2017.

MARSCHNER, P. **Mineral nutrition of higher plants**. 3ª ed. Austrália: Elsevier, 2012, 651 p.

MCMULLAN, P.M. Grass Herbicide Efficacy as Influenced by Adjuvant, Spray Solution pH, and Ultraviolet Light. **Weed Technology**, Volume 10:72-77, 1996.

MELHORANÇA, A. L. Seletividade dos herbicidas Diclosulam, Flumetsulam e Cloransulam em diversas cultivares de soja. In: **REUNIÃO DE PESQUISADORES EM CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS NOS CERRADOS**, 12., 1999. Corumbá,MS. Atas e Anais... Dourados: EMBRAPA/CPAO, 1999. p. 15-18.

MESNAGE R.; DEFARGE N.; SPIROUX DE VENDÔMOIS J.; SÉRALINI G.E. Major pesticides are more toxic to human cells than their declared active principles. **BioMed Res. Int.** p. 1-8, 2014

MOORE, d. P.; OVERSTREET, R.; JACOBSON, I. Uptake of magnesium and its interactions with calcium in excised barley roots. **Plant Physiology**, v. 36, n. 3, p. 290-295, 1961

MORAIS RODRIGUES, E.; MOURA, D.C.; CORREIA, I. M. G.; DINIZ, F.C.; PEREIRA, T. M. S. Variabilidade climática no Semiárido Brasileiro e as políticas públicas de convivência com a estiagem. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 5, n. 1, p. 22-33, 2019.

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

MOREIRA, J. M.; PÉREZ-MARIN, A. M.; ARAÚJO, J. S.; MANBAIS, G. R.; SALES, A. Nutrients demand of cactus forage. **Agrixx Preprints**, 2019, May 22. 17p.

NEFZAOU, A.; BEN SALEM, H. Opuntia: **a strategic fodder and efficient tool to combat desertification in the wana region**. Disponível em: www.Fao.org/2001.

NOBEL, P. S.; BARRERA, E. D. la. Nitrogen relations for net CO₂ uptake by the cultivated hemiepiphytic cactus, *Hylocereus undatus*. **Scientia Horticulturae**, v. 96, n. 1-4, p. 281 – 292, 2002.

NOBEL, P.S.; RUSSEL, C.E.; FELKE, P. et al. **Nutrient relations and productivity of prikey pear cacti**. **Agronomy Journal**. v.79, n.3, p.550-555, 1987.

NOVAIS R. F.; SMYTH T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa; 1999.

OAKS, A.; HIREL, B. **Nitrogen metabolism in roots**. Annual Review of Plant Physiology, Palo Alto, v.36, p.345-365, 1985.

OLIVEIRA JR, R.S.; INOUE, M.H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba, PR: Omnipax, 2011. p. 244-261. Disponível em: <http://omnipax.com.br/livros/2011/BMPD/BMPD-cap10.pdf>

PEREIRA, L. V de. **Alternativas para manejo químico de azevém (*Lolium multiflorum*) e buva (*Conyza sp.*)**. Lages, SC- 2015, 112p. Dissertação de mestrado.

PESSOA, A. S. **Cultura da palma forrageira**. Recife: SUDENE / Divisão de documentação (Agricultura, 5). 1967. 98 p.

PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: Editora Unesp, 2008. 407 p.

QUINTANAR, R. M. *et al.* Nutrient interactions in cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) and their effect on biomass production. **Acta Horticulturae**, v. 728, p. 145 – 150, 2006.

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

RAMOS, J.P.F.; SANTOS, E.M.; FREITAS, F.F.; CÂNDIDO, E.P.; LIMA JÚNIOR, A.C.; LEITE, M.L.V.; OLIVEIRA JÚNIOR, S. Caracterização técnica dos sistemas de produção de palma forrageira em Soledade, PB. **Revista AGROTEC**, 35, 23 30, 2014.

RHEINHEIMER, D.S.; MARTINAZZO, R.; GATIBONI, L.C.; KAMINSKI, J. & SILVA, L.S. Amplitude no fósforo microbiano em um Argissolo em pastagem nativa submetida à roçada e à introdução de espécies forrageiras com fertilização fosfatada em diferentes épocas. **Acta Sci. Agron.**, 30:561-567, 2008.

ROCHA, J. E. S. **Palma Forrageira no Nordeste do Brasil**: estado da arte. Embrapa Ovinos e Caprinos. 2012. (Documentos, 61).

ROMAN, E.S; VARGAS, L.; RIZZARDI, M.A.; HALL, L.; BECKIE, H.; WOLF, T. M. Como funciona os herbicidas: da biologia à aplicação. Gráfica Editora Berthier, ed. 21 - 2005. 152p.

ROSOLEM, C. A.; MACHADO, J. K.; BRINHOLI, O. Efeito das relações Ca/Mg, Ca/K e Mg/K do solo na produção de sorgo sacarino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 19, n. 12, p. 1443-1448, 1984.

SÁENZ, C. Processing Technologies: an alternative for cactus pear (*Opuntia* spp.) fruits and cladodes. **Journal of Arid Environments**, v. 46, p. 209-225, 2000

SÁENZ, C.; SEPÚLVEDA, E.; MATSUHIRO, B. *Opuntia* spp mucilage's: a functional component with industrial perspectives. **Journal of Arid Environments**, v. 57, n. 3, p. 275-290, 2004.

SAMPAIO, E. V. S. B. Fisiologia da palma. In: MENEZES, R. S. C.; SIMÕES, D. A.; SAMPAIO, E. V. S. B. **A palma no nordeste do Brasil**: conhecimento atual e novas perspectivas de uso. 2 ed. Editora Universitária da UFPE. Recife. v. 2, p.43-63. 2005.

SANTIAGO, E. D.; DOMÍNGUEZ-FERNÁNDEZ, M.; CID, C.; PEÑA, M. P. D. Impact of cooking process on nutritional composition and antioxidants of cactus cladodes (*Opuntia ficus-indica*). **Food Chemistry**, v. 240, p. 1055-1062, 2018

SANTOS, D. C. et al. de. **Manejo e utilização da palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) em Pernambuco**: cultivo e utilização. Recife: IPA, 2002. (Documentos, 30).

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

SANTOS, M. V. F. **Palma forrageira**. Viçosa: UFV, 2010.

SANTOS, M. V. F.; FERREIRA, M.A.; BATISTA, A.M.V. **Valor nutritivo e utilização da palma forrageira na alimentação de ruminantes**. In: Menezes, R. S. C.; Simões, D. A.; Sampaio, E V. S. B. (Eds.) *A palma no Nordeste do Brasil, conhecimento atual e novas perspectivas de uso*. 1. ed. Recife: Editora da UFPE, 2005. p. 143-162.

SHUMAN, L. M. Mineral nutrition. in: WILKINSON, R. E. (Ed.). **Plantenvironment interactions**. New york: Marcel dekker, 1994. p. 149-182.

SILVA NETO, F. L.; ANDRADE, R. L.; SOUTO, J. S.; BEZERRA, D. M.; SILVA, A. L. N.; FERREIRA, S. D.; SOUZA, B. V.; RODRIGUES, M. Q. **Crescimento da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill.) em função do espaçamento e doses de fósforo.** In: ZOOTEC, João Pessoa, 2008. Anais... João Pessoa: ABZ, 4p

SILVA, C. C. F.; SANTOS, L. C. Palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) como alternativa na alimentação de ruminantes. **Revista Eletrônica de Veterinária**, v. 7, n. 10, p. 1-13, 2006.

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

SILVA, M. L. S de.; TREVIZAM, A. R. **interações iônicas e seus efeitos na nutrição das plantas.** Informações agronômicas, 7p. março, 2015.

SILVA, M. L. S.; TREVIZAM, A. R.; PICCOLO, M. C.; FURLAN, G. Tomato production in function of sulfur dosesapplication. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v. 7, p. 47-54, 2014.

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

SILVA, P. F. **Crescimento e produtividade de palma forrageira sob diferentes lâminas de irrigação e adubação nitrogenada.** UFCG, Campina Grande – PB, 79p. 2017. Tese de doutorado.

SIMÕES, D. A.; SANTOS, D. C. dos; DIAS, F. M. Introdução da palma forrageira no Brasil. IN: MENEZES, R. S. C.; SIMÕES, D. A.; SAMP AIO, E. V. S. B. (Ed.). In: **A palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso.** Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2005. p. 13-26.

SOMERVILLE, GAYLE J. et al. How do spatial heterogeneity and dispersal in weed population models affect predictions of herbicide resistance evolution. **Ecological Modelling**, v. 362, p. 37-53, 2017.

SOUZA, D. C.F. Zoneamento agroclimático da palma forrageira (*Opuntia* sp) para o estado de Sergipe. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n. 1, p. 2338, 2018.

SOUZA, G.S.F.; VITO RINO, H.S.; FIOREZE, A.C.L.; PEREIRA, M.R.R.; MARTINS, D. Seletividade de herbicidas na cultura de crambe. **Semina. Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, p.161, 2014.

SOUZA, J. T. A.; NASCIMENTO, M.G.R.; FIGUEREDO de, J. P.; NÁPOLES, F. A.M de.; ANDRADE, F.H.A. Caracterização técnico-produtiva do sistema de cultivo de palma forrageira no Cariri paraibano. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 6, n. 2, p. 64-71, abr./jun. 2019.

SOUZA, T. C. **Sistemas de cultivo para a palma forrageira cv. Miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck)**. 2015. 119 f. Tese (Doutorado Integrado em Zootecnia: Área de Concentração em Forragicultura) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2015.

STREIT, N.M.; CANTO, M. W.; HECKTHEUER, L. H. H. **As Clorofilas. Revisão bibliográfica**. Ciência Rural, Santa Maria, v.35, n.3, p.748-755, mai-jun, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.
TELES, M. M.; SANTOS, M. V. F. dos; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; BEZERRA NETO, E.; FERREIRA, R. L. C.; LUCENA, J. E. C.; LIRA, M.de A. Efeitos da adubação e de nematicida no crescimento e na produção da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill.) cv. Gigante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n.1, p. 52-60, 2002.

TELES, M. M.; SANTOS, M. V. F.; Dubeux Júnior, J. C. B.; Bezerra Neto, E.; Ferreira, R. L. C.; Lucena, J. E. C.; Lira, M. de A. Efeitos da adubação e de nematicida no crescimento e na produção da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill.) cv. Gigante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.52-60, 2002

TOSTO, M. S. L.; ARAÚJO, G. G. L.; OLIVEIRA, R. L. Composição química e estimativa de energia da palma forrageira e do resíduo desidratado de vitivinícolas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.8, n.3, p.239- 249, 2007
University of Minnesota, , Cultural and chemical weed control in field crops. St. Paul, EUA: University of Minnesota, Extension service, 2009. 85p.

VASCONCELOS, A. G. V. *et al.* Seleção de clones de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmim (*Dactylopius sp.*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 5, p. 827-831, 2009

VELINE, E.D.; FREDERICO, L.A.; MORELLI, J.L.; MARUBAYASHI, O.M. **Avaliação dos efeitos do herbicida clomazone, aplicado em pós emergência inicial, sobre o crescimento e produtividade de soqueira de canade-açúcar (*Saccharum officinarum*) cv. SP 71-1406**. Stab, Piracicaba, v. 10, n.4, p.13-16, 1992

VIDAL, W. N.; VIDAL, M. R. R. **Botânica-organografia; quadros sinóticos ilustrados de fanerógamos**. Viçosa: UFV, 2003.

VIEIRA, T. R. de L.; CUNHA, M. das G. G.; GARRUTTI, D. dos S.; DUARTE, T. F.; FELEX, S. S. dos S.; PEREIRA FILHO, J. M.; MADRUGA, M. S. Physical and sensorial properties of Santa Ines lamb meat terminated in diets with increasing levels of whole cotton seed (*Gossypium hirsutum*). **Ciencia Technol. Alim.**, 30 (2): 372-377, 2010.

WANDERLEY, W. L. et al. Consumo, digestibilidade e parâmetros ruminais em ovinos recebendo silagens e fenos em associação à palma forrageira. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 13, n. 2, p. 444- 456, 2012

ZANCANARO, L. et al. Adubação fosfatada no sulco de semeadura e em superfície. In: JUNIOR GALHARDI, A.; POZZER, D. Fundação Mato Grosso: **Boletim de Pesquisa 2015/2016**. Santa Cruz do Sul, RS: Editora Gazeta, 2015. cap.1, p.18-41.

CAPITULO I - Avaliação de adubação com NPK sobre a produtividade e o desenvolvimento da palma forrageira (*Nopalea cochenillifera*) (L.) Salm – Dick cv miúda.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar formulações com NPK sobre o desenvolvimento e a produtividade da palma forrageira (*Nopalea cochenillifera*) cv miúda. O experimento foi realizado no Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas entre os meses de fevereiro de 2018 a abril de 2019. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados com 8 tratamentos representados pelas formulações (00-00-00), (40-00-00), (40-00-120), (00-00-120), (00-200-00), (40-200-00), (00-200-120), (40-200-120) e 4 blocos totalizando 32 parcelas experimentais. As parcelas foram constituídas por 3 fileiras com 10 plantas cada e espaçadas de 1,20 x 0,20 m entre fileiras e plantas respectivamente. A área útil da parcela foi representada pela fileira central desprezando-se uma planta de cada extremidade da linha totalizando 8 plantas com área de 1,92 m². As variáveis analisadas foram divididas em biométricas (número de cladódios por planta, número de cladódios por hectare, altura e largura de planta e índice de área de cladódio), variável fisiológica (teor de macronutrientes N, P, K, Ca e Mg na matéria seca da parte aérea) e variáveis de produtividade (produtividade de massa verde e massa seca por hectare). As avaliações ocorreram aos 412 dias após o plantio (DAP). Os dados foram submetidos a análise de variância e média comparada pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Todas variáveis analisadas foram influenciadas pelas formulações, os tratamentos que receberam fósforo foram superiores aos que não receberam. O uso de P na adubação proporcionou um incremento de 174% no número de cladódios por plantas e por hectare, 74% e 225% na altura e larguras das plantas nessa ordem, 365,38% no IAC, 265,76% na produtividade de massa verde e 228,78% na produtividade de massa seca. O uso de P na adubação ainda proporcionou um incremento no acúmulo de N na massa seca da parte aérea da palma miúda de 37,8 %. Com isso a palma forrageira (*N. cochenillifera*) cv miúda responde positivamente a adubação fosfatada e não responde a adubação nitrogenada e potássica de forma isolada ou consorciadas quando o P está abaixo de 10 mg.dm⁻³ no solo, além disso o P influencia na absorção de N pelas plantas de palma.

Palavras-chave: Adubação; Palma forrageira; *Nopalea cochenillifera*; Macronutrientes.

1. INTRODUÇÃO

As regiões de condições semiáridas são caracterizadas pela baixa precipitação, com chuvas irregulares e altas temperaturas, o que afeta diretamente a disponibilidade de alimentos para a produção animal. O cultivo de espécies forrageiras que melhor adaptam-se a estas condições é essencial para evitar perdas produtivas e financeiras em sistemas de produção de ruminantes e neste sentido, a palma forrageira (*Opuntia fícus-indica* (L.) Mill) aparece como importante opção como fonte de alimentos (MARQUES et al. 2016).

A palma forrageira é de origem mexicana e, atualmente, encontra-se dispersa em todos os continentes, exceto nas regiões polares. No Brasil, principalmente na região nordeste, é considerada uma das principais fontes de forragem para os ruminantes durante o período seco do ano. Essa forrageira apresenta características de adaptação ao clima semiárido associada a boa produtividade e alta palatabilidade (ALMEIDA, 2012).

A manutenção de altas produtividades na cultura da palma forrageira depende de vários fatores, dentre eles tem-se a fertilidade natural dos solos que é um fator determinante por ser o substrato de onde as plantas retiram a maior parte dos nutrientes. Contudo, devido aos processos de formação dos solos do semiárido nordestino, os mesmos apresentam de maneira geral, baixos teores de matéria orgânica e, conseqüentemente, baixa disponibilidade de nutrientes minerais para as plantas (CUNHA et al. 2012).

Assim a inserção de fontes externas de nutrientes minerais é imprescindível para aumentar o crescimento e a produção de biomassa da palma forrageira, possibilitando melhoria significativa na rentabilidade do sistema produtivo (SILVA et al. 2015). De acordo com Lopes et al. (2013), a palma forrageira é uma planta exigente em nutrientes, com isso o uso da técnica de adubação torna-se essencial para o fornecimento de nutrientes a cultura, que é um determinante para a produção de massa verde.

Diversos trabalhos evidenciam a resposta da palma forrageira a adubação mineral. As fertilizações aumentam a produtividade, o conteúdo de nutrientes e melhorar o valor nutricional da palma forrageira, além de incrementar o número de cladódios (SILVA et al, 2012; GOMES et al. 2012). Donato, et al. (2016), concluíram que doses de esterco bovino são insuficientes para atender às quantidades extraídas de K, Ca e Mg pela palma forrageira (*O. fícusindica*) cv Gigante, e também verificaram que os macronutrientes extraídos em maior quantidade são: K, Ca, N, Mg, P e S, nesta ordem.

Entretanto, de acordo com Cunha et al. (2012), são poucos os resultados de pesquisas que evidenciam respostas agrônômicas positivas do cultivo da palma-forrageira sob fertilização mineral. E isso, de certa forma, induz os produtores a utilizarem recomendações de adubações empíricas, o que resulta em baixas produtividades

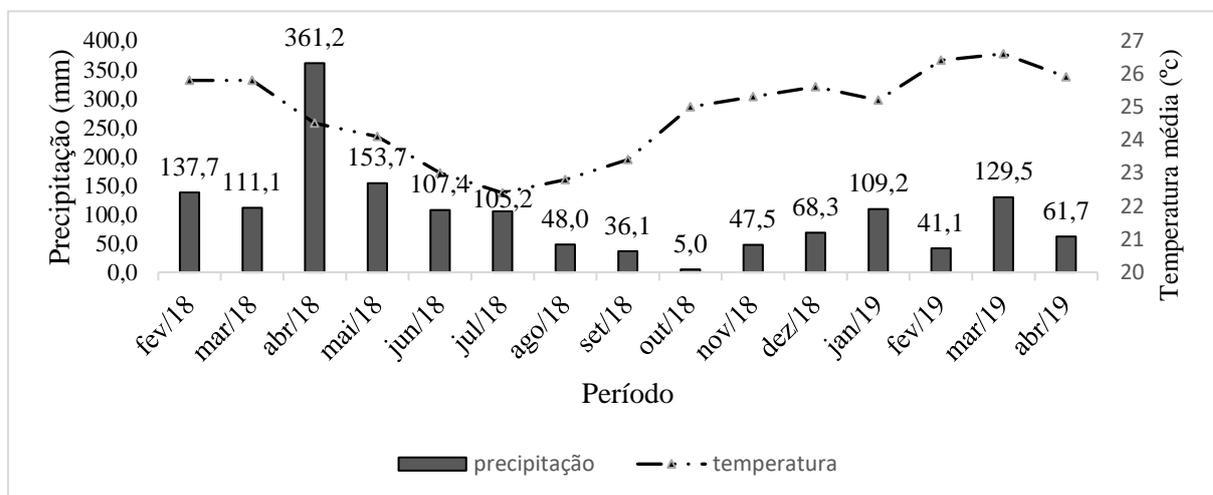
Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar formulações com nitrogênio, fósforo e potássio (NPK) sobre o desenvolvimento e a produtividade da palma forrageira (*N. cochenillifera*) cv miúda e determinar qual ou quais macronutrientes é/são mais limitantes ao desenvolvimento dessa cactácea.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local do experimento e variáveis meteorológicas

O experimento foi desenvolvido no período de 02/2018 a 04/2019 no Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, no município de Rio Largo – AL. O local apresenta as seguintes coordenadas geográficas (latitude 09°28'22" S; longitude 35°49'43" W; altitude 127 m). De acordo com Alvares (2014), o solo é classificado como sendo um latossolo amarelo coeso argissólico de textura médio-argilosa. O clima da região segundo a classificação de Köppen é As' (tropical megatérmico com chuvas no outono - inverno). Durante o período experimental a precipitação acumulada foi de 1.522,7 mm e temperatura média de 24 °C (Figura 1). Os dados de precipitação e temperatura foram obtidos da estação meteorológica do Centro de Ciências Agrárias em Rio Largo/AL que fica locada a uma distância aproximada de 300 metros da aérea experimental.

Figura 1 - Precipitação e temperatura média no período de condução do experimento.



2.2 Amostragem e preparo do solo para plantio

O preparo do solo da área experimental ocorreu no dia 22/01/2018 e foi realizado de forma mecanizada com uma gradagem para a incorporação de plantas daninhas e restos culturais, em seguida foram abertos os sulcos de plantio, de forma manual, espaçados de 1,20 m. Para a realização da amostragem do solo foram coletadas 5 amostras simples de solo na profundidade de 0-20 cm na área experimental, antes da realização do preparo do solo. As amostras simples foram misturadas para a formação de uma amostra composta e encaminhada ao laboratório de Agroecologia do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), para a realização da análise química.

O resultado da análise de solo (Tabela 1) foi tomado como base para realização da recomendação de adubação e calagem. A calagem foi calculada para elevar a saturação por bases do solo para 80%, visto que a palma forrageira é uma planta muito exigente em cálcio (SILVA, 2016).

Tabela. 1 - Resultado da análise do solo da área experimental na profundidade de 0 a 20 cm.

pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+ Al	SB	T	T _{efe}	V	M	Na	K	Mat. Org.
H ₂ O	--mg dm ⁻³ --			-----cmol _c dm ⁻³ -----						-----%-----					
4,46	2,78	46	27	0,25	0,38	0,17	5,45	0,85	6,30	1,02	13,62	16,67	1,84	1,87	2,04

Para o cálculo de necessidade de calagem foi utilizada a seguinte equação: $NC (t/ha) = ((V2 - V1) \cdot T \cdot 2,29) / PRNT$. Em que: V2 é a saturação por bases desejada, V1 é a saturação por bases atual do solo, T é a capacidade de troca de catiônica do solo (CTC), PRNT é o poder relativo de neutralização total do calcário (80%) e 2,29 é o fator de correção de acordo com KAMINSK et al., (2002).

Com base nos cálculos, foram aplicadas 12 t.ha⁻¹ de calcário dolomítico no fundo do sulco de plantio.

2.3 Plantio da área experimental

O plantio da área experimental foi realizado de forma manual e ocorreu no dia 22/02/2018 utilizando-se cladódios da variedade miúda com 12 meses de idade, livres de pragas e doenças, provenientes do centro de ciências agrárias e previamente desidratados à sombra por um período de 15 dias para cicatrização dos ferimentos decorrentes da colheita. Os artículos foram enterrados na vertical com suas faces seguindo orientação norte-sul, enterrando-se

aproximadamente 30% do cladódio. Foi utilizado o espaçamento de 1,20 x 0,20 m entre linhas e cladódios respectivamente totalizando 41.666 plantas por hectare.

2.4 Instalação do experimento

O experimento foi montado no delineamento em blocos casualizados com 8 tratamentos e 4 repetições totalizando 32 parcelas.

As parcelas experimentais foram constituídas por 3 fileiras de plantas com 10 plantas cada, com espaçamento de 1,20 m x 0,20 m totalizando uma população de 41.666 plantas ha⁻¹, a área útil da parcela foi constituída pela fileira do meio desprezando-se uma planta de cada extremidade da linha, totalizando 8 plantas e área útil de 1,92 m². Aos 90 dias após o plantio (DAP), as parcelas experimentais receberam os tratamentos.

Os tratamentos foram constituídos por 8 formulações sendo elas: 00-00-00; 40-00-00; 00-200-00; 00-00-120; 40-200-00; 40-00-120; 00-200-120; 40-200-120 kg.ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, aplicados em dose única de forma manual (Figura 2), a quantidade de N foi calculada com base no teor de matéria orgânica do solo, o fósforo foi com base na capacidade tampão de fósforo (SOUZA et al. 2016) e o potássio de acordo com CAVALCANTI (2008).

As fontes dos nutrientes utilizadas para N, P e K respectivamente foram: Sulfato de amônio que possui 21% de nitrogênio amoniacal + 24% de enxofre na forma de sulfato; Superfosfato simples que possui 18% de P₂O₅; Cloreto de potássio que possui 60% de K₂O.

Para a aplicação da adubação correspondente aos tratamentos, foram abertos sulcos laterais com profundidade de 10 cm, seguindo a linha de plantio dos cladódios, próximo ao sistema radicular da palma. Foram aplicados 36,5 g/parcela de sulfato de amônio; 213 g/parcela de superfosfato simples e 38,4 g/parcela de cloreto de potássio.

Ao longo do experimento, a área experimental foi mantida livre de plantas daninhas para evitar competição. Para o controle das plantas daninhas utilizou-se capina química com Diuron e Tebuthirom em pré emergência e glifosato em pós emergências das plantas daninhas, aplicados em jato dirigido nas entrelinhas da cultura.

Figura 2 – Distribuição dos fertilizantes nas parcelas experimentais. Sulco contendo adubo (A); Aplicação do adubo de forma manual (B).



Fonte: Nascimento Rodrigues, G, 2019

2.5 Avaliação do experimento e variáveis analisadas

As avaliações do experimento foram realizadas na ocasião da colheita aos 412 dias após o plantio (DAP), na qual foram analisadas variáveis biométricas, teor de macronutrientes e produção de massa verde e seca.

2.5.1 Variáveis biométricas

As variáveis biométricas foram: Número de cladódios por planta; Número de cladódios por hectare; Altura e largura das plantas; Índice de área de cladódios (IAC) e Número de cladódios na rebrota, ambos foram obtidos na época da colheita com exceção para a última.

O número de cladódios por planta foi obtido pela contagem de todos os cladódios das plantas na área útil da parcela e o resultado da contagem dividido pelo respectivo número de plantas. A contagem foi feita de forma manual e não houve distinção entre as ordens dos cladódios. O número de cladódios por hectare foi obtido pela multiplicação do número médio de cladódios por planta de cada tratamento por 41.666,00 que representa o número total de plantas em 1 hectare no espaçamento adotado.

A altura e largura das plantas foram obtidas com uso de fita métrica, medindo-se todas as plantas da área útil da parcela (Figura 3). A altura foi mensurada da base do cladódio semente até o ápice do cladódio mais alto. A largura foi obtida com a mensuração dos cladódios laterais,

de um lado ao outro, sempre considerando o maior lado. Para a análise estatística foi considerado o valor médio da altura e largura obtidos das plantas na parcela.

Figura 3 – Avaliação biométrica da altura e largura das plantas de palma forrageira (*N. cochenillifera*) cv miúda.



Fonte: Nascimento Rodrigues, G, 2019

Para avaliação do número de cladódios por planta na rebrota, contou-se todos os cladódios que rebrotaram com 60 dias após a colheita e o resultado foi dividido pelo número de plantas.

O índice de área de cladódios (IAC) é uma variável utilizada para analisar a interceptação da radiação fotossintética pela palma. É um parâmetro muito útil para medida do crescimento vegetativo e ajuda na investigação das relações de causa e efeito presentes entre as condições do ambiente e a cultura (SILVA et al. 2014; PINHEIRO et al. 2014). Para obtenção dessa variável utilizou-se uma planta por parcela, sempre considerando a planta mais representativa dentre as demais, tanto em relação a altura e largura como também ao número de cladódios. O IAC foi calculado com uso da equação proposta por Silva, (2014), onde $IAC = \sum(AC_1 + \dots + AC_n) / 10000 / (E1 \times E2)$, Em que:

- ✓ IAC: é o índice de área do cladódio observado, em $m^2 \cdot m^{-2}$;
- ✓ AC: é a área de cada cladódio;
- ✓ 10.000: é o fator de conversão de cm^2 para m^2 ; e
- ✓ E1 e E2 são os espaçamentos entre fileiras e entre plantas.

O valor de AC foi calculado a parti da fórmula $AC = CC \times LC \times 0,693$ conforme Seixas (2014), onde CC e LC são o comprimento e a largura dos cladódios em cm e 0,693 é o fator de correção em função da forma da elipse do cladódio (PINTO, 2002).

Para obtenção dos valores de CC e LC utilizou-se uma régua milimetrada, medindo-se todos os cladódios da planta selecionada e separando-os em ordem.

2.5.2 Teor de macronutriente

Os teores de macronutrientes foram obtidos em laboratório especializado. Para obtenção, foi selecionado uma planta por parcela e retirou-se uma amostra de 500g, em seguida a amostra foi picotada e colocada em sacos de papel, levada a estufa com ventilação forçada a 65°C até obter massa constante (Figura 4). Após a secagem, o material foi moído em um moinho de facas com peneira de malha 0,5 mm e as amostras foram encaminhadas ao laboratório para a extração dos macronutriente, N, P, K, Ca e Mg.

O teor de nitrogênio dos cladódios foi determinado pelo método de digestão ácida Kjeldahl, o fósforo foi determinado por espectrometria e o potássio com espectrometria de chama, o Ca e Mg foram determinados com espectrometria de absorção atômica.

Figura 4 - Amostras de cladódios de palma miúda. Palma picotada (A), Estufa com amostras (B), Moinho de facas (C).



Fonte: Nascimento Rodrigues, G, 2019

2.5.3 Colheita e variáveis de produção

A colheita foi realizada de forma manual aos 412 dias após o plantio (Figura 5). Foram colhidas 8 plantas por parcela retirando-se todos os cladódios de cada planta deixando-se apenas o cladódio semente ou mãe. Após colhidos, os cladódios foram colocados em sacos e pesados, com uso de balança digital, ainda no campo, para evitar perda de umidade devido a desidratação

dos cladódios (Figura 5). Diante dos pesos obtidos calculou-se a produtividade de massa verde (MV). Para isso levou-se em consideração a área útil da parcela 1,92 m², e estimou-se o valor para t.ha⁻¹.

A produtividade de massa seca (MS) foi obtida multiplicando a porcentagem de massa seca dos cladódios pela produção de massa verde. Para obtenção da porcentagem de massa seca procedeu-se como no item 2.5.2. Em seguida utilizou-se a seguinte equação:

$$\% \text{ MS} = (P_{\text{MS}} / P_{\text{MV}}) \times 100$$

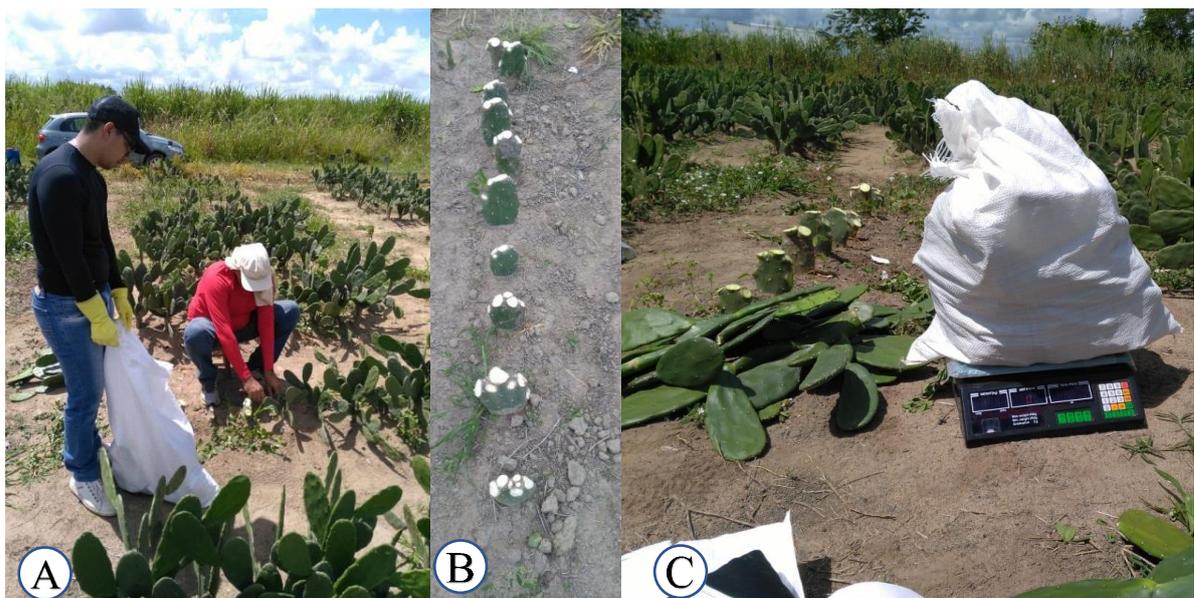
Em que:

% MS = É o percentual de massa seca dos tratamentos

P_{MS} = É o peso seco do material após a secagem na estufa dado em gramas

P_{MV} = É o peso da amostra que foi de 500g para todos os tratamentos

Figura 5 – Colheita da palma forrageira (*N. cochenillifera*) cv *miúda*. Arranque manual dos cladódios (A), Cladódios mãe após a colheita (B), Pesagem dos cladódios no campo (C).



Fonte: Nascimento Rodrigues, G, 2019

2.6 Análise estatística

Os dados coletados no experimento foram submetidos a análise de variâncias e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para a realização da análise estatística foi utilizado o programa Sisvar versão 5.7

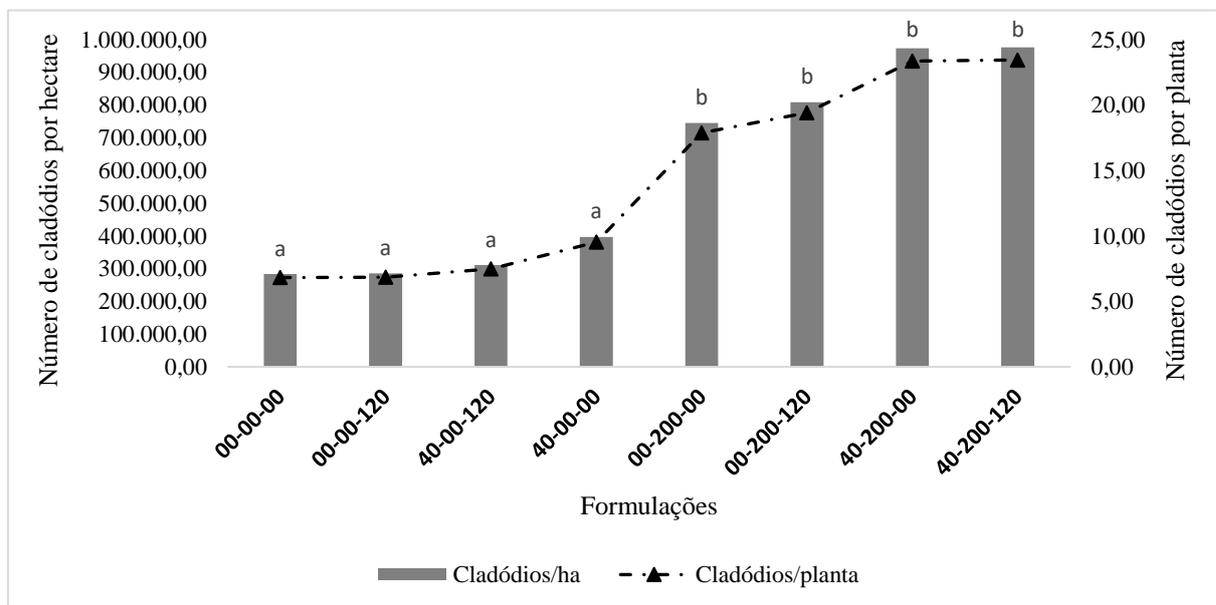
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Número de cladódios por planta e por hectare

As variáveis número de cladódio/planta e número de cladódios/hectare variaram de acordo com a formulação utilizada e as plantas que receberam fósforo foram superiores às que não receberam, resultando na formação de dois grupos de tratamentos. Contudo, nota-se que nos tratamentos em que o nitrogênio esteve presente juntamente com fósforo as plantas apresentaram maior quantidade de cladódios (Figura 6).

As formulações (40-200-120), (40-200-00), (00-200-120), e (00-200-00) kg.ha⁻¹ de N, P₂O₅, K₂O, proporcionaram os maiores valores de cladódios /planta correspondentes a 23,44; 23,36; 10,41 e 17,88 respectivamente e diferiram estatisticamente dos demais tratamentos (P<0,05). Por sua vez, as plantas que não receberam adubação química (Testemunha) apresentaram o menor número médio de cladódios/planta (6,82) e não diferiu estatisticamente das que foram adubadas com Potássio (K), Nitrogênio + Potássio (NK) e apenas Nitrogênio (N) que obtiveram 6,84; 7,47 e 9,46 cladódios/planta respectivamente.

Figura 6 – Efeito das formulações sobre o número de cladódios/planta e número de cladódios/hectare da palma forrageira (*N. cochenillifera*) cv miúda.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O uso apenas do fósforo na formulação (00-200-00) proporcionou um ganho de 162,17; 161,40; 139,35 e 89% a mais no número de cladódios/planta quando comparado com a Testemunha, Potássio (K), Nitrogênio + Potássio (NK) e só Nitrogênio (N) respectivamente.

Contudo ao comparar os dois grupos de tratamentos (com P e sem P) o incremento é ainda maior 174%. Indicando que o elemento fósforo foi o fator determinante para a resposta da planta à essa variável (Figura 6).

A variável número de cladódios/hectare seguiu a mesma tendência do número de cladódio/planta, pois essas medidas estão correlacionadas. A Testemunha obteve média de 284 mil cladódios/ha, seguidas pelos tratamentos que receberam apenas potássio (K), nitrogênio + potássio (NK) e nitrogênio apenas (N), apresentando valores de 285, 311 e 397 mil cladódios/ha respectivamente (figura 6). O uso apenas de fósforo (P) rendeu às plantas 775 mil cladódios/ha, o que equivale a um ganho de 172,89%, 171,93 %, 149,19 %, 95,21% a mais quando comparado às plantas que foram adubadas com as formulações (00-00-00), (40-00-00), (00-00-120), (40-00-120) kg/ha de P_2O_5 respectivamente.

A adição dos três macronutrientes ao solo (NPK), proporcionou à palma miúda ganhos significativos obtendo-se 977 mil cladódios/ha o que equivale a um incremento de 244,01 % quando comparado com o tratamento controle (testemunha).

Esses resultados evidenciam a resposta positiva da palma forrageira (*N. cochenillifera* cv) cv miúda à aplicação do macronutriente fósforo em relação a produção de cladódios.

O maior número de cladódios verificados nos tratamentos que receberam fósforo pode estar ligado ao aumento no acúmulo de energia pela planta proporcionado por esse elemento induzindo a brotação, uma vez que o fósforo é um nutriente importante no armazenamento de energia e tem papel central em reações que envolvem ATP (TAIZ; ZEIGER, 2017).

Outra possível explicação está relacionada à limitação na capacidade de absorção de nitrato (NO_3^-) pela planta quando está em solo com baixa disponibilidade de fosforo ($H_2PO_4^-$) na solução nutritiva. Uma vez que o nitrato é absorvido de forma ativa pela planta, e a ausência de fósforo promove uma redução na disponibilidade de energia (ATP) requerida para que ocorra essa absorção através da plasmalema das células radiculares (RUFFY JR. et al. 1990).

Segundo Marschner (2012), o nitrogênio é um nutriente que estimula a divisão celular e induz a emissão de novos cladódios, promove alterações na morfologia das plantas e, em condições de alto suprimento de N, ocorrem maior crescimento e aumento na área foliar.

Com isso, o elemento que estaria exercendo papel mais importante na brotação seria o nitrogênio (N), sendo sua absorção, influenciada pelo fósforo.

Ao avaliar o efeito da adubação e de nematicida no crescimento e na produção da palma forrageira cv gigante, TELES et al (2002), observaram que a retirada do fósforo da solução de macronutrientes provocou uma redução do número de cladódios/planta, corroborando com os

resultados encontrados no presente trabalho, onde verificou-se que na ausência do P houve uma redução significativa no número de cladódios/planta.

Ramos et al (2011), avaliando o crescimento vegetativo da palma forrageira cv. Italiana (*Opuntia ficus-indica* Mill.), em função do espaçamento, no Semiárido paraibano, encontraram uma média de 7,05 e 11 cladódios/planta aos 270 e 330 dias após o plantio, inferior aos encontrados no presente trabalho.

Silva (2012), encontrou efeito significativo ($p < 0,05$) para os tipos de formulação com P, NP e NPK quando comparado com a testemunha (sem adubação) em relação ao número de cladódio/planta. Os valores médios encontrados foram de 6,59; 6,97; 8,84 e 9,53 cladódios/planta para testemunha (00-00-00), fósforo (00-150-00), fósforo + nitrogênio (200-150-00) e NPK (200-150-100) $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N, P_2O_5 , K_2O . Os resultados evidenciam que a adição de fertilizantes melhora a disponibilidade e o transporte de nutrientes no solo e a absorção pelas plantas, interferindo no seu crescimento.

3.2 Altura e largura de planta

As plantas adubadas apenas com potássio apresentaram a menor média para altura de planta (29,67 cm), porém não diferiram estatisticamente das plantas que não receberam adubação (testemunha), que receberam apenas N (40-00-00) e NK (40-00-120). A formulação NP (40-200-00) proporcionou plantas de palma mais altas com média de 62,67 cm, entretanto não diferiu estatisticamente dos tratamentos com P (00-200-00), PK (00-200-120) e NPK (40-200-120).

Ao comparar a altura das plantas que receberam fósforo na adubação com as plantas que não receberam, tem-se um incremento de 74%, indicando que a adubação fosfatada proporcionou ganhos significativos na altura das plantas da palma forrageira (*N. cochenillifera*) cv miúda. De acordo com Sales et al. (2006), o conhecimento das variáveis morfológicas como altura de planta é importante para se avaliar o potencial de adaptação de uma espécie ou variedade ao ambiente onde é cultivada bem como sua resposta às alterações nas práticas de manejo, por exemplo, adubação.

Tabela 2 - Altura e largura médias de plantas com 412 dias após o plantio (DAP), adubadas com diferentes formulações contendo NPK.

Formulações (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O)	Características avaliadas	
	Altura de planta	Largura de planta
00-00-120	29,67 a	30,25 a
00-00-00	29,68 a	28,67 a
40-00-00	32,75 ab	41,92 ab
40-00-120	35,17 ab	38,17 a
00-200-00	51,50 bc	72,50 bc
00-200-120	51,67 bc	79,08 c
40-200-120	55,58 c	78,75 c
40-200-00	62,67 c	83,58 c
CV %	18,79	22,68

Números seguidos pela mesma letra na coluna não diferiram estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Silva et al. (2010), verificaram, pela correlação de Pearson, que a altura da planta apresentou maior coeficiente de correlação com a produção de matéria seca sendo, portanto, uma medida importante, e que deve ser levada em conta na seleção de plantas mais produtivas.

Junior et al. (2016), avaliando características morfométrias da palma forrageira gigante, submetida a diferentes adubações, observaram que o tratamento sem adubação (00-00-00) propiciou a menor altura de planta, semelhante aos encontrados no presente trabalho.

Silva et al. (2016), avaliando a produtividade e crescimento vegetativo da palma forrageira sob espaçamentos e adubações química, verificaram diferença significativa ($p < 0,05$) para a adubação na palma colhida com 620 dias após o plantio e constataram menor altura de planta no tratamento testemunha (sem adubação) obtendo 75 cm, quando comparado com os tratamentos com P (00-150-00), NP (200-150-00) e NPK (200-150-100), obtendo valores médios para altura de 86,53; 87,61 e 92,86 cm respectivamente, corroborando com encontrados neste trabalho no qual o uso de fósforo na adução proporcionou maior altura de planta e diferiu estatisticamente dos tratamentos que não receberam fósforo.

A largura da planta também sofreu influência dos tratamentos. As plantas que receberam adubação com nitrogênio + fósforo apresentaram a maior largura de planta (83,58 cm) mas não diferenciou ($P < 0,05$) das plantas que receberam P na formulação (Tabela 2). As plantas que não foram adubadas apresentaram a menor largura, no entanto não houve diferença ($P < 0,05$) em relação aos tratamentos que não receberam P.

Ao observar os dados nota-se resposta positiva a aplicação do fósforo em relação as característica altura e largura da planta, principalmente quando associado ao nitrogênio,

evidenciado pela maior altura e largura das plantas no tratamento com NP (40-200-00) e NPK (40-200-120).

Segundo Marschner (2012), o elemento nitrogênio é responsável pela vegetação, e o fósforo acelera a formação de raízes e o crescimento das plantas, influenciando nas características fenotípicas expressas pelos genótipos.

Marinho et al. (2018), encontraram resposta significativa para a altura e largura de plantas de palma forrageira cv miúda submetida a doses crescente de adubação química. A maior altura média obtida foi de 54 cm com a dose de 947 kg.ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O. A maior largura média obtida foi de 82 cm com dose de 1.262 kg.ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O.

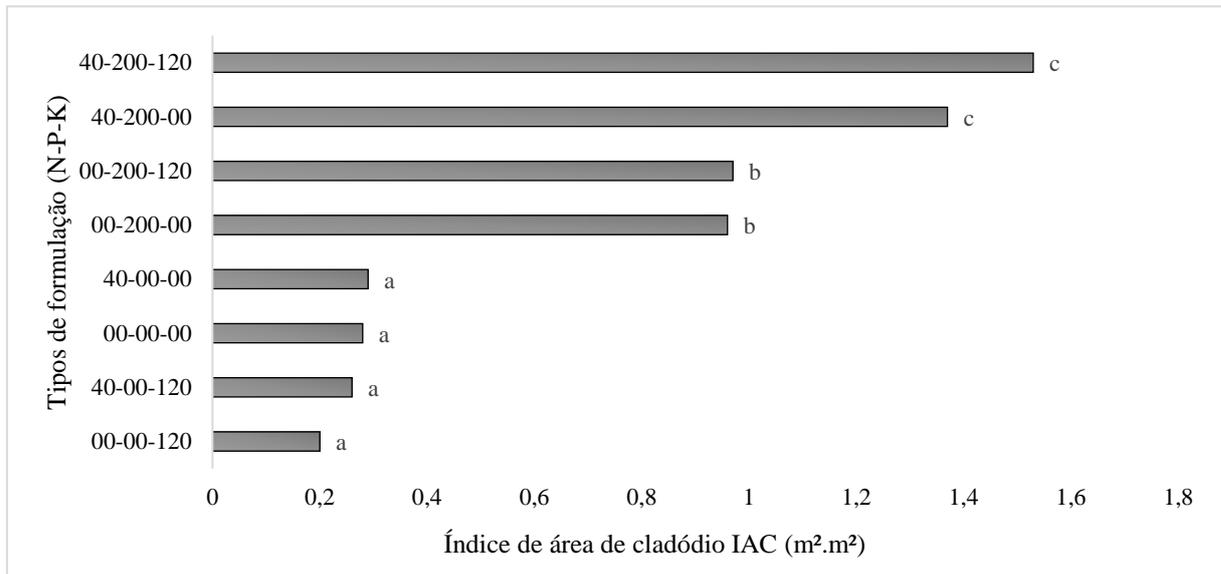
Os resultados encontrados pelos autores estão de acordo com os encontrados no presente trabalho, no qual a palma forrageira cv miúda respondeu positivamente a adubação. Fica claro ainda que a resposta à adubação da palma miúda fica limitada a disponibilidade de fósforo no solo.

3.3 Índice de área de cladódios

O índice de área de cladódio (IAC) foi influenciado pelas formulações apresentando efeito significativo ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey. As plantas que receberam NPK (40-200-120) e NP (40-200-00) apresentaram maiores IACs (1,53 e 1,37 m².m²) respectivamente. As plantas adubadas com os tratamentos P (00-200-00) e PK (00-200-120) apresentaram IAC intermediário, mas foram superiores aos tratamentos que não receberam P via adubação química (Figura 7).

O uso de fósforo na adubação influenciou positivamente no IAC da palma forrageira cv miúda, principalmente quando associado ao nitrogênio na formulação, assim como ocorreu com o número de cladódios/planta e número de cladódios/hectare. Isso ocorre porque essas características estão correlacionadas, pois ao aumentar o número de cladódios brotados numa planta de palma tende-se a aumentar a ocupação do solo por essa planta. Essa ocupação do solo lhe garante maior competitividade em relação ao aproveitamento dos recursos naturais, principalmente radiação solar interceptada devido ao aumento da área fotossinteticamente ativa da planta.

Figura 7 - Índice de área de cladódio (IAC) da palma forrageira (*N. cochenillifera*) cv miúda submetida a formulações com NPK.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De acordo com Silva et al. (2014), a medida de índice de área de cladódio (IAC) é útil para se estimar a capacidade fotossintética da palma, que pode ser usada na mensuração do crescimento vegetativo e permite refletir os efeitos do manejo sobre o desenvolvimento da cultura.

Donato (2011), avaliando doses de esterco bovino e diferentes espaçamentos no desenvolvimento da palma forrageira, encontrou efeito significativo ($P < 0,05$) para doses de esterco em relação ao IAC. O autor encontrou valores que variaram de 1,9 a 5,1 $m^2.m^2$ para 0 e 90 $t.ha^{-1}$ de esterco bovino na palma colhida com 600 dias após o plantio.

Junior et al (2016), verificaram que o índice de área de cladódio é uma variável que não depende apenas da densidade de plantio, mas também do estado nutricional da planta. Os autores encontraram efeito significativo ($p < 0,05$) para adubação com macronutrientes NPK e matéria orgânica em relação ao índice de área de cladódio (IAC) na palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*) cv gigante colhida aos 650 dias após o plantio (DAP), chegando a atingir 3,88 $m^2.m^2$. Esses resultados estão de acordo com os da presente pesquisa, uma vez que, foi encontrado resposta significativa para a adubação em relação ao IAC.

Os valores de IAC superior aos do presente trabalho encontrado por Junior et al. (2016), e Donato (2011), justifica-se, pois, os autores trabalharam com palma gigante, planta do gênero *Opuntia sp.* que apresentam naturalmente cladódios bem maiores que as do gênero *Nopalea sp.* utilizada na presente pesquisa.

Filho (2018), ao avaliar níveis de sombreamento e doses de nitrogênio encontrou IAC máximo de $0,9 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^2$ em palma miúda colhida com 380 dias após o plantio (DAP).

Donato et al. (2014), destacaram que o IAC é um fator que determina a área fotossintética ativa da planta, uma vez que indica a capacidade da planta em interceptar a luz solar, para transformá-la de forma eficiente em produção de matéria seca.

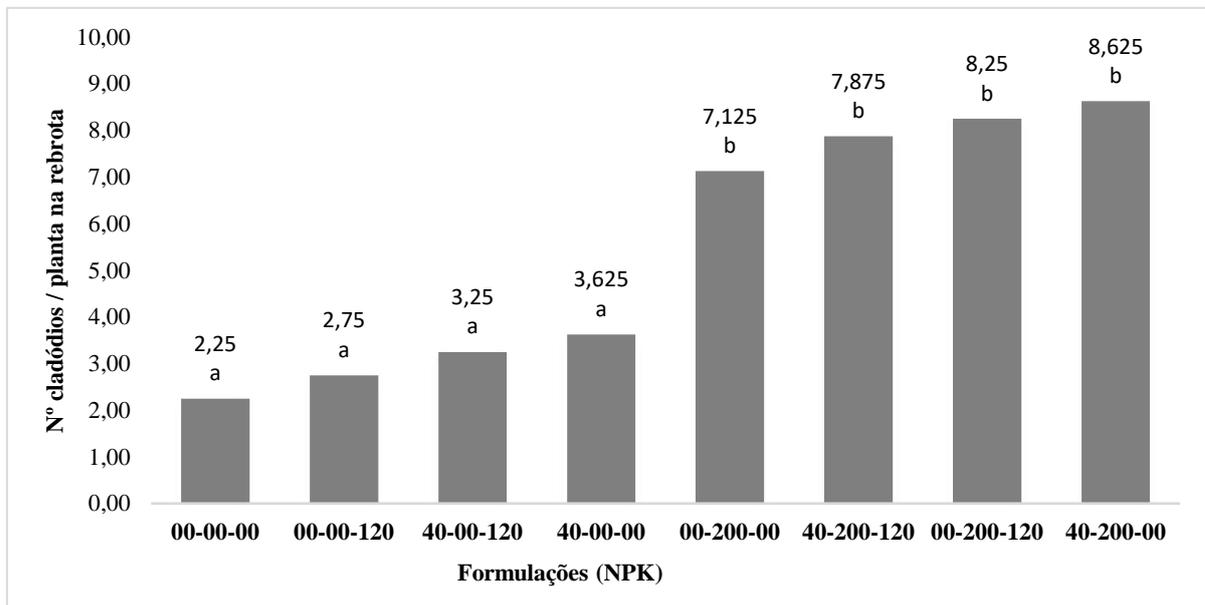
3.4 Capacidade de rebrota

A rebrota aos 60 dias após a colheita foi influenciada pelas formulações. As plantas que receberam adubação fosfatada apresentaram maior capacidade de rebrota evidenciado pelo maior número de cladódio brotados por planta e conseqüentemente diferiram ($P < 0,05$) das plantas que não receberam adubação química com P, promovendo a formação de dos grupos de tratamentos (Figura 8).

A maior rebrota observada nas plantas que receberam fósforo pode estar associada à um aumento na disponibilidade de energia (ATP) proporcionado pelo maior acúmulo de fósforo nas plantas, além disso o fósforo está associado a absorção de nitrogênio que é o elemento responsável pela vegetação nas plantas, pois está associado a divisão celular.

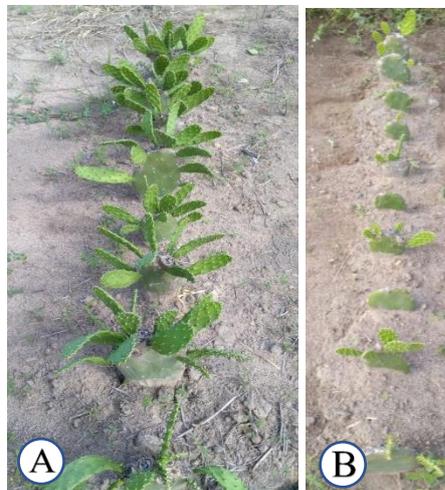
Ao comparar o grupo de tratamento que recebeu fósforo na adubação com o que não recebeu tem-se um incremento na produção de cladódios superior a 144%, indicando que as plantas que cresceram sem limitação de fósforo foram capazes de restabelecer sua área foliar com maior eficiência, fato este muito importante pois garante a estabilidade produtiva da cultura ao longo dos anos.

Figura 8 – Número de cladódios por planta na rebrota da palma miúda aos 60 dias após a colheita.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Figura 9 – Rebrota de plantas de palma miúda com 60 dias após a colheita, Com P (A); sem P (B).



Fonte: Nascimento Rodrigues, G, 2019

As plantas da palma miúda, no presente trabalho, apresentaram a mesma dinâmica de resposta para as variáveis biométricas em relação aos tratamentos. Como foi observado, o macronutriente fósforo foi o elemento chave para a promoção do desenvolvimento da palma miúda. No entanto, essa resposta, tão evidente, pode não ser a mesma em ambientes em que o fósforo não seja um fator limitante, ou seja, com teores abaixo de 10 mg.dm³.

A variável capacidade de rebrota nos dá uma ideia de como a palma forrageira irá reagir após uma colheita, indicando se a planta tem ou não capacidade de restabelecer sua parte aérea e se isso vai interferir na produtividade. Diante disso, deve ser levada em conta nas avaliações dos experimentos, mesmo sendo uma variável pouco estudada, já que não se encontra trabalhos na literatura que aborde este tipo de variável.

3.5 Teores de N, P, K, Ca e Mg na massa seca da parte aérea da palma forrageira cv miúda

A concentração de nutrientes na matéria seca da parte aérea da palma forrageira cv miúda apresentou diferença significativa para os nutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), já para os macronutrientes potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) não houve diferença significativa ($P>0,05$) pelo teste de Tukey 5% (Tabela 3).

A preferência de absorção variou de acordo com o elemento e se deu na seguinte ordem $Ca>K>N>Mg>P$, sendo os valores médios de 26,09; 16,01; 14,37; 6,19 e 0,85 $g.kg^{-1}$ respectivamente.

Tabela 3 – Teores de macronutrientes na matéria seca da parte aérea da palma forrageira (*N. cochenillifera*) cv miúda submetida a diferentes formulações.

Formulações kg.ha ⁻¹	Macronutrientes na massa seca da palma ($g.kg^{-1}$)				
	N	P	K	Ca	Mg
00-00-120	11,15 a	0,41 a	16,67 a	26,00 a	7,00 a
00-00-00	11,90 ab	0,38 a	17,45 a	28,00 a	5,50 a
40-00-120	12,05 ab	0,32 a	17,01 a	25,00 a	5,50 a
40-00-00	13,23 ab	0,48 a	12,50 a	29,25 a	6,25 a
00-200-120	14,88 abcd	1,27 b	18,49 a	24,25 a	6,00 a
40-200-120	16,15 bcd	1,21 b	16,67 a	25,00 a	6,25 a
00-200-00	17,58 cd	1,25 b	16,50 a	23,00 a	6,75 a
40-200-00	17,98 d	1,46 b	12,81 a	28,25 a	6,25 a
Média	14,37	0,85	16,01	26,09	6,19
CV %	12,88	27,48	40,6	10,26	25,03

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P<0,05$).

3.5.1 Teor de nitrogênio

O teor de nitrogênio na matéria seca da palma apresentou uma variação de 6,83 $g.kg^{-1}$ ao comparar a menor e maior média, essa variação equivale a um incremento de 61,25% na quantidade do macronutriente na planta. As plantas adubadas com NP (40-200-00) apresentaram a maior média (17,98 $g.kg^{-1}$), o que representa uma concentração de 179,8 kg de N para cada 10 toneladas de matéria seca produzida (Tabela 3), porém não diferiu

estatisticamente dos tratamentos composto por P, PK e NPK pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As plantas adubadas com potássio (00-00-120) apresentaram a menor média, contudo não diferiu da testemunha (00-00-00), (40-00-120), (40-00-00) e (00-200-120).

A adição de nitrogênio ao solo aumentou a disponibilidade deste elemento e conseqüentemente a sua absorção pelas plantas, contudo os tratamentos que continham fósforo, mesmo na ausência do nitrogênio, promoveram um maior acúmulo de nitrogênio na matéria seca da palma. Isso pode ter ocorrido porque de acordo com Ruffly JR. et al. (1993), a deficiência de fósforo na planta provoca uma redução na absorção de nitrogênio que pode está associado a diferentes fatores ligados ao estresse de fósforo na planta. Uma possibilidade seria a redução na disponibilidade de energia (ATP) requerida para a absorção ativa de nitrato (NO_3^-) através da plasmalema das células radiculares.

Conforme Braga (2018), para cada 1% de matéria orgânica no solo, são mineralizados anualmente, $20 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de nitrogênio, logo, mesmo não havendo a adição química de nitrogênio em alguns tratamentos, justifica-se a maior quantidade desse nutriente na massa seca da parte aérea da palma miúda quando as parcelas receberam P, uma vez que o solo do presente trabalho apresentou 2,08 % de matéria orgânica (Tabela 1) o que equivale a $40 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ N mineralizados anualmente.

Na literatura há vários trabalhos relatam a relação existente entre N e P em algumas culturas. Alves et al. (1996), trabalhando com solução nutritiva, concluíram que a omissão de P reduziu os teores de nitrogênio da folha, colmos e raiz de híbridos de milho (*Zea mays L.*), indicando que o estresse causado pela ausência de fósforo diminuiu a absorção de nitrogênio pelas plantas. Esses resultados colaboram com os encontrados no presente trabalho, no qual observou-se que as plantas adubadas com P apresentaram maior quantidade N na massa seca da parte aérea.

Silva et al. (2012), também encontraram interação positiva entre nitrogênio e fósforo ao avaliar a composição bromatológica de palma forrageira cultivada em diferentes espaçamentos e adubações química. Os mesmos concluíram que houve uma interação sinérgica entre P e N que favoreceu o aumento de produtividade na palma forrageira. Por outro lado, Dubeux Junior et al. (2010), encontraram relação inversa entre a absorção de fósforo e nitrogênio na palma forrageira.

Souza (2015), trabalhando com palma miúda encontrou teores de N variando de 12,83 a $18,32 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ para a aplicação de 0 e $30 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ de esterco bovino respectivamente, com colheita anual. Assemelhando-se aos encontrados no presente trabalho no qual verificou-se uma variação 11,15 a $17,98 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ N na matéria seca a parte aérea da palma miúda.

Ao avaliar a composição mineral em cladódios de palma forrageira sob diferentes espaçamentos e adubação química, Silva et al. (2012), verificaram resposta positiva a adição de nitrogênio ao solo e encontraram diferença significativa para os tipos de formulação em relação à concentração de nitrogênio na massa seca da palma com valores variando de 10,2 a 14,7 g.kg⁻¹ para os tratamentos testemunha (00-00-00) e NPK (200-150-100) respectivamente, aos 390 dias após o plantio (DAP).

3.5.2 Teor de fósforo

O acúmulo de fósforo na biomassa seca dos cladódios da palma forrageira foi influenciado pelos tratamentos ($p < 0,05$). O uso das formulações contendo o nutriente fósforo promoveu maior disponibilidade desse elemento no solo e, conseqüentemente, maior absorção e concentração nas plantas (Tabela 3). As plantas adubadas com NP, P, NPK e PK apresentaram maior concentração de P na massa seca da parte aérea e foi superior ($P < 0,05$) aos tratamentos que não receberam P na formulação.

O uso da adubação química com fósforo, promoveu uma concentração média de 1,30 g.kg⁻¹ de P nas plantas, o que equivale a uma concentração de 13 kg de P para cada 10 t MS produzida. Semelhante aos encontrados por Silva et al. (2012), que encontraram concentrações de 0,8; 1,2; 1,2; 1,2 g.kg⁻¹ de P para os tratamentos testemunha (00-00-00), P (00-150-00), NP (200-150-00) e NPK (200-150-100) kg.ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O respectivamente em *Opuntia ficus indica* aos 620 dias após o plantio (DAP).

Ao comparar a maior com a menor média, tem-se uma variação de 1,14 g.kg⁻¹ que corresponde a um acréscimo de 356 % na concentração do macronutriente na matéria seca da parte aérea da palma. Como isso, conclui-se que a palma forrageira (*N. cochenillifera*) cv miúda responde positivamente a adubação com fósforo.

Dubeux Júnior et al. (2010), também observaram resposta positiva à aplicação de fósforo na palma forrageira cv Gigante e concluíram que essa resposta torna-se evidente quando a concentração do nutriente fosforo (P) no solo está abaixo de 10 mg.dm⁻³, semelhante ao do presente trabalho no qual a concentração de fosforo foi de 2,78 mg.dm⁻³, que é uma concentração considerada muito baixa.

Donato (2011), encontrou respostas crescentes e acúmulo de P nos cladódios da palma “Gigante”, decorrentes da aplicação de esterco bovino, com valores de P variando de 1,2 a 2,4 g.kg⁻¹, para as doses 0 e 90 t.ha⁻¹, em um solo com teor de P de 16,6 mg.dm⁻³, valores superiores ao encontrados no presente trabalho. Essa superioridade pode se dar pelo fato de que ao

adicionar fontes de matéria orgânica tem-se uma diminuição da capacidade de adsorção de fósforo, aumentando os teores disponíveis deste elemento e proporcionando sua maior mobilidade no perfil do solo quando comparada a aplicações na forma de fertilizantes químicos, para doses semelhantes de fósforo aplicadas (SOUZA et al. 2006; NOVAIS et al. 2007).

O conteúdo de fósforo na planta foi influenciado apenas por sua disponibilidade na solução nutritiva do solo, não se observam, portanto, diferenças entre os tratamentos que receberam fósforo, visto que, em ambos, a quantidade aplicada foi a mesma. Cunha et al. (2012), concluiu que a adubação nitrogenada não influenciou os teores de fósforo em cladódios da palma forrageira cv. miúda colhida com um e dois anos, porém o aumento da adubação orgânica promoveu um acréscimo no conteúdo de P variando de 1,7 g.kg⁻¹ a 3,3 g.kg⁻¹ nas doses de 0 e 30 t de MO.ha⁻¹ ano⁻¹.

3.5.3 Teor de potássio

O teor de potássio na massa seca da parte aérea da palma não foi influenciado pelas formulações ($p > 0,05$). As plantas adubadas com fósforo + potássio (00-200-120) apresentaram a maior média (18,49 g.kg⁻¹), já as plantas que receberam adubação com nitrogênio apenas (40-00-00), obtiveram a menor média (12,5 g.kg⁻¹), (Tabela 3). Ao comparar esses tratamentos percebe-se um incremento superior a 40% na concentração de K. A falta de significância pelo teste F da análise de variância pode ter ocorrido pela alta variabilidade dos dados (CV = 40,6%), diminuindo a sensibilidade do teste em detectar a variação premeditada entre os tratamentos. Além disso, o solo do presente estudo continha, no momento da instalação do experimento, 46 mg.dm⁻³ de K (Tabela 1), teor médio de potássio (SOBRAL et al. 2015), o que equivale a 96 kg.ha⁻¹ de K. Com isso, justifica-se a quantidade de K encontrada nos tratamentos que não receberam adubação potássica.

Zúñiga-Tarango et al. (2009), não encontraram resposta significativa para o efeito da adubação com esterco bovino sobre o teor de potássio em cladódios de *Opuntia ficus-indica*. Silva et al. (2012), também não observaram efeito da adubação potássica no teor de K dos cladódios da palma Gigante, o que possivelmente pode ser explicado pela fertilidade natural dos solos.

O teor médio de K na parte aérea da palma encontrado no presente trabalho 16,01 g.kg⁻¹ foi inferior ao de 33,45 g.kg⁻¹ encontrado por Dubex Junior et al. (2010), que avaliaram o experimento com 180 dias após o plantio, fato este que pode ter contribuído para a maior

concentração dos nutrientes nos cladódios, devido, principalmente, a menor quantidade de cladódios por planta que diminui o efeito da diluição e redistribuição dos nutrientes.

Souza (2015), encontrou resposta positiva para adubação orgânica em relação aos teores de K com variação de 25,61 a 68,03 g.kg⁻¹ para os tratamentos testemunha (sem matéria orgânica) e 30 t de MO.ha⁻¹ respectivamente, na palma miúda colhida com um ano de idade, superior ao encontrado neste trabalho. Essa superioridade pode estar relacionada a grande adição de K promovida pelo tratamento com 30 t de MO ha⁻¹ que foi de 990 kg.ha⁻¹ de K.

Os teores de potássio nos cladódios da palma forrageira observados neste trabalho são inferiores aos encontrados na literatura, que varia entre 19,4 e 65,8 g por kg de MS. Isso pode ter ocorrido porque a absorção de potássio pela palma pode ter sido influenciada pela alta disponibilidade de cálcio promovida pela grande adição de calcário (12 t ha⁻¹) no presente trabalho, uma vez que, o Ca²⁺ em alta concentração tem efeito de inibição competitiva sobre o K⁺ (Malavolta et al., 1997). De acordo com Meneghelli (1989), na programação dos experimentos em que o potássio é envolvido, devem ser ajustadas as doses desse elemento, levando em conta os teores de Ca²⁺ e Mg²⁺, bem como o aumento desse elemento quando é realizada a calagem.

3.5.4 Teor de cálcio

O teor de cálcio na massa seca da palma não foi influenciado pelos tratamentos (P>0,05), houve uma variação de 25 a 28,25 g.kg⁻¹ de Ca, com teor médio de 26,09 g.kg⁻¹ o equivalente a 260,90 kg de Ca para cada 10 t de matéria seca produzida (Tabela 3). Esse valor supera ao encontrado por Teles et al (2002), de 235 kg de Ca para 10 t de matéria seca produzida e o encontrado por Lemos et al. (2018), que obteve exportação máxima de 184 kg de Ca para 10 t MS, e é inferior ao encontrado por Donato (2011), que encontrou 300,7 kg de Ca para 10 toneladas de massa seca produzida.

De acordo com Oliveira et al. (2010), a palma forrageira apresenta altos teores de cálcio (2%-5,7% da MS), estando de acordo com o encontrado no presente trabalho (2,60%). Os íons Ca²⁺ são usados na síntese de novas paredes celulares, particularmente na formação da lamela média que separa novas células após a divisão. O cálcio é também requerido para o funcionamento normal da membrana plasmática e tem sido implicado como mensageiro secundário (Ca²⁺- citosólico ou Ca²⁺ ligado à proteína calmodulina) para várias respostas de planta relacionadas com o ambiente e sinais hormonais (TAIZ; ZAIGER, 2013).

Este elemento é indispensável para a manutenção da estrutura e o funcionamento normal das membranas celulares, a permeabilidade das membranas a compostos hidrofílicos depende consideravelmente da concentração de Ca^{2+} e de H^+ no meio. Portanto, a manutenção de um nível adequado de cálcio no solo é necessária para garantir, entre outras coisas, a absorção adequada de outros nutrientes (FAQUIN, 2005).

A ausência de significância entre os tratamentos é justificável, já que todas as parcelas receberam calcário na mesma quantidade, antes do plantio, que é a principal fonte de cálcio para as plantas. Ao que parece a absorção de cálcio pela palma é influenciado, principalmente, pela disponibilidade deste elemento no solo. Donato et al. (2017), encontraram resposta positiva para adição de doses de matéria orgânica no solo em relação ao teor de Ca na matéria seca da palma forrageira cv gigante, os mesmos autores afirmaram, ainda, que o Ca^{2+} é segundo elemento mais absorvido pela palma ficando atrás do K^+ .

No presente trabalho o Ca^{2+} foi o elemento com maior concentração na matéria seca da parte aérea da palma, concordando com Dubeux Junior et al. (2005), que afirmaram ser o Ca^{2+} o elemento mais absorvido pela palma.

Ao analisar trabalhos com nutrição de palma forrageira, independente da espécie, percebe-se que existe uma alternância na preferência de absorção entre os elementos Ca e K, isso ocorre, possivelmente, pela relação que existe entre esses dois elementos no solo. De acordo com Medeiros et al. (2008) a relação Ca/K presente no solo influencia a absorção de potássio e magnésio, logo baixas concentrações de Ca^{2+} favorece a absorção de K^+ e altas concentrações de Ca^{2+} inibe a absorção de K^+ .

3.5.5 Teor de Mg

Os teores de magnésio na massa seca da parte aérea da palma cv miúda não diferiram estatisticamente entre os tratamentos (Tabela 3), a concentração média obtida de $6,19 \text{ g.kg}^{-1}$ o que equivale a $61,9 \text{ kg ha}^{-1}$ de Mg para cada 10 t MS produzida e aproxima-se a concentração encontrada por Silva et al. (2012) de $7,72 \text{ g.kg}^{-1}$ que também não encontraram diferença significativa para os tipos de adução NPK em relação ao teor de Mg na massa seca da palma ‘Gigante’ colhida com 390 dias após o plantio. Dubeux Junior et al. (2010), também encontraram média de $7,44 \text{ g.kg}^{-1}$ de Mg na parte aérea da palma *Opuntia* clone IPA-20, que se assemelha ao encontrado no presente trabalho.

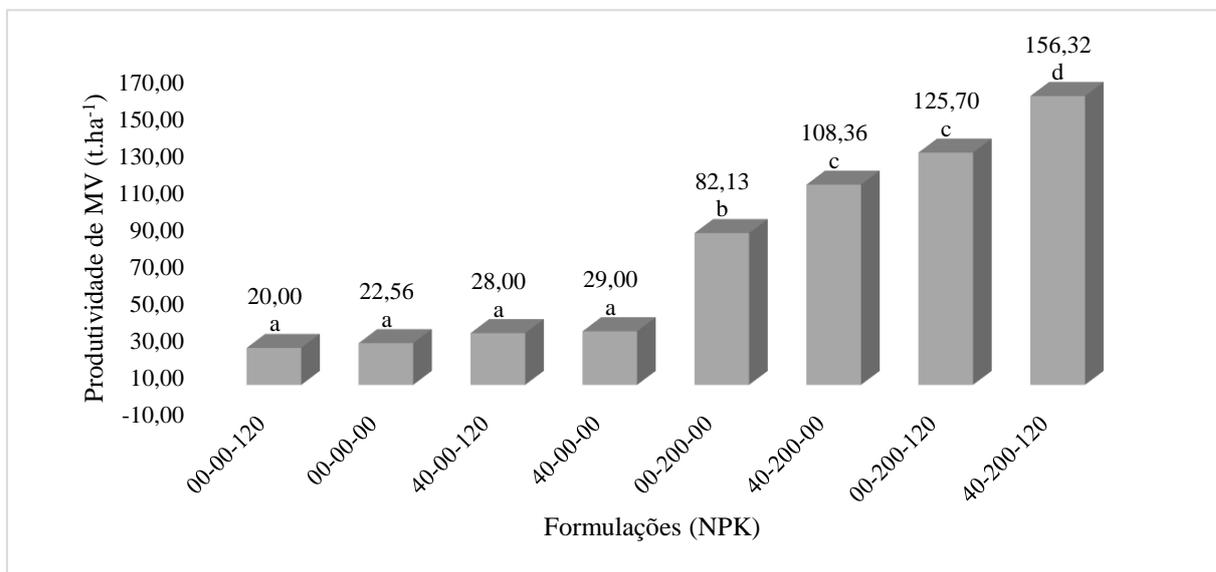
O magnésio é um importante elemento constituinte da estrutura da molécula da clorofila e tem papel específico na ativação de enzimas da fotossíntese, da respiração e da síntese de ácidos nucleicos (TAIZ; ZEIGER, 2013). O aumento da sua absorção pela planta está

relacionado à concentração dos íons Ca^{2+} e K^+ na solução do solo, podendo ele promover o aumento da produtividade das culturas (FRIZZONE et al. 2005), embora a sua influência varie entre as espécies (COSTA et al. 2010).

3.6 Produtividade de massa verde (MV) da parte aérea da palma forrageira cv miúda

A produtividade de massa verde (MV) da parte aérea da palma miúda foi influenciada pelos tratamentos ($p < 0,05$). As plantas adubadas com NPK (40-200-120) obtiveram a maior produtividade de massa verde ($156,32 \text{ t ha}^{-1}$) e diferiu estatisticamente dos demais tratamentos pelo teste de Tukey a 5% (Figura 10). As formulações PK (00-200-120) e NP (40-200-00) proporcionaram produtividade intermediária $125,7$ e $108,36 \text{ t ha}^{-1}$ de MV respectivamente e não diferiram entre si pelo teste de Tukey 5%, contudo foram superiores ao tratamento com apenas P (00-200-00), que obteve $82,13 \text{ t MV.ha}^{-1}$. Porém, as plantas que não receberam adição de fósforo referentes aos tratamentos (00-00-120), (00-00-00), (40-00-120) e (40-00-00) apresentam baixa produtividade de massa verde e foram iguais entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Figura 10 - Produtividade de massa verde (MV) da palma forrageira (*N. cochenillifera*) cv miúda submetida a diferentes formulações com NPK



Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A média observada ($71,51 \text{ t MV.ha}^{-1}$) dos tratamentos que receberam adubação fosfatada representa um incremento de $354,57 \%$ em relação à média obtida pelas plantas que não receberam P na adubação química, este ganho reflete a importância deste macronutriente para a palma forrageira cv miúda.

A maior produtividade (156 t ha^{-1}) de MV da parte aérea da palma obtida no presente trabalho é superior a encontrada por Filho (2018), de $57,7 \text{ t ha}^{-1}$ na palma Miúda colhida aos 383 dias após o plantio e superior a de Peixoto (2009), $41,16 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ porém e inferior a $318,9 \text{ kg.ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ encontrada por Silva et al. (2014).

A maior produtividade encontrada por Silva et al. (2014) está associado a alta fertilidade natural do solo ($\text{CTC} = 21 \text{ cmolc.dm}^{-3}$; $\text{V}\% = 81$ e $\text{P} > 10 \text{ mg.dm}^{-3}$) no qual os autores conduziram o experimento e a alta densidade de plantas usada ($80.000 \text{ plantas ha}^{-1}$). Visto que a palma miúda (*Nopalea cochenillifera*) é uma planta que responde muito bem a solos férteis e ao adensamento permitindo uma maior incorporação de biomassa.

De acordo com Cavalcanti et al. (2014), a palma Miúda produz, em média, $68 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de massa verde (MV), em densidade de cultivo de $20.000 \text{ plantas ha}^{-1}$, inferior a 156 t ha^{-1} encontrado presente trabalho quando as plantas receberam todos os nutrientes. Contudo foi utilizado a densidade ($41.666 \text{ plantas ha}^{-1}$) contribuiu para a maior produtividade.

A palma forrageira cv miúda respondeu positivamente a adição de fósforo ao solo que promoveu um incremento significativo na produção de massa verde pela cultura, sendo este o elemento que apresentou maior limitação a produção da planta. Na ausência da adução fosfatada, o nitrogênio e potássio não foram suficientes para promover aumento na produtividade indicando que a palma miúda não responde a aplicação isolada de K e N quando o fósforo é limitante no solo. Menezes et al. (2005) constataram que o nível de P e K extraível do solo são os fatores que mais apresentam correlação com a produtividade da palma forrageira e evidenciou que 11 mg.dm^{-3} é o nível crítico de P no solo.

Dubex Junior et al. (2010), não encontraram resposta para adição de P ao solo em relação a produção de matéria verde da palma, mas apenas para o K. O potássio promoveu um acréscimo de 17,77% na produção de matéria verde total dos artigos. Diferindo dos resultados encontrados no presente trabalho, no qual só houve resposta para adição de P. A ausência de resposta à adição de P encontrada por Dubex Junior et al. (2010), está associada ao alto nível de fósforo contido no solo em que os autores conduziram o experimento (60 mg.dm^{-3}).

3.7 Produtividade de massa seca (MS) da parte aérea da palma forrageira cv miúda

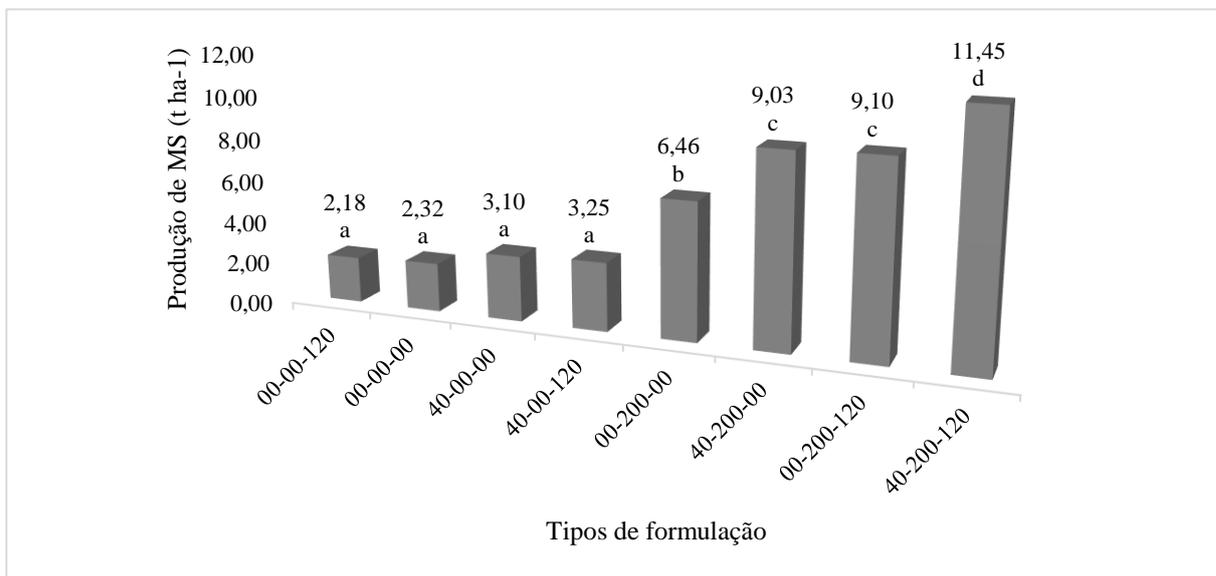
A produtividade de massa seca (MS) foi influenciada pelas formulações ($P < 0,05$) e apresentou a mesma dinâmica da variável anterior, (Figura 11). A maior produtividade ($11,45 \text{ t MS ha}^{-1}$) foi obtida pelas plantas adubadas com NPK (40-200-120) e foi superior a todos os demais tratamentos. As formulações PK e NP proporcionaram produtividade média de 9,10 e

9,03 t ha⁻¹ de MS superior ao tratamento com P (6,46 t MS ha⁻¹) e não diferenciaram entre si. As plantas cultivadas nas parcelas sem adição de P apresentaram baixo rendimento e foram inferiores às que receberam esse macronutriente.

O incremento de produção (425,22 %) obtido, ao comparar a maior menor e média, 11,45 e 2,18 t ha⁻¹ referentes aos tratamentos NPK (40-200-120) e K (00-00-120) evidencia a importância da nutrição mineral para a cultura da palma forrageira (*N. cochenillifera*) cv miúda que respondeu positivamente a adição dos macronutrientes com ênfase para o fósforo que apresentou-se mais limitante, sem o qual a produção da palma miúda torna-se inviável.

A maior incorporação de massa seca pelos tratamentos que receberam fósforo pode estar ligada ao fato deste elemento influenciar a absorção e acúmulo de nitrogênio nas plantas, como mostrado anteriormente. Pelo que se sabe o nitrogênio é um elemento que participa da síntese de diversas enzimas nas plantas, dentre elas a Rubisco, responsável pela fixação de CO₂. Com isso quanto mais N a planta tiver maior a quantidade de enzimas e conseqüentemente maior será a sua fixação e incorporação de esqueletos carbônicos, contribuindo para uma maior produção de biomassa seca.

Figura 11 - Produtividade de massa seca (MS) da palma forrageira (*N. cochenillifera*) cv miúda submetida a diferentes tipos de formulação.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Silva et al. (2012), observaram resposta positiva da palma forrageira ‘Gigante’ a adubação mineral com NPK, NP e P em relação a produtividade de massa seca com média de 17 t ha⁻¹ 620 dias. Superiores aos do presente trabalho, devido, principalmente, ao maior tempo que as plantas passaram no campo para serem colhidas favorecendo o crescimento vegetativo e a incorporação de biomassa.

Dantas (2015), avaliando lâmina de irrigação salina e adubação orgânica na palma miúda adensada encontrou produtividade variando de 7,71 a 13,56 t ha⁻¹ ano de massa seca , semelhante ao observado no presente trabalho, porém inferior a 30,47 t ha⁻¹ ano⁻¹ obtido por Lima et al (2014), com palma miúda irrigada e densidade de 50 mil plantas ha⁻¹.

Lima (2018), encontrou produtividade máxima de 9,57 t ha⁻¹ de massa seca na palma miúda colhida com 380 dias, inferior ao encontrado no presente trabalho.

4. CONCLUSÕES

1. A palma forrageira (*Nopalea cochenillifera*) cv miúda responde positivamente a adubação fosfatada
2. A palma forrageira (*Nopalea cochenillifera*) cv miúda não responde a adubação nitrogenada e potássica quando o fósforo é fator limitante no solo.
3. A adubação química com NPK na palma forrageira (*Nopalea cochenillifera*) cv miúda promove incremento significativo na produção de massa seca e verde.
4. Fósforo e Nitrogênio têm relação sinérgicas na palma forrageira (*Nopalea cochenillifera*) cv miúda.

5. REFERENCIAS

- 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.
- ALVARES, C.A.; Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift* 22, p 711, 2014.
- ALVES, V. M. C.; NOVAIS, R. F.; OLIVEIRA, M. F. G.; BARROS, N. F. Efeito da omissão de fósforo na absorção de nitrogênio por híbridos de milho. **Revista Ceres** 43(248); 435-443p. 1996.
- BRAGA, G. N. M. **Quanto libera de N mineralizado, anualmente, cada 1% de MOS?** Na sala com Gismonti: Assuntos sobre agronomia. 2018. Disponível em: <https://agronomiacomgismonti.blogspot.com/2018/01/quanto-libera-de-n-mineralizado.html>
- CAVALCANTI, F. J. de A. Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco: segunda aproximação. **Instituto Agrônomo de Pernambuco, IPA**, 2008, 212p.
- COSTA, M. R. G. F.; CARNEIRO, M. S. S.; PEREIRA, E. S. FEITOSA, J. V.; SALES, R. O.; MORAIS NETO, L. B. de; PEIXOTO, M. J. A. Produção e composição química da palma forrageira micropropagada *in vitro*. **Revista Brasileira Saúde Produção Animal**, v.11, n.4, p.953-960, 2010.
- CUNHA, D. N. F. V.; GOMES, E. S.; MARTUSCELLO, J. A.; AMORIM, P. L.; SILVA, C. R.; FERREIRA, P. S. Morfometria e acúmulo de biomassa em palma forrageira sob doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 13, n. 4, p. 1156 – 1165, 2012.
- CUNHA, D. N. F. V.; GOMES, E. S.; MARTUSCELLO, J. A.; AMORIM, P.L.; SILVA, R. C.; SILVA, R. C. Morfometria e acúmulo de biomassa em palma forrageira sob doses de nitrogênio. **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.**, Salvador, v.13, n.4, p.1156-1165 out./dez., 2012.
- CURTIS, J. I.; MCINTOSH, R. P. The interrelations of certain analytic and synthetic phytosociological characters. **Ecology**, v. 31, p. 434-455, 1950.
- DANTAS, F. D. G. **Lâminas de água salina e doses de adubação orgânica na produção de palma Miúda adensada no semiárido**. 2015. 92 f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Programa de Pós-Graduação em Produção Animal. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2015.
- DONATO, P. E. R. **Avaliação bromatológica, morfológica, nutricional e de rendimento em palma forrageira sob diferentes espaçamentos e doses de esterco bovino**. Itapetinga-BA:UESB, 2011. 134p. Tese Doutorado.
- DONATO, P. E. R.; DONATO, S. L. R. SILVA, J. A.; AURELIANO J. V.; PIRES & ANCILON A.; JUNIOR, S. **Extração/exportação de nutrientes pela palma forrageira 'Gigante' em diferentes espaçamentos e adubações químicas**. *Rev. bras. eng.agríc. ambient.* 2016, vol.20, n.3, pp.236-242.

DONATO, P. E. R. et al. 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, P.E.R.; PIRES, A.J.V.; DONATO, S.L.R.; BONOMO, P.; SILVA, J.A.; AQUINO, A.A. Morfometria 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.

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

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**. 1. ed. Recife: Editora da UFPE, 2005. p.105-128.

FAQUIM, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras-MG, UFLA. 2005, 186P. Especialização LATO SENSU.

FILHO, R. V. C. **Sombreamento e adubação nitrogenada influenciando o acúmulo de biomassa em palma forrageira *Nopalea cochenillifera***. Rio Largo-AL: UFAL, 2018. 76p. dissertação de mestrado.

FRIZZONE, J. A.; CARDOSO, S. S.; REZENDE, R. Produtividade e qualidade de frutos de meloeiro cultivado em ambiente protegido com aplicação de dióxido de carbono e de potássio via água de irrigação. **Acta Sci. Agron. Maringá**, v. 27, n. 4, p. 707-717, Oct./Dec., 2005.

GOMES, E.S.; CUNHA, D.N.F.V.; MARTUSCELLO, J.A. 2012. Morfometria e acúmulo de biomassa em palma forrageira sob doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal** 13 (4), 1156-1165.

JUNIOR, M.C.P., DONATO, S.L.R., SILVA, J.A da., DONATO, P.E.R., SOUZA, E.S dos.: Características morfométricas e rendimento da palma forrageira ‘Gigante’ sob diferentes adubações e configurações de plantio. **Revista Verde**, v.11, n.1, p.67-72, 2016.

KAMINISKI, J.; GATIBONI, L. C.; RHEINHEIMER, D. S.; MARTINS, J. R.; SANTOS, E. J. S.; TISSOT, C. A. Estimativa da acidez potencial em solos e sua implicação no cálculo da necessidade de calcário. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 26:1107-1113, 2002.

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

LIMA, W. S dos.; Perez-Marin, A.M.; Lambais, G.R. Organic fertilizers on the development of varieties cactus forage. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. V.13, Nº 2, p. 170-175, 2018

LOPES, R. A. et al. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em arroz de terras altas cultivado em sistema de semeadura direta. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 26, n. 4, p. 79-87, 2013.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.

MARINHO, M. A.; HOMEM NETO, S. P.; PIRES, A. J. V.; RIBEIRO, O. L.; CARVALHO, G. G. P.; SANTANA, J. M. P.; SOARES, M. S.; JESUS, M. R. **Características morfológicas da palma forrageira submetida a doses crescentes de adubação química**. IN: congresso brasileiro zootécnica, Goiânia-GO, 2018.

MARQUES, O. F. C.; GOMES, L. S. P.; MOURTHE, M. H. F.; BRAZ, T. G. S.; NETO, O. S. P. Palma forrageira: cultivo e utilização na alimentação de bovinos. **Cad. Ciênc. Agra.**, v. 9, n. 1, p. 75-93, 2017.

MARSCHNER, P. Marschner's mineral nutrition of higher plants. Third Edition. London: **Elsevier**. 2012. 651 p.

MEDEIROS, J. C.; ALBUQUERQUE, J. A.; MAFRA, A. L.; ROSA, J. D.; GATIBONI, L. C. Relação cálcio:magnésio do corretivo da acidez do solo na nutrição e no desenvolvimento inicial de plantas de milho em um Cambissolo Húmico Álico. Semina: **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 4, p. 799-806, out./dez. 2008.

MENEGHELLI, N. A.; CASTRO, A. F. As relações $k^+ / (ca^{++} + mg^{++})^{1/2}$ e $k^+ / (ca^{++} + mg^{++})$ no solo e as respostas a adubação potássica. **Pesq. agropec. bras, Brasília**, 24(6):751-760, jun. 1989.

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

MÜELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. A. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley, 1974. 547 p.

NOBEL, P. S.; RUSSELL, C. E.; FELKER, P.; MEDINA, J. G.; ACUÑA, E. Nutrient Relations and Productivity of Prickly Pear Cacti. **Agronomy journal**, vol. 79, p.550-555, may-june, 1987.

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

OLIVEIRA, F. T.; SOUTO, J. S.; SILVA, R. P. et al. Palma forrageira: adaptação e importância para os ecossistemas áridos e semiáridos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. v. 5, n. 4, p. 27-37, 2010.

PEIXOTO, M. J. A. **Crescimento vegetativo, produção e composição químicobromatológica da palma forrageira consorciada com cajá (*spondias spp*)**. 2009.

71f. Tese ((Doutorado em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

PINHEIRO, K. M.; SILVA, T. G. F.; CARVALHO, H. F. S.; SANTOS, J. E. O.; MORAIS, J. E. F.; ZOLNIER, S.; SANTOS, D. C. Correlações do índice de área do cladódio com características morfogênicas e produtivas da palma forrageira. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.49, p.939-947, 2014.

PINTO, M. S. C. et al. **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-PE. Anais... Recife-PE: SBZ, v. 1, 2002. p.54-54.

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

RUFTY JR.; T.W.; ISRAEL, D.W.; VOLK, R.J.; QIU, J. & SA, T. **Phosphate regulation of nitrate assimilation in soybean.** J Exper. Bot., 262:879-891, 1993.

SALES, A. T.; ANDRADE, A. P.; SILVA, D. S.; LEITE, M. L. V.; VIANA, B. L.; SANTOS, E. G.; PARENTE, H. N. **Potencial de adaptação de variedades de palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* e *Nopalea cochenilifera*) no Cariri Paraibano.** In: Congresso Nordestino de Produção Animal, 4., 2006, Petrolina. Anais... Petrolina: SNPA, 2006. p.434-438.

SEIXAS, A. A.; BARROS, J. L.de; GOMES, V. M.;DONATO, S. L. R.; SERAFIM, V. F.; SALES, E. C. J.de; SOUSA, T. E. S. **Largura, comprimento e índice de área de cladódio da palma forrageira 'Gigante' adubada com esterco bovino em diferentes espaçamentos.** 2014. Disponível em http://www.fepeg2014.unimontes.br/sites/default/files/resumos/arquivo_pdf_anais/resumo_fepeg_angel_amaral_seixas.pdf. Acessado em 15 de junho de 2016.

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

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

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

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

SILVA, P. F.; MATOS, R. M.; BORGES, V. E.; JUNIOR, G. J. D.; NETO, J. D. Crescimento e produção de palma forrageira sob fertilização mineral. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v.4, n.2, p.96-115, 2015.

SILVA, T. G. F. et al. Área do cladódio de clones de palma forrageira: modelagem, análise e aplicabilidade. **Agrária**, Recife, v.9, n.4, p.633-641, 2014.

SOBRAL, L. F.; BARRETO, M. C. V.; SILVA, A. J.; ANJOS, J. L. **Guia Prático para Interpretação de Resultados de Análises de Solo**. Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju-SE, 2015.

SOUZA, D.M.G.de.; NUNES, R.S; REIN, A.T.; SANTOS JÚNIOR, J.D.G dos. *Manejo da adubação fosfatada para culturas anuais no Cerrado*. EMBRAPA, circular técnica 33. 2016. Disponível em <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/154889/1/CT-33.pdf>> Acesso em: 30 julho 2019.

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

SOUZA, T. C. **Sistemas de cultivo para a palma forrageira cv. Miúda (*Nopalea cochenillifera Salm Dyck*)**. 2015. 119 f. Tese (Doutorado Integrado em Zootecnia: Área de Concentração em Forragicultura) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2015.

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

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.

TELES, M. M.; SANTOS, M. V. F. dos; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; BEZERRA NETO, E.; FERREIRA, R. L. C.; LUCENA, J. E. C.; LIRA, M.de A. Efeitos da adubação e de nematicida no crescimento e na produção da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill.) cv. Gigante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n.1, p. 52-60, 2002.

ZÚÑIGA-TARANGO, R.; ORONA-CASTILLO, I.; VÁZQUEZ-VÁZQUEZ, C.; MURILLO-AMADOR, B.; SALAZAR-SOSA, E.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, J.D.; GARCÍA-HERNÁNDEZ, J.L.; RUEDA-PUENTE, E. Desarrollo radical, rendimiento y concentración mineral en nopal *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. en diferentes tratamientos de fertilización. **Journal of the Professional Association for Cactus**. v11, p. 53–68, 2009.

CAPITULO II - Seletividade de herbicida no cultivo da palma forrageira (*Nopalea cochenillifera*) (L.) Salm – Dick cv miúda

RESUMO

A palma é um importante recurso forrageiro para as regiões semiáridas. No Brasil sua produção é concentrada na região Nordeste, onde são plantadas diversas cultivares. No estado de Alagoas a cultivar mais plantada é a palma miúda ou doce (*Nopalea cochenillifera*), por ser resistente a principal praga da cultura (cochonilha do carmim) e também mais palatável para o animal. Diante disso, este trabalho teve como objetivo avaliar a seletividade dos herbicidas Oxyfluorfen, Sulfentrazone, Ametrina e Hexazinone e sua eficiência no controle de plantas daninhas no cultivo da palma forrageira (*N. cochenillifera*) cv miúda. O experimento foi realizado no Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas-UFAL, município de Rio Largo-AL no ano de 2019. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com 5 tratamentos (4 herbicidas + testemunha) e 4 repetições totalizando 20 parcelas. As parcelas foram constituídas por 3 fileiras de plantas com 10 plantas cada espaçadas de 1,20 x 0,20 m com densidade de 41.666 plantas ha⁻¹, a área útil da parcela foi constituída pela fileira central desprezando-se duas plantas de cada bordadura totalizando 8 plantas na área útil. Aos 390 dias após o plantio as parcelas receberam os tratamentos composto pelos herbicidas: Goal BR (1.240 g.i.a./ha), Boral 500 SC (600 g.i.a./ha), Gesapax® (4.000 g.i.a./ha) e Bocker 750 WG (375 g.i.a./ha), cujos ingredientes ativos são: Oxyfluorfen, Sulfentrazone, Ametrina e Hexazinone respectivamente, a testemunha foi composta pelas parcelas que não receberam herbicidas. No decorrer do experimento avaliou-se o rendimento quântico da atividade fotoquímica do fotossistema II (Fv/Fm); Níveis de injúrias; Eficiência dos produtos no controle das plantas daninhas e produtividade de massa verde e seca da parte aérea da palma miúda. O rendimento quântico potencial do FSII (Fv/Fm) da palma miúda não foi afetado pelos herbicidas, indicando que não houve danos fotoinibitórios nas plantas, os valores situaram-se entre 0,76 e 0,83 elétrons quantum⁻¹. As plantas tratadas não apresentaram injúrias, apenas as que receberam oxyfluorfen com danos leves que progrediram para danos pesados sem comprometer o rendimento com recuperação posterior. Os herbicidas oxyfluorfen e ametrina foram eficientes no controle das plantas daninhas nos primeiros 45 dias após a aplicação (DAA), hexazinone apresentou controle moderado até os 45 DAA, já sulfentrazone obteve baixo controle das plantas daninhas que surgiram no período experimental. Os herbicidas, sulfentrazone, ametrina e hexazinone são seletivos para a palma forrageira miúda, oxyfluorfen é seletivo quando aplicado de forma dirigida nas entrelinhas da cultura ou quando as plantas estiverem em repouso vegetativo.

Palavras-chave: Controle químico, plantas daninhas, herbicidas, palma forrageira

1. INTRODUÇÃO

As palmas forrageiras (*Opuntia ficusindica* L.) e (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) são cultivadas em todo o mundo, com diversos fins, dentre eles, tem-se a produção de forrage como utilidade principal (BAYAR et al. 2018; VOLPE et al. 2018). Dessa forma, essas plantas desempenham papel importante nas regiões semiáridas do Brasil, principalmente por possuírem características adaptativas que lhe permite ser produtiva em ambientes com restrições hídricas, suprimindo a necessidade de produtores em períodos de estiagem prolongado.

A adoção de estratégias de manejo com intuito de aumentar a produtividade dessa cactácea é de fundamental importância, uma vez que, a estrutura fundiária do Nordeste é formada na sua maioria por pequenas propriedades, onde, muitas vezes a palma forrageira é o único alimento que o produtor dispõe para alimentar o seu rebanho. (LIRA et al. 2017). Com isso um bom manejo da palma forrageira é de suma importância para o desenvolvimento satisfatório e obter altas produções do palmar (SILVA et al. 2019).

Práticas ideais de manejo como adubação, controle de plantas daninhas e densidade de plantio, possibilitam a planta expressar seu melhor potencial produtivo, e algumas delas já vem sendo estudadas, contudo pesquisas voltadas para o manejo de plantas invasoras em palma forrageira ainda são escassas (RAMOS et al. 2017).

Além da competição por luz, água e nutrientes, as plantas invasoras tem seu efeito negativo intensificados nos cultivos de palma forrageira, devido ao crescimento lento dessa planta. Além disso o sistema radicular superficial da palma, à tona muito sensível ao controle mecânico com uso de enxadas, que dependendo do tamanho da propriedade torna-se uma prática muito cara e inviável financeiramente para o pequeno produtor (SANTOS et al. 2010).

Diante disso, o controle químico com uso de herbicidas torna-se uma prática essencial e promissora, no entanto é importante salientar que no Brasil não existem produtos registrados para controle de ervas daninhas na cultura da palma. Desta forma, os resultados obtidos são válidos enquanto informações da pesquisa. Recomendações neste sentido só após o registro dos produtos pelos órgãos competentes.

Tendo em vista o exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a seletividade de herbicidas e sua eficiência no controle de plantas daninhas no cultivo da palma forrageira (*N. cochenillifera*) cv miúda.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local do experimento e variáveis meteorológicas

O experimento foi desenvolvido no período de 25/03/2019 a 26/06/2019, no Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da UFAL. o plantio ocorreu no dia 22/02/2018 na mesma área experimental do experimento anterior (Capítulo I). Durante o período de avaliação a precipitação acumulada foi de 474 mm e temperatura média de 25 °C. Os dados de precipitação e temperatura foram obtidos da estação meteorológica do Centro de Ciências Agrárias em Rio Largo/AL que fica locada a uma distância aproximada de 300 metros da área experimental.

2.2 Instalação do experimento

O experimento foi montado no delineamento em blocos casualizados (DBC) com 5 tratamentos e 4 repetições totalizando 20 parcelas.

As parcelas experimentais foram constituídas por 3 fileiras de plantas com 2 metros de comprimento cada e espaçamento de 1,20 m entre fileiras e 0,20 m entre plantas, totalizando uma população de 41.666 plantas ha⁻¹. A área útil da parcela foi constituída pela fileira central desprezando-se uma planta de cada extremidade da linha totalizando 8 plantas na área útil de cada parcela. Todas as parcelas receberam adubação com NPK conforme recomendação da análise do solo.

Aos 390 dias após o plantio (DAP) as parcelas experimentais receberam os tratamentos, que foram constituídos por 4 herbicidas + testemunha sendo eles: Goal BR, Boral 500 SC, Gesapax® e Brocker 750 WG cujos ingredientes ativos são Oxyfluorfen, Sulfentrazone, Ametrina e Hexazinona respectivamente. A testemunha foi composta pelo tratamento sem aplicação de herbicida.

As doses utilizadas foram baseadas na recomendação do fabricante, utilizando-se a quantidade necessária para controlar a maior quantidade de espécies de plantas (Tabela 1).

Tabela 1 – Produto comercial, princípio ativo, mecanismo de ação e doses dos herbicidas utilizados no experimento.

Produto Comercial (p.c)	Ingrediente Ativo (i.a)	Mecanismo de ação	Doses
Goal BR	Oxyfluorfen	Inibidor da PROTOX	1.240 g.i.a./ha
Boral 500 SC	Sulfentrazone	Inibidor da PROTOX	600 g.i.a./ha
Gesapax®	Ametrina	Inibidor do fotossistema II	4.000 g.i.a./ha
Brocker 750 WG	Hexazinona	Inibidor do fotossistema II	375 g.i.a./ha
Testemunha	-----	-----	-----

Para a aplicação dos produtos utilizou-se um pulverizador costal pressurizado a CO₂, acoplado em uma barra com dois bicos de jato plano (“leque”) 11002, espaçados entre si de 0,50 m, à pressão constante de 2,0 kgf⁻², proporcionando um volume de calda de 200 L.ha⁻¹.

A aplicação foi direcionada em cima da fileira de plantas correspondente a área útil. Durante a aplicação a fileira foi protegida com uso de uma lona acoplada a estacas de madeira para proteger as demais parcelas da deriva do produto.

2.3 Variáveis analisadas

Durante o período de estudo as variáveis analisadas foram: Rendimento quântico potencial da atividade fotoquímica do fotossistema II (Fv/Fm); Níveis de injúrias; Eficiência dos produtos no controle das plantas daninhas e produtividade de massa verde e seca da parte aérea da palma miúda.

Para avaliação do rendimento quântico do fotossistema II (Fv/Fm), utilizou-se um fluorômetro portátil de frequência modulada modelo PAM 2500, Walz – Germany (Figura 1). Antes das mensurações os cladódios foram mantidos no escuro por cerca de 30 minutos para a desativação da cadeia transportadora de elétrons dos fotossistemas conforme descrito por Bolhar-Nordenkampf e Oquist (1993). Para isso utilizou-se pinças adaptadas e confeccionadas com chapa fina de alumínio, emborrachado preto e cola. As peças foram colocadas em três cladódios distintos, 1º, 2º e 3º ordem numa única planta da área útil da parcela, sendo considerado para a análise estatística a média obtida da leitura dos três cladódios (Figura 1).

As leituras foram realizadas aos 2, 4, 8, 16, 32 e 64 dias após a aplicação dos produtos (DAA).

Para a classificação, os cladódios foram considerados da seguinte forma: os de primeira ordem são aqueles que se originaram do cladódio plantado, ou cladódio mãe,

os de segunda ordem são os originados dos de primeira ordem e os de terceira ordem são aquelas provenientes dos de segunda ordem e assim sucessivamente.

Figura 1 – Avaliação do rendimento quântico potencial do fotossistema II (Fv/Fm). Leitura com fluorômetro (A). Pinças fixadas nos diferentes cladódios (B).



Fonte: Nascimento Rodrigues, G, 2019

No mesmo período de tempo, juntamente com as leituras foram avaliados os níveis de injúrias causados pelos produtos, para isso utilizou-se a escala de notas para avaliação de fitoxidade da E.R.W.C. (European Research Weed Council), como pode ser vista na Tabela 2.

Tabela 2 - Escala de nota para avaliação de fitoxidade E.R.W.C. (European Research Weed Council).

Nota	Descrição do dano
9	Perda total;
8	Prejuízo muito pesado;
7	Prejuízo pesado na colheita;
6	Prejuízo evidente;
5	Duvidoso;
4	Dano pesado sem efeito sobre o rendimento;
3	Dano leve;
2	Sintoma muito leve;
1	Ausência de danos.

As notas foram dadas com base em observações visuais, analisando-se todas as plantas da área útil da parcela.

Para avaliar a eficiência dos produtos no controle das plantas daninhas, foi feita capina manual antes da aplicação dos herbicidas retirando-se todas as plantas daninhas das parcelas. As avaliações ocorreram aos 30, 45 e 90 dias após a aplicação (DAA). Para coleta das plantas utilizou-se um quadrado metálico de 0,25 m² de área que foi lançado na parcela de cada tratamento de forma aleatória. Em seguida coletou-se todas as plantas daninhas dentro do quadrado, colocadas em sacos plásticos e levadas ao laboratório para identificação e contagem. Após cada coleta, todas as parcelas foram capinadas manualmente. Diante dos dados, calculou-se a porcentagem de controle das plantas daninhas com base no número de plantas que emergiram na testemunha (sem uso de herbicidas) e a porcentagem de controle por espécie, considerando-se as espécies com maior frequência na área.

As variáveis produtividade de massa verde e seca foram avaliadas por ocasião da colheita aos 90 dias após a aplicação dos produtos (DAA). Para isso foram colhidos todos os cladódios da área útil de cada parcela e pesados ainda no campo, diante dos dados de pesos calculou-se a produtividade de massa verde. Para o cálculo de massa seca multiplicou-se a produtividade de massa verde de cada tratamento pela sua respectiva porcentagem de massa seca.

Os dados coletados no experimento foram submetidos a análise de variância e a média comparada pelo teste de Tukey 5% de probabilidade, utilizando-se o software Sisvar versão 5.7

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Rendimento quântico potencial da atividade fotoquímica do fotossistema II (Fv/Fm)

O rendimento quântico do fotossistema II da palma miúda não foi influenciado pelos herbicidas ($P < 0,05$), independente da época de avaliação (Tabela 3). Os valores situaram-se entre 0,76 e 0,83 elétrons quantum⁻¹, semelhantes aos encontrados por Filho (2018), que encontrou valores variando de 0,78 a 0,82 na palma miúda ao avaliar níveis de sombreamento e doses de nitrogênio, e aos de Brito et al. (2018), que encontrou valores variando de 0,75 a 0,82 elétrons quantum⁻¹ em palma forrageira ‘Gigante’ em condições ideais de cultivo.

Os valores de (Fv/Fm) expressa a eficiência na captura da energia de excitação pelos centros de reação abertos do PSII (KRAUSE; WEISS, 1991), e representa a eficiência quântica do transporte de elétrons através desse fotossistema, sendo também um indicador válido para danos fotoinibitórios

O valor dessa variável pode variar de 0,75 (limite mínimo) a 0,85 (limite máximo), na maioria das espécies, quando as plantas estão em condições normais, não estressadas (REIS;

CAMPOSTRINI, 2011). Os valores inferiores a esses indicarão comprometimentos na eficiência quântica máxima do fotossistema II e, por consequência, do potencial fotossintético da planta (MAXWELL; JOHNSON, 2000). Quando as plantas são submetidas a estresses como seca (OGREN; OQUIST, 1985), aplicação de herbicidas (CATUNDA et al. 2005) e salinidade (ZANANDREA et al. 2006), o declínio em Fv/Fm é um bom indicador de dano no aparato fotoquímico das plantas.

Tabela. 3 – Rendimento quântico potencial do fotossistema II (Fv/Fm), da palma forrageira (*N. cochenillifera*) cv miúda submetida a aplicação de diferentes herbicidas.

Herbicidas	Dias após a aplicação (DAA)					
	2	4	8	16	32	64
Oxyfluorfen	0,81a	0,79a	0,82a	0,76a	0,79a	0,79a
Sulfentrazone	0,81a	0,79a	0,76a	0,75a	0,79a	0,77a
Ametrina	0,76a	0,76a	0,83a	0,79a	0,80a	0,80a
Hexazinona	0,77a	0,79a	0,78a	0,76a	0,81a	0,80a
Testemunha	0,79a	0,79a	0,80a	0,79a	0,79a	0,82a
Média	0,78	0,78	0,80	0,77	0,80	0,80
CV %	6,63	3,21	5,32	3,71	2,56	2,81

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não difere estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados obtidos no presente trabalho indicam que os herbicidas utilizados não afetaram a atividade fotoquímica da palma forrageira (*N. cochenillifera*) cv miúda quando aplicados aos 392 DAP. Ao longo do período de avaliação os valores de Fv/Fm foram mantidos praticamente estáveis independente da ordem dos cladódios (1^a, 2^a e 3^a) indicando que em nenhum momento os herbicidas afetaram os processos bioquímicos das plantas tratadas.

A palma é uma planta que apresenta características morfofisiológicas que a torna tolerante a longas estiagens como ausência de folhas e caules modificados capazes de realizar fotossíntese conhecido como cladódios (BELARMINO, 2017). Os cladódios da palma forrageira possui estômatos, que são responsáveis pelas trocas gasosas e é uma das vias de entrada dos herbicidas (CARVALHO, 2013), porém estão em razão muito menor ao comparar com plantas C3 e C4 (MOHOTTI; LAWLOR, 2014), além disso os estômatos na palma forrageira é coberto por uma camada de cutícula espessa responsável por controlar a evaporação (SILVA; SANTOS, 2006).

Essas características da palma forrageira miúda associadas à aplicação mais tardia dos herbicidas, permitiu que houvesse pouca ou nenhuma penetração das moléculas aplicadas, devido a maior diferenciação morfológica das plantas como espessura da cutícula e aumento do índice de área de cladódios (PETTER et al. 2011). De acordo com Ladlie (1991), a deficiência

de movimentação do herbicida na planta, em razão da absorção e/ou translocação reduzidas, pode ser a causa da tolerância ou seletividade em inúmeras culturas e plantas daninhas.

Carvalho (2013), cita que a atuação eficiente dos herbicidas depende de sua penetração e absorção na planta alvo, sendo a via mais importante de absorção dos herbicidas aplicados na folha a cutícula que é formada por ceras epicuticulares (lipofílica ou apolar). Após aplicados, os herbicidas devem atravessar a camada cuticular e entrar na célula para exercer seu mecanismo de ação ou ser transportado até os feixes vasculares para serem transcolados até o local de ação na planta.

Os herbicidas oxyfluorfen e sulfentrazone são inibidores da enzima protoporfirinogênio oxidase (PROTOX), não participam diretamente no processo da fotossíntese, mas geram a acumulação de compostos fotodinâmicos que interferem negativamente na fotossíntese, respiração e cadeia de transporte de elétrons (DUKE et al. 1991). Com isso, danos no aparato fotossintético ocasionados pela aplicação desses produtos podem afetar o rendimento quântico potencial do fotosistema II.

Torres et al. (2012), trabalhando com cana de açúcar, verificaram que uso do sulfentrazone, tebuthiuron e clomazone, causaram danos na taxa transpiratória e danos fotoinibitórios na cultura. E ressaltaram ainda, que esses herbicidas agem diretamente no aparato fotossintético das plantas em que são aplicados, pois o sulfentrazone tem como mecanismo de ação a inibição da rota metabólica de síntese da enzima protoporfirinogênio oxidase (PROTOX), atuando indiretamente na síntese de clorofila em plantas sensíveis. Os autores concluíram ainda, que o diuron + hexazinone não afetaram a taxa transpiratória e não causaram danos foto inibitórios na cana-de-açúcar.

3.2 Níveis de injúrias na palma miúda

Os níveis de injurias na palma miúda após aplicação dos herbicidas apresentaram pequena variação ($P < 0,05$) de acordo com o produto e a época de avaliação. Com 2 dias após a aplicação (DAA) não foi verificada injúrias nos cladódios da palma em nenhum tratamento. A partir de 4 DAA verificou-se injúrias apenas no tratamento com Oxyfluorfen, no qual as plantas apresentaram sintomas muito leve que progrediu a dano pesado sem efeito sobre o rendimento com 16 DAA e aos 64 dias após a aplicação as plantas apresentavam sintomas muito leve que foram desaparecendo progressivamente (Tabela 4).

As injúrias consistiram em manchas marrom-avermelhada nos pontos de contato entre o herbicida e a cultura, e com o passar do tempo as mesmas não coalesceram, isso ocorreu porque o oxyfluorfen é um herbicida de ação não sistêmica e não transloca no tecido vegetal,

sendo necessário uma boa cobertura das plantas quando o mesmo é aplicado em pós-emergência (ASSUNÇÃO et al. 2017). Os danos maiores foram observados nos cladódios mais jovens (figura 2), recém brotados, justamente por possuírem mais tecidos meristemáticos e menor quantidade de cutícula facilitando a penetração do produto aplicado.

Tabela 4 - Nível de danos na palma forrageira miúda (*N. cochenillifera*), após aplicação de herbicidas em diferentes períodos de avaliação. Dados médios referentes a notas, variando de 1 (ausência de injúrias) a 9 (perda total).

Herbicidas	Dias após a aplicação (DAA)					
	2	4	8	16	32	64
Oxifluorfem	1,00a	2,25b	3,8b	4,0b	3b	2,25b
Sulfentrazone	1,00a	1,00a	1,00a	1,00a	1,00a	1,00a
Ametrina	1,00a	1,00a	1,00a	1,00a	1,00a	1,00a
Hexazinone	1,00a	1,00a	1,00a	1,00a	1,00a	1,00a
Testemunha	1,00a	1,00a	1,00a	1,00a	1,00a	1,00a
CV	10,25	10,33	26,08	20,46	19,86	15,4

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não difere estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Figura 2 – Cladódios da palma miúda com injurias provocadas por oxyfluorfen. Cladódios mais velhos com baixa penetração do produto (A), Cladódios jovens, recém brotados, com níveis elevados de injúrias devido a maior penetração do produto (B, C).



Fonte: Nascimento Rodrigues, G, 2019

De acordo com Oliveira Jr, et al. (2011), herbicidas inibidores PROTOX, quando em contato com a planta, apresenta pouca seletividade, no entanto muitas culturas tem capacidade de recuperar a área foliar afetada, fato este observado no presente trabalho, onde as plantas apresentaram certo nível de injúria, mas se recuperaram.

Gallon et al. (2016), avaliando o efeito de herbicidas inibidores da PROTOX em soja observaram que a aplicação de lactofen provocou injurias na cultura que se recuperou 20 DAA sem haver redução da produção. Gonçalves et al. (2009), verificaram que a aplicação de

oxyfluorfen no pinhão manso provocou injurias que desapareceram ao longo do tempo com o surgimento de novas brotações.

As plantas que receberam aplicação com os herbicidas Ametrina, Sulfentrazone e Hexazinona não apresentaram sintomas de fitointoxicação em todo o período de avaliação, e não diferiram da testemunha composta pelo tratamento sem aplicação de herbicidas, indicando maior tolerância da palma a esses herbicidas.

Silva et al. (2019), avaliando a seletividade de herbicidas em casa de vegetação em duas variedades de palma forrageira, observaram que os herbicidas Oxyfluorfen e Ametrina causaram danos severos aos cladódios da palma miúda e gigante de Alagoas diferindo do que foi observado no presente trabalho, no qual a ametrina não causou injurias aos cladódios da palma e o oxyfluorfen provocou danos leves que desapareceram com o passar do tempo.

O efeito deletério de ametrina e oxyfluorfen encontrados por Silva et al (2019), pode estar relacionado a alguns fatores, dentre eles a idade das plantas, uma vez que os autores aplicaram os herbicidas com as plantas ainda jovens com 90 dias após o plantio (DAA), nessa condição as mesmas apresentam menor reserva, mais tecidos meristemáticos e cladódios recém brotados com menor quantidade de cutícula e mais susceptível a ação dos herbicidas. Outro fator foi a temperatura atingida na estufa (41,9°C) e a baixa luminosidade na estufa que os autores conduziram o experimento, pois esses estresses ambientais induz a uma mudança na composição e estrutura da cutícula, e estas mudanças podem influenciar a penetração dos herbicidas na planta (OLIVEIRA JR et al. 2011).

Carvalho et al. (2016), não verificaram injúrias na palma forrageira miúda ao ser submetida a doses de hexaron (diuron + hexazinona), sendo o controle das plantas daninhas eficiente. Corroborando com os resultados encontrados no presente trabalho.

O herbicida sulfentrazone, apesar de possuir o mesmo mecanismo de ação de oxyfluorfen, nenhuma injúria foi observada ao aplicar esse produto nas plantas de palma miúda, essa diferença na tolerância pode estar relacionada a vários fatores, dentre eles tem-se as características físico-químicas dos produtos que exerce grande importância. Oliveira e Brighenti (2011), relatam que, apesar da grande semelhança estrutural entre os componentes de um mesmo grupo químico e modo de ação, a seletividade para as plantas entre herbicidas é bastante variável, e cada produto apresenta espectro de ação definido e específico. Pequenas diferenças na absorção e translocação poderão ocorrer entre plantas, podendo explicar as diferenças de tolerância aos herbicidas inibidores da enzima PROTOX (RITTER; COBLE, 1981).

De acordo com Higgins et al. (1988), a seletividade de herbicidas inibidores da enzima PROTOX em espécies tolerantes pode estar relacionada à absorção e translocação limitada do herbicida, ao sequestro de herbicida ou à concentração aumentada da enzima PROTOX mitocondrial, que reduz o excesso de protoporfirinogênio no citoplasma. Contudo herbicidas inibidores da PROTOX apresentam diferenças de absorção entre espécies de plantas, mas a translocação geralmente é limitada (VANSTONE; STOBBE, 1978).

O oxyfluorfen e sulfentrazone são herbicidas enzimáticos com mesmo mecanismo de ação, atuam na inibição da protoporfirinogênio oxidase (PROTOX), responsável pela oxidação do protoporfirinogênio à protoporfirina IX (precursores da clorofila). Estas moléculas apresentam alto efeito residual no solo, associado ao metabolismo lento desta nas plantas, podem apresentar efeitos tanto em pré como em pós-emergência (KIM et al. 2014; MANTZOS et al. 2014).

Ametrina e hexazinona são herbicidas inibidores do fotossistema II, que afetam a fotossíntese por bloquear o transporte de elétrons da Quinona A (QA) para Quinina B (QB) na proteína D1 ao se ligarem em sítios específicos na QB, interrompendo a fixação de CO₂ e produção de NADPH₂ e ATP, os quais são elementos essenciais para o crescimento das plantas (OLIVEIRA JR et al. 2011). A ação seletiva dos herbicidas desse mecanismo de ação já é bem elucidada para algumas espécies de plantas. Cultura como milho e sorgo, possuem a enzima glutathione-S-transferase (GSTs) e podem metabolizar seletivamente os herbicidas triazínicos em substâncias não tóxicas (PETERSON, et al. 2001). Contudo, além do metabolismo diferenciado, a menor absorção dos herbicidas inibidores do PF II por algumas plantas, constitui o principal mecanismo de seletividade.

Os herbicidas ametrina e hexazinona possuem ação tanto em pré-emergência como em pós-emergência, uma vez aplicado no solo são absorvidos via raiz pelas plântulas após a germinação e se transloucam até as folhas via corrente transpiratória, quando aplicados em pós – emergência esses herbicidas possuem translocação limitadas e necessitam de uma boa cobertura foliar (CORREIA; KRONKA JR, 2010). Com isso, a baixa transpiração da palma forrageira devido a menor frequência de abertura estomática pode explicar a reduzida absorção dos herbicidas inibidores do fotossistema II, uma vez eles são eficientemente transcolados via xilema e dependem do fluxo transpiratório da planta para ser absorvidos via raiz e transcolados até as folhas onde iram atuar no sítio ativo das enzimas. (SCALISI et al. 2016)

3.3 Eficiência dos herbicidas no controle das plantas daninhas

A área experimental apresentou heterogeneidade de infestação com monocotiledônea e dicotiledônea. As principais plantas observadas no período de avaliação foram Burra leiteira (*Euphorbia hyssopifolia*), Poaia branca (*Richardia brasiliensis*), Capim colchão (*Digitaria spp.*), carrapicho rasteiro (*Acanthospermum australe*), Erva-de-palha (*Blainvillea rhomboidea*), Hortelã do campo (*Marsypianthes chamaedrys*), Lambrigueira (*Spigelia anthelmia*), Falsa serralha (*Emilia spp.*) e *Mimosa spp.*

A porcentagem de controle das plantas daninhas variou para cada herbicida (Tabela 5). Aos 30 DAA todos os produtos foram eficientes e apresentaram controle superior a 85%, exceto para o sulfentrazone que apresentou controle inferior a 70%, porém não diferiu estatisticamente dos demais. Aos 45 DAA houve um leve decréscimo no percentual de controle sendo que ametrina apresentou o maior controle (92,22%) seguido de oxyfluorfen (90,24%) e hexazinone (85,71%). Aos 90 DAA observou-se um decréscimo acentuado no controle das principais plantas daninhas para todos os herbicidas, neste período apenas oxyfluorfen apresentou controle superior a 70%, mas não diferiu de sulfentrazone e ametrina que por sua vez também apresentaram controle semelhante ao hexazinone, ambos se igualaram a testemunha.

A menor eficiência no controle das plantas daninhas pelos herbicidas ao passar do tempo pode ser explicada pela redução na quantidade residual do produto no solo. A maior disponibilidade hídrica no período de avaliação e condução deste experimento contribuiu para a ocorrência de lixiviação de alguns produtos como por exemplo o sulfentrazone o hexazinone por possuírem maior solubilidade, retirando-os da camada superficial do solo e levando-os para baixo da zona de crescimento das plantas. A precipitação acumulada no período de condução do experimento ultrapassou os 400 mm.

Tabela 5 – Valores médios de controle de plantas daninhas aos 30, 45 e 90 dias após a aplicação (DAA).

Tratamentos	Dose (g.i.a ha ⁻¹)	Controle de plantas daninhas (%)		
		30 DAA	45 DAA	90 DAA
Oxyfluorfen	1240,00	93,14 b	90,24 c	73,98 b
Sulfentrazone	600,00	69,82 b	69,28 b	47,41 ab
Ametrina	4000,00	92,44 b	92,22 c	32,78 ab
Hexazinone	375,00	86,30 b	85,71 c	9,10 a
Testemunha	-----	0,00 a	0,00 a	0,00 a
CV %		14,85	7,78	49,68

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não difere estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Ribeiro (2016), cita que solo com baixa umidade, afeta a degradação de alguns produtos, uma vez que reduz a massa e atividade microbiana (principal via de degradação de sulfentrazone), tornando-os mais ativos e persistentes devido a menor quantidade na solução do solo. justificando o porquê de solos mais secos apresentarem maior persistência e efeito residual, aumentando assim o intervalo entre aplicações para controle de plantas daninhas.

Além disso, o baixo controle inicial das plantas daninhas observado no tratamento com sulfentrazone está associado às espécies de plantas que surgiram na área experimental, uma vez que este herbicida tem como alvo principal o controle de ciperáceas como a Tiririca (*Cyperus rotundus*)

A burra leiteira (*Euphorbia hyssopifolia*) foi a espécie com maior frequência no decorrer das avaliações, os herbicidas oxyfluorfen e hexazinone foram os que apresentaram maior controle sobre essa espécie de planta ao comparar com a testemunha (Tabela 6). A Poaia branca (*Richardia brasiliensis*), foi bem controlada nos tratamentos com ametrina e hexazinona (100%), seguido de oxyfluorfen (85,71%) e sulfentrazone com 57,14 % de controle. Para *Digitaria spp.* todos herbicidas apresentaram controle acima de 75%, sendo oxyfluorfen e ametrina os que apresentaram maior controle seguidos por hexazinone e sulfentrazone.

Tabela 6 – Porcentagem de controle das principais plantas daninhas aos 30 dias após a aplicação dos herbicidas com base no tratamento testemunha.

Tratamentos	Plantas daninhas com maior frequência na área experimental					
	<i>Euphorbia hyssopifolia</i>	<i>Richardia brasiliensis</i>	<i>Digitaria spp</i>	<i>Acanthospermum australe</i>	<i>Blainvillea rhomboidea</i>	<i>Marsypianthes chamaedrys</i>
Oxyfluorfen	80,0 d	85,71 c	98,48 c	90,91 c	100,0 b	100,0 b
Sulfentrazone	25,0 b	57,14 b	77,27 b	63,64 b	100,0 b	100,0 b
Ametrina	55,0 c	100,0 d	98,48 c	100,0 c	100,0 b	100,0 b
Hexazinone	80,0 d	100,0 d	86,36 b	100, c	100,0 b	100,0 b
Testemunha	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não difere estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O carrapicho rasteiro (*Acanthospermum australe*) foi bem controlado por todos os herbicidas, exceto para sulfentrazone que apresentou menor controle (63,64%). Erva-de-palha (*Blainvillea rhomboidea*) e Hortelã do campo (*Marsypianthes chamaedrys*) foram controladas efetivamente (100%) por todos herbicidas utilizados.

Tropaldi et al. (2017), avaliando herbicidas inibidores do fotossistema II (ametrina, hexazinone), obtiveram controle superior a 95% aos 30 DAA para capim-colchão. Corroborando com os resultados encontrados no presente trabalho. Já, Costa et al. (2015),

obtiveram eficiência de 61% de controle plantas daninhas na cultura da mandioca quando aplicado o herbicida flumioxazin (inibidor do fotossistema II) em pré-emergência na dose de 125 g ha^{-1} .

Scariot et al, 2013. Avaliando a Seletividade e eficiência de herbicidas aplicados em pré-emergência na cultura da mandioca, observaram excelente controle das plantas daninhas ao 120 DAA, para sulfentrazone diferindo do observado no presente trabalho, contudo no período de avaliação, houve baixa ocorrência de chuvas o que pode ter contribuído para a maior vida útil da molécula no solo.

Ribeiro (2016), obteve um controle variando de 89 a 90,3 % para as doses de 400 a 800 g.ha^{-1} de sulfentrazone na cultura do eucalipto, com 45 DAA. O autor observou, ainda, uma redução no percentual de controle com o passar do tempo, com eficiência reduzida aos 115 DAA.

Silva et al. (2019), avaliando a seletividade de herbicidas na cultura da palma forrageira, obtiveram controle superior a 90 % aos 30 DAA, para os herbicidas oxyfluorfen, ametrina, atrazina e flumioxazin.

Matte et al. (2018) observaram um controle de 85% das plantas daninhas na cultura do milho, com o uso da mistura atrazina + mesotrione nas proporções de $1,25 + 0,072 \text{ kg ha}^{-1}$ respectivamente.

3.4 Efeitos dos herbicidas sobre a produtividade de massa verde e seca da parte aérea da palma miúda.

A produtividade de massa verde e seca da parte aérea da palma forrageira (*Nopalea cochenillifera*) cv miúda não foi influenciada pelos herbicidas (Tabela 7). Para ambas as variáveis, todos os tratamentos apresentaram produtividade semelhantes à testemunha pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, indicando que os herbicidas não afetaram negativamente o rendimento produtivo da palma forrageira cv miúda. Como o objetivo principal era verificar se os produtos aplicados causam danos à cultura da palma forrageira, a testemunha foi mantida no limpo, ou seja, com ausência de convivência de plantas daninhas antes e durante o período experimental, logo não foi possível estimar os ganhos produtivos dos tratamento que receberam herbicidas.

Tabela 7 – Produtividade de massa verde (MV) e massa seca (MS) da palma miúda submetida a aplicação de diferentes herbicidas.

Tratamento	Produtividade da palma miúda	
	Massa verde (MV) (t.ha ⁻¹)	Massa seca (MS) (t.ha ⁻¹)
Oxyfluorfen	117,71 a	7,06 a
Sulfentrazone	115,52 a	6,93 a
Ametrina	128,86 a	7,73 a
Hexazinone	137,96 a	8,28 a
Testemunha	122,37 a	7,35 a
CV (%)	15,37	15,36

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não difere estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Farias et al. (1998), trabalhando com palma forrageira em cultivo adensado, verificaram que o Diuron (Cention SC) proporcionou produção de 9,67 e Ametrina (Gesapax 500) 8,74 t MS.ha⁻¹ de palma, semelhante aos encontrados no presente trabalho. Suassuna (2013), ao avaliar o uso de herbicidas inibidores do fotossistema II, na palma forrageira observou uma redução significativa na infestação de ervas invasoras sem acarretar prejuízos à palma, ocasionando uma diminuição nos custos de produção desta cultura. Gallon et al. (2016), ao avaliar a ação de herbicidas inibidores da PROTOX sobre o desenvolvimento da soja, não verificaram redução na produção de grãos.

Os resultados evidenciam que a palma miúda se mostrou tolerante a ação dos herbicidas sulfentrazone, ametrina, hexazinone e o oxyfluorfen quando aplicado nas plantas sem cladódios recém brotados ou de forma dirigida nas entrelinhas da cultura. De acordo com Carvalho, et al. (2009), a seletividade de um herbicida está relacionada com a capacidade do agroquímico em eliminar as plantas daninhas que infestam as culturas agrícolas, sem reduzir a produtividade e a qualidade do produto final obtido. Fato este observado no presente trabalho onde os herbicidas apresentaram controle das plantas daninhas sem afetar o rendimento produtivo da palma miúda.

É importante citar que a seletividade, é quase sempre relativa, pois depende de outros fatores, com isso em condições diferentes das que foram conduzido o experimento pode haver comportamento diferente desta cultura à aplicação desses mesmos herbicidas. Por isso, é necessário o bom conhecimento técnico dos produtos que serão aplicados.

Para se saber ao certo que tipo de mecanismo explica a tolerância ou a resistência da palma miúda à ação dos herbicidas utilizados no presente trabalho é necessário conduzir

experimentos em diferentes ciclos da cultura. Sherman, et al. (1996) citam que existe quatro mecanismo que pode explicar a seletividade de um herbicida na cultura: redução da quantidade do herbicida no local de ação; absorção foliar e translocação reduzida do herbicida; metabolização e/ou destoxificação intensa do herbicida a substâncias menos fitotóxicas; e perda de afinidade do herbicida pelo sítio de ligação devido a uma alteração deste local, resultante de variabilidade genética.

O oxyfluorfen, pelas observações, e com base em estudos em outros trabalhos científicos, possui mecanismo de seletividade na palma forrageira associado à baixa penetração nos cladódios mais velhos, justamente por possuírem presença de cera e cutícula espessa. Logo, se for aplicado em plantas muito jovens com cladódios recém brotados e menor quantidade de cutícula causa danos a cultura da palma forrageira afetando seu rendimento.

4. CONCLUSÕES

1. Os herbicidas sulfentrazone, ametrina e hexazinone são seletivos para a palma forrageira (*N. cochenillifera*) (L.) Salm Dyck cv miúda.
2. Oxyfluorfen é seletivo para palma forrageira cv miúda desde que seja aplicado quando as plantas se encontrem em repouso vegetativo, ou de forma dirigida nas entrelinhas da cultura.
3. Os herbicidas ametrina e oxyfluorfen controlaram eficientemente as plantas daninhas até 45 dias após a aplicação (DAA), hexazinone controlou moderadamente as plantas daninhas até os 45 DAA, já sulfentrazone apresentou baixo controle das plantas daninhas.

5. REFERENCIAS

- ASSUNÇÃO, N. S et al. Flumioxazin selectivity to wheat1. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 16, n. 2, p. 122-129, 2017.
- BAYAR, N.; FRIJI, M.; KAMMOUN, R. **Optimization of enzymatic extraction of pectin from Opuntia ficus indica cladodes after mucilage removal**. Food Chemistry, v.241, p.127-134, 2018.
- BELARMINO, M. R. A. **Adaptações vegetacionais da caatinga à seca: concepções dos alunos de uma escola pública do município de Damião-PB**. (Trabalho de Conclusão de Curso – Monografia), Universidade Federal de Campina Grande, Cuité – Paraíba – Brasil, 89 fl. 2017.
- BOLHAR-NORDENKAMPF, H.; OQUIST, G. Chlorophyll fluorescence as a tool in photosynthesis research. In: **Photosynthesis and Production in a Changing Environment**. [S.l.]: Springer-Science+Business Media, B.V., 1993. cap. 12, p. 193 – 205.
- BRIGHENTI, A. M., OLIVEIRA, M. F. **Biologia de plantas daninhas**. In: Oliveira Jr., R.S., Constantin, J., & Inoue, M.H. (Editores). *Biologia e manejo de plantas daninhas* (cap. 11, pp.1-36) 2011.
- BRITO, C. F. B.; DONATO, S. L. R.; ARANTES, A. M de.; DONATO, P. E. R.; SILVA DA, J.A. Photochemical efficiency in cladodes of ‘Gigante’ cactus pear cultivated under different spacings and organic fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.22, n.5, p.338-343, 2018.
- CARVALHO, I. D. E.; SANTOS, J. R. T.; FERREIRA, P.V.; CUNHA, J.L.X.L.; FILHO, J. G. Avaliação de doses do herbicida Hexaron® no controle de plantas daninhas e seu efeito fitotóxico no cultivo de palma miúda. **MAGISTRA**, v. 28, n. 3/4, p. 317-325, 2017.
- CARVALHO, L.B de. **Herbicidas**, Lages, SC, 2013 vi, 62 p.
- CARVALHO, S.J.P.; NICOLAI, M.; FERREIRA, R.R.; FIGUEIRA, A.V.O.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Herbicide selectivity by differential metabolism: considerations for reducing crop damages. **Scientia Agricola**, v.66, p.136-142, 2009.
- CATUNDA, M.G.; FREITAS, S.P.; OLIVEIRA, J.G.; SILVA, C.M.M. Efeitos de herbicidas na atividade fotossintética e no crescimento de abacaxi (Ananas comosus). **Planta Daninha**, Viçosa, v.23, n.1, p.115-121, 2005.
- CORREIA, N. M.; KRONKA JR., B. Eficácia de herbicidas aplicados nas épocas seca e úmida para o controle de Euphorbia heterophylla na cultura da cana-deaçúcar. **Planta Daninha** [online], v. 28, n. 4, p. 853-863, 2010
- COSTA, NEUMÁRCIO VILANOVA et al. Eficiência e seletividade do flumioxazin e do S-metolachlor na aplicação em pré emergência da mandioca ‘Baianinha’. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 14, n. 3, p. 228-234, 2015.

- DUKE, S.O.; LYDON, J.; BECERRIL, J.M.; SHERMAN, T.D.; LEHNEN Jr., L.P.; MATSUMOTO, H. Protoporphyrinogen oxidase-inhibiting herbicides. **Weed Science**, v.39, n.3, p.465-473, 1991.
- FARIAS, I.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B; SANTOS, M. V. F. dos; SANTOS, D. C. dos; LIRA, M. de A.;MELO, J. N.; TAVARES FILHO, J. J. **Controle de plantas daninhas na cultura da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill)** In: CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 1., 2000, Fortaleza. Anais... Fortaleza: SNPA, 1998. p.89.
- FILHO, R. V. C. **Sombreamento e adubação nitrogenada influenciando o acúmulo de biomassa em palma forrageira *Nopalea cochenillifera***. Rio Largo-AL: UFAL, 2018. 76p. dissertação de mestrado.
- GALLON, M.; BUZELLI, G. L.; TREZZI, M. M.; DIESEL, F.; SILVA, H.L. Ação de herbicidas inibidores da PROTOX sobre o desenvolvimento, acamamento e produtividade da soja. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.15, n.3, p.232-240, jul./set. 2016.
- GONÇALVES, K.S.; SÃO JOSÉ, A.R.; VELINI, E.D. seletividade do oxyfluorfen para a cultura do pinhão-manso. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 27, p. 1111-1116, 2009.
- HIGGINS, J. M. et al. Absorption, translocation, and metabolism of acifluorfen and lactofen in pitted morning glory (*Ipomoea lacunosa*) and ivy leaf moringglory (*Ipomoea hederaceae*). **Weed Sci.**, v. 36, n. 2, p. 141-145, 1988.
- KIM, JIN-GIL et al. Increased expression of Fe-chelatase leads to increased metabolic flux into heme and confers protection against photodynamically induced oxidative stress. **Plant molecular biology**, v. 86, n. 3, p. 271-287, 2014.
- KRAUSE, H.; WEIS, E. **Annual Review Plant Physiology**. 42: 313. 1991
- LADLIE, J. S. Guide to herbicide injury symptoms in soybean with “look-alike” symptoms. Hollamdale: **AgriGrowth Research**, 1991. 86 p.
- LIRA, M.A.; SANTOS, M.V.F.; DUBEUX JUNIOR, J.C.B. **Sistemas de produção de forragem: alternativas para a sustentabilidade da produção**. In: LIRA, M.A.; SANTOS, M.V.F.; DUBEUX JUNIOR, J.C.B. (Orgs.) In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. Anais [...]. João Pessoa: SBZ, 2017. p.491-511.
- MANTZOS, N. et al. Persistence of oxyfluorfen in soil, runoff water, sediment and plants of a sunflower cultivation. **Science of the Total Environment**, v. 472, p. 767-777, 2014.
- MATTE, W. D et al. Eficácia de [atrazine + mesotrione] para o controle de plantas daninhas na cultura do milho. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 17, n. 2, p. 587-1-15), 2018.
- MAXWELL, K.; JOHNSON, G. ‘Chlorophyll fluorescence – a practical guide’, **Journal of Experimental Botany**, vol. 51, no. 345, pp. 659 -668, 2000.
- MOHOTTI, A.J.; LAWLOR, D.W. Diurnal variation of photosynthesis and photoinhibition in tea: effects of irradiance and nitrogen supply during growth in the field. **Journal of Experimental Botany**, 53, 2012. p. 313-322.

OGREN, E.; OQUIST, G. Effect of drought on photosynthesis, chlorophyll florescence and photoinhibition susceptibility in intact willow leaves. **Planta**, Berlin, v.166, n.3, p.380-388, 1985.

OLIVEIRA JR, R.S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba, PR: Omnipax, 2011. 348P.

PETTER, F.A.; ZUFFO, A.M.; PACHECO, L.P. Seletividade de herbicidas inibidores de ALS em diferentes estádios de desenvolvimento do arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.41, n.3, p.408-414, 2011.

RAMOS, J.P.F.; SOUZA, J.T.A.; SANTOS, E.M.; PIMENTA FILHO, E.C.; RIBEIRO, O.L. Crescimento e Produtividade de *Nopalea cochenillifera* em função de diferentes densidades de plantio em cultivo com e sem capina. **REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria**, v.18, n.8, p.1-12, 2017.

REIS, F.; CAMPOSTRINI, E. 'Microaspersão de água sobre a copa: um estudo relacionado às trocas gasosas e à eficiência fotoquímica em plantas de mamoeiro,' **Revista Brasileira Agrociência**, vol. 17, no. 3, pp. 284-295, 2011.

RIBEIRO, J. R. D.; Sulfentrazone no controle de plantas daninhas na fase inicial da cultura do eucalipto. UFES - São Mateus – ES, 2016. 72p. (Dissertação de mestrado)

RITTER, R. L.; COBLE, H. D. Penetration, translocation, and metabolism of acifluorfen in soybean (*Glycine max*), common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*), and common cocklebur (*Xanthium pensylvanicum*). **Weed Sci.**, v. 29, n. 4, p. 474-480, 1981.

SANTOS, M V. F.; LIRA, M. A.; DUBEUX JR, J.C.B. **Palma forrageira** In: Plantas forrageiras. 1 ed., Viçosa: Editora UFV, v.unico, p. 459-493. 2010b.

SHERMAN, T. D.; VAUGHN, K. C.; DUKE, S. O. Mechanism of action and resistance to herbicides. In: DUKE, S. O. (Ed.). **Herbicides Resistant Crops**. Boca Raton: CRC Press, 1996, p. 14-28.

SCALISI, A.; MORANDI, B.; INGLESE, P.; BIANCO, R. L. Cladode growth dynamics in *Opuntia ficus-indica* under drought. **Environmental and Experimental Botany**, v. 122, p. 158-167, 2016.

SILVA, A. S.; SANTOS, E. M.; RAMOS, J. P. F.; PERAZZO, A. F.; MUNIZ, A. C. S.; SANTOS, F. N. S da.; PEREIRA, D. M.; CRUZ, G. F. LIMA de. Características agronômicas de variedades de *Opuntia cochenillifera* e *Nopalea cochenillifera* sob diferentes densidades de plantio. *Colloquium Agrariae*, v. 15, n.6, Nov-Dez, 2019, p. 88-96.

SILVA, C.C.F.; SANTOS, L.C. Palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) como alternativa na alimentação de ruminantes. **Revista Eletrônica de Veterinária**, v. 7, n. 10, p. 1-13, 2006.

SILVA, J. A.N.; CUNHA, J.L.X.L.; SOUZA, R.C.; RODRIGUES, G.N.; AMORIM, P.L.; JUNIOR, A.B.S.; FERREIRA, A.M.O.; LIMA, L.A.R.; SANTOS, N.E.A.; SOARES, M.A.S. Herbicide selectivity in the forage palm. **International Journal of Development Research**. Vol. 09, Issue, 09, pp. 29868-29873, September, 2019.

SUASSUNA, P. TECNOLOGIA DO CULTIVO INTENSIVO DA PALMA-TCIP. **CACTUSNET**, p. 51, 2013.

TORRES, L.G.; FERREIRA, E.A.; ROCHA, P.R.R.; FARIA, A.T.; GONÇALVES, V.A.; GALON, L.; SILVA, A.F.; SILVA, A.A. Alterações nas características fisiológicas de cultivares de cana-de-açúcar submetida à aplicação de herbicidas. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 30, n. 3, p. 581-587, 2012.

TROPALDI, L et al. Herbicidas inibidores do fotossistema II em pré-emergência no controle de espécies de capim-colchão. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 16, n. 1, p. 30-37, 2017.

VANSTONE, D. E.; STOBBE, E. H. Root uptake, translocation, and metabolism of nitrofluorfen and oxyfluorfen by fababeans (*Vicia faba*) and green foxtail (*Setaria viridis*). **Weed Sci.**, v. 26, n. 4, p. 389-392, 1978.

VOLPE, M.; GOLDFARB, J.L.; FIORI, L. Hydrothermal carbonization of *Opuntia ficusindica* cladodes: Role of process parameters on hydrochar properties. **Bioresource Technology**, v.247, p.310-318, 2018.

ZANANDREA, I.; NASSI, F. de L.; TURCHETTO, A.C.; BRAGA, E.J.B.; PETERS, J.A.; BACARIN, M.A. Efeito da salinidade sob parâmetros de fluorescência em *Phaseolus vulgaris*. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v.12, n.2, p.157-161, 2006.