UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANSCICO

PROGRAMA DE PÓS - GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

JULIANA DE SOUZA PEREIRA

CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS E ESTRUTURAIS DA PALMA FORRAGEIRA EM DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE MANEJO DA CULTURA E DE APLICAÇÃO DE ÁGUA

Caracteristicas produtivas ...
2019 TS-PP-2019.00005
CPATSA-58742-1

2019
9
P-2019.00005

PETROLINA - PE

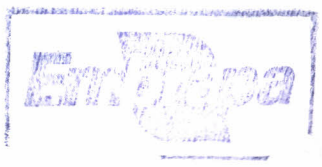
2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO

PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

JULIANA DE SOUZA PEREIRA

CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS E ESTRUTURAIS DA PALMA FORRAGEIRA EM DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE MANEJO DA CULTURA E DE APLICAÇÃO DE ÁGUA



PETROLINA - PE
2019

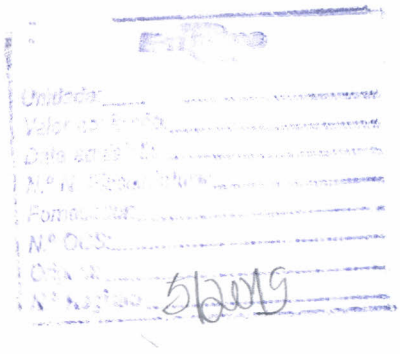
JULIANA DE SOUZA PEREIRA

CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS E ESTRUTURAIS DA PALMA FORRAGEIRA EM DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE MANEJO DA CULTURA E DE APLICAÇÃO DE ÁGUA

Dissertação apresentada a Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, Campus Ciências Agrárias, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Orientador: Prof. Tadeu Vinhas Voltolini
Co-orientador: Prof. Gherman G. L. de Araújo

Petrolina – PE
2019



Pereira, Juliana de Souza

P434c Características produtivas e estruturais da palma forrageira em diferentes estratégias de manejo da cultura e de aplicação de água / Juliana de Souza Pereira. – – Petrolina-Pe, 2019.

63 f.: il. ; 29,7 cm

Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF, Campus de Ciências Agrárias, Petrolina, 2019.

Orientador: Prof. Dr. Tadeu Vinhas Voltolini.

Anexo

1. Irrigação – Palma Forrageira 2. Intensidade de corte – Análise 3. Planta - Cultivo - Densidade I. Voltolini, Tadeu Vinhas (Orient.) II. Título. III. Universidade Federal do Vale do São Francisco.

CDD 633.2

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Integrado de Biblioteca SIBI/UNIVASF
Bibliotecário: Fábio Santiago
CRB5/1785

Dedico esse título aos meus pais, meus maiores incentivadores nesta vida, que sempre acreditaram em mim e, mesmo à distância, estão sempre ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

A Deus que me sustenta e me dá forças todos os dias;

A minha família pelo apoio desde sempre;

Ao meu orientador Tadeu Vinhas Voltolini pela orientação, ensinamentos, e paciência;

A Anderson pelo apoio, incentivo, parceria e paciência, sempre presente em todos os momentos;

Aos colegas e amigos que me deram apoio durante o curso;

À UNIVASF e à equipe que forma a Pós-graduação em Ciência Animal por possibilitar uma grande oportunidade de aprendizado;

À Embrapa pelo auxílio à pesquisa (plano de ação nº 02.16.04.28.00.07) e seus colaboradores (funcionários (que prestaram apoio em campo, laboratórios e nos demais setores da unidade), pesquisadores (especialmente aos Doutores Tadeu Voltolini, Welson Simões, Gherman Araújo e Daniel Nogueira), estagiários e bolsistas (foram várias pessoas ao longo de dois anos envolvidas no processo, algumas em estágios curtos e outras por períodos mais longos, como a memória é falha e passível a esquecimentos, não posso citar nomes e correr o risco de cometer a indelicadeza de esquecer alguém)) que possibilitaram a realização desse trabalho;

À Agro Curaçá, e seus colaboradores (principalmente ao Rafael Sene, e seu Nenéu), pelo apoio e parceria;

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram de forma direta ou indireta com a realização desse trabalho;

À CAPES pelo financiamento da pesquisa "O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001".

Muito Obrigado.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1. Umidade do solo (%) cultivado com Palma Forrageira *Opuntia stricta* (Haw.) Haw antes e após os eventos de irrigação, Curaçá, BA 28

Tabela 2. Características estruturais da palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw) submetida a diferentes lâminas e frequências de irrigação, aos 12 meses após a rebrota, no município de Curaçá-BA..... 29

Tabela 3. Espessura dos cladódios de palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw) submetida a diferentes lâminas e frequências de irrigação, aos 12 meses pós rebrota, no município de Curaçá-BA..... 31

Tabela 4. Respostas produtivas da palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw) submetida a diferentes lâminas e frequências de irrigação no município de Curaçá-BA..... 34

Tabela 5. Composição bromatológica (% da matéria seca – MS) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca da palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw) submetida a diferentes lâminas e frequências de irrigação, aos 12 meses pós rebrota, no município de Curaçá-BA 36

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Respostas produtivas da palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw) em função de diferentes intensidades de corte, aos 12 meses de rebrota, no município de Petrolina-PE 53

CAPÍTULO 3

Tabela 1. Características estruturais da palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw) submetida a diferentes densidades de cultivo, no município de Petrolina-PE, durante dois ciclos de 12 meses 65

Tabela 2. Respostas produtivas, teor de matéria seca (MS) e eficiência de uso da água da palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw) submetida a diferentes densidades de plantio, no município de Petrolina-PE, em dois ciclos de 12 meses 67

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1. Variáveis meteorológicas referentes ao período experimental no município de Curaçá, BA. 25

CAPÍTULO 2

Figura 1. Altura e largura de palma forrageira *Opuntia stricta* (Haw.) Haw em função de diferentes intensidades de corte, aos 12 meses de rebrota, no município de Petrolina-PE.. 48

Figura 2. Espessura de cladódio primário de palma forrageira *Opuntia stricta* (Haw.) Haw em função de diferentes intensidades de corte, aos 12 meses de rebrota, no município de Petrolina-PE.. 49

Figura 3. Número de cladódios no resíduo inicial (NCr inicial), no resíduo final (NCr final), geral (NCG), terciários (NCT), e quaternários (NCQ) de palma forrageira *Opuntia stricta* (Haw.) Haw em função de diferentes intensidades de corte, aos 12 meses de rebrota, no município de Petrolina-PE.. 50

Figura 4. Número de cladódios primários (NCP), secundários (NCS), terciários (NCT) e quaternários (NCQ) de acordo com o índice de área de cladódio no resíduo inicial (IACr) de palma forrageira *Opuntia stricta* (Haw.) Haw em função de diferentes intensidades de corte, aos 12 meses de rebrota, no município de Petrolina-PE..... 51

Figura 5. Índice de área de cladódio no resíduo inicial (IACr inicial), no resíduo final (IACr final), geral (IAC geral), secundário (IAC secundário), terciário (IAC terciário), e quaternário (IAC quaternário) de palma forrageira *Opuntia stricta* (Haw.) Haw em função de diferentes intensidades de corte, aos 12 meses de rebrota, no município de Petrolina-PE.. 52

RESUMO

Objetivou-se com o presente trabalho avaliar o efeito de diferentes lâminas, frequências de irrigação, densidades de plantio e intensidades de corte nas respostas produtivas e estruturais da palma forrageira *Opuntia stricta* (Haw.) Haw em condições de complementação hídrica. Este estudo foi composto por três ensaios experimentais. No primeiro foram avaliadas quatro lâminas de água (100%, 75%, 50%, e 25% da ETc) e três frequências de irrigação (7, 14 e 28 dias entre irrigações), em delineamento em blocos casualizados com cinco repetições, em parcelas subdivididas (4x3). A irrigação mais frequente aumentou a espessura de cladódios geral e primário e reduziu o teor de matéria seca (MS) na reposição de 100% da ETc. A reposição de 100% da ETc a cada sete dias apresentou cladódios secundários mais espessos, mas não diferentes da frequência a cada 14 dias. A frequência apresentou influência significativa para espessura de cladódio base e número de cladódios por planta. Houve aumento na eficiência de uso da água (EUA) à medida que o volume aplicado reduziu. Não foram observadas diferenças para as demais variáveis estruturais, assim como para peso da planta, produtividade verde (PV) e seca (PS), taxa de acúmulo de forragem (TAF) e composição química. As lâminas e frequências de irrigação afetam poucas variáveis no crescimento da *Opuntia stricta* (Haw.) Haw, não afetando sua produtividade. No segundo ensaio foram avaliados três intensidades de corte (corte com preservação somente da base (CBASAL), somente da ordem primária (CPRIM), e preservação da ordem secundária (CSEC)). O delineamento utilizado foi em blocos casualizados com oito repetições. Houve aumento na altura e largura de plantas no CPRIM e CSEC em relação ao CBASAL. A largura da planta para CSEC foi maior que o CPRIM. A espessura dos cladódios primários foi maior no CPRIM e CSEC em comparação ao CBASAL, não havendo efeito para as demais espessuras. O número de cladódios geral, terciários e quaternários, índice de área de cladódio (IAC) geral, secundário, terciário e quaternário aumentaram à medida em que foi aplicado cortes menos intensos, não havendo efeito para os demais números e IAC. Para as variáveis produtivas o CPRIM e CSEC apresentaram diferença entre si no peso de cladódio terciário (PCT), o CPRIM e CBASAL são diferentes entre si na maioria das variáveis, exceto no PCT, o CBASAL e CSEC são diferentes entre si, exceto no peso colhido por planta e PV. O crescimento vegetativo e a produtividade da *Opuntia stricta* (Haw.) Haw é influenciado pela intensidade de corte. No terceiro ensaio foram avaliados diferentes densidades de cultivo (20.000, 25.000, 33.333, 50.000 e 100.000 plantas/ha), utilizando-se delineamento em blocos casualizados com quatro repetições. O aumento da densidade promoveu efeito linear decrescente na altura, largura, massa da planta, número de cladódios primários, secundários, terciários e geral. Ao mesmo tempo que promoveu efeito linear crescente no IAC, na PV, PS, EUA, e TAF. Houve efeito quadrático para espessura de cladódios e teor de MS. O aumento da densidade no plantio de *Opuntia stricta* (Haw.) Haw promove alterações nas características estruturais, influenciando a sua produtividade.

Palavras-chave: *Opuntia stricta* (Haw.) Haw. Forragem. Irrigação. Intensidade de corte. Densidade de plantio.

ABSTRACT

The objective of the present work was the effect of different water volume, irrigation frequencies, planting densities and cut intensities in the productive industries and in the interior of the *Opuntia stricta* (Haw) Haw palm in conditions of water supplementation. This study was composed of three experimental trials. In the first the water volume (100%, 75%, 50% and 25% of ETc) and three irrigation frequencies (7, 14 and 28 days between irrigations) were evaluated in a randomized complete block design with five replications, in subdivided plots (4x3). The most frequent irrigation increased the thickness of the total cladode and reduced the dry matter (MS) in the 100% replacement of ETc. The 100% ETc replacement every seven days was more frequent, but did not differ from the frequency every 14 days. The frequency had a significant influence on the base cladode thickness and the number of cladodes per plant. There was also an increase in water use efficiency (WUE) as the volume applied reduced. No differences were observed for the variables height and width of plant, length, width, and area index of cladodes, plant weight, green productivity (GP) and dry (DP) yield, forage accumulation rate (FAR) and chemical composition. The irrigation water volume and frequencies changed the variables in the growth of *Opuntia stricta* (Haw.) Haw, without affecting their productivity. In the second experiment, three cutting intensities (CBASAL), cut with only primary order preservation (CPRIM), and cut with secondary order preservation (CSEC) were evaluated. The experimental design was a randomized block design with eight replications. There was an increase in plant height and width in CPRIM and CSEC in relation to CBASAL. The plant width for CSEC was larger than CPRIM. The thickness of primary cladodes was higher in CPRIM and CSEC compared to CBASAL, and there was no effect for the other thicknesses. The number of general, tertiary and quaternary cladodes, general, secondary, tertiary and quaternary cladode area index (CAI) increased as less cuts were applied, and there was no effect for the other numbers and CAI. For the productive variables, the CPRIM and CSEC presented differences among themselves only in the tertiary cladode weight (TCW), CPRIM and CBASAL are different from each other for most variables, except for TCW, and CBASAL and CSEC are different from each other, except in the weight harvested per plant and GP. The vegetative growth and yield of *Opuntia stricta* (Haw.) Haw, receiving water supplementation, is influenced by the cut intensity. In the third experiment different cultivation densities (20,000, 25,000, 33,333, 50,000 and 100,000 plants / ha) were evaluated using the randomized block design with four replications. The increase in density promoted a linear decreasing effect on plant height, width and mass, number of primary, secondary, tertiary and general cladodes. At the same time it promoted increasing linear effect in the CAI, in GP and DP, WUE, and FAR. There was a quadratic effect for the thickness of cladodes and DM content. The increase in planting density of *Opuntia stricta* (Haw.) Haw promotes changes in the structural characteristics, influencing its productivity.

Key-words: *Opuntia stricta* (Haw.) Haw. Forage. Irrigation. Cutting intensity. Planting density

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 10
2 REVISÃO DE LITERATURA 12
2.1 USO DA IRRIGAÇÃO NO CULTIVO DE PALMA 13
2.2 INTENSIDADE DE CORTES 15
2.3 DENSIDADE DE CULTIVO NA PALMA FORRAGEIRA 16
REFERÊNCIAS 17
CAPÍTULO 1. 21
RESPOSTAS PRODUTIVAS, ESTRUTURAIS E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA PALMA ORELHA DE ELEFANTE MEXICANA SUBMETIDA A DIFERENTES LÂMINAS E FREQUÊNCIAS DE IRRIGAÇÃO 21
RESUMO 21
ABSTRACT 22
3 INTRODUÇÃO 23
4 MATERIAL E MÉTODOS 25
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO 29
6 CONCLUSÃO 38
REFERÊNCIAS 38
CAPÍTULO 2. 41
CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS DA PALMA FORRAGEIRA ORELHA DE ELEFANTE MEXICANA SUBMETIDA A DIFERENTES INTENSIDADES DE CORTE 41
RESUMO 41
ABSTRACT 42
7 INTRODUÇÃO 43
8 MATERIAL E MÉTODOS 45
9 RESULTADOS E DISCUSSÃO 48
10 CONCLUSÃO 55
REFERÊNCIAS 55
CAPÍTULO 3. 58
CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS DA PALMA FORRAGEIRA ORELHA DE ELEFANTE MEXICANA EM DIFERENTES DENSIDADES DE CULTIVO 58
RESUMO 58
ABSTRACT 59
11 INTRODUÇÃO 60
12 MATERIAL E MÉTODOS 62
13 RESULTADOS E DISCUSSÃO 65
14 CONCLUSÃO 69
REFERÊNCIAS 69
15 CONSIDERAÇÕES FINAIS 71
ANEXO A – Certificado de aprovação da proposta pelo Conselho de Ética no Uso de Animais (CEUA) 72

1 INTRODUÇÃO

A palma forrageira é um dos mais importantes recursos alimentares para animais ruminantes no Semiárido brasileiro (SILVA et al., 2014; MARQUES et al., 2017). Esta planta forrageira apresenta eficiência no uso da água até 11 vezes maior que a observada nas plantas de mecanismo C3 (ALVES et al., 2007).

No Brasil, estima-se que há atualmente aproximadamente 600.000 ha cultivados com genótipos de palma, com absoluta predominância do cultivo na região semiárida. Apesar dos recentes esforços governamentais para diversificar o uso da cultura, a maioria das áreas plantadas ainda é dedicada à produção de forragem (DUBEUX JUNIOR et al., 2013).

Quando bem manejada, a palma forrageira alcança elevada produtividade. Como esta planta tem alta eficiência no uso da água, a aplicação desse recurso natural tão importante para o semiárido pode ser inferior ao utilizado para outras culturas forrageiras, podendo permitir maior produtividade de forragem com menor uso de água quando comparado com outros cultivos (ROCHA et al., 2017). Nos últimos anos tem aumentado o interesse no cultivo da palma forrageira recebendo aporte adicional de água, em virtude das elevadas produtividades em condições de irrigação, que em campos experimentais e estabelecimentos privados têm apresentado produtividades acima de 20 t de MS/ha/ ano (LIMA et al., 2016), e também pela possibilidade de se produzir esta cultura em localidades com restrições ao seu cultivo (LIMA et al., 2015).

Entretanto são escassas as informações sobre o manejo da palma forrageira (altura e intensidade de cortes, e densidade de cultivo) recebendo complementação hídrica, assim como são poucas as informações sobre o manejo da aplicação de água para esta cultura, especialmente para a Orelha de Elefante Mexicana. Quanto a densidade de cultivo, sabe-se que a luz é um fator que assume grande importância e pode afetar o crescimento da planta em função das taxas fotossintéticas (NOBEL, 2001; FARIAS et al., 2005). Em condições em que não há restrições de água e nutrientes o aumento na densidade tem promovido maior produtividade, em função do maior número de plantas na área (SILVA, et al., 2014), além de promover um aumento na eficiência do uso de água (DUBEUX et al., 2006).

Segundo, Santos et al. (2010) a colheita da palma em áreas dependentes de chuva usualmente é feita a cada dois anos, com a necessidade de preservar uma área de cladódios residual para promover rebrota vigorosa e maior longevidade do palmal. Farias et al. (2000) verificaram que a corte realizado na palma preservando o cladódio primário em relação ao corte que deixou apenas o cladódio base promoveu maior produção. Esta resposta também foi observada por Rego et al. (2014) com a palma miúda, o que está associado à maior área fotossintética que por sua vez contribui para o maior crescimento da planta. No entanto, para a Orelha de Elefante cujo crescimento é diferente da palma Miúda (ROCHA et al., 2017), a intensidade de corte não está bem definida. No corte da palma quando os cladódios da planta são conservados e, consequentemente, mantidas as superfícies fotossintéticas se pode proporcionar benefícios na longevidade do palmal.

O estabelecimento de estratégias de manejo para cultura e de aplicação de água são decisivas para o aumento na produtividade e longevidade das áreas de cultivo. Dessa forma objetivou-se com o presente trabalho avaliar o efeito de diferentes lâminas, frequências de irrigação, densidades de plantio, e intensidades de corte na palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana em um ciclo de 12 meses.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A palma forrageira (*Opuntia* sp. e *Nopalea* sp.) é um dos mais importantes recursos forrageiros na região semiárida brasileira (SILVA et al., 2014; MARQUES et al., 2017), apresentando elevada eficiência no uso da água (ALVES et al., 2007), que se deve ao seu Metabolismo Ácido das Crassuláceas (MAC), no qual as células estomáticas são abertas durante a noite para captar dióxido de carbono, que possibilita menor transferência de água para o ambiente (BEZERRA et al., 2015).

O principal uso dado a esta no Brasil é o forrageiro (DUBEUX JUNIOR et al., 2013). Apresentando-se como uma alternativa para a redução da dependência dos produtores em relação à aquisição de concentrados comerciais, não apenas nos períodos de seca, mas na composição das dietas durante todo o ano (LIMA et al., 2015). A palma é um fonte de alimento que apresenta boa aceitabilidade, um alto valor energético e uma alta digestibilidade, além de ser um alimento verde que supre grande parte das necessidades de água na época de escassez (ALMEIDA et al., 2015). Quando associada a outras espécies forrageiras a palma forrageira oferece nutrientes essenciais para o desempenho de caprinos, dentre eles, se destacam os teores de carboidratos solúveis e digestibilidade de 67% (GUSHA et al., 2015).

Quando se considera regiões áridas e semiáridas, a alta porcentagem de água também é uma característica positiva, pois nessas regiões existe limitação quantitativa e qualitativa desse nutriente para animais e seres humanos (NETO et al., 2016). Sendo que, quando utilizada como forragem, a palma pode reduzir a necessidade do fornecimento de água aos animais, uma vez que caprinos (VIEIRA et al. 2008) e ovinos (BISPO et al. 2007) reduzem ou suprimem a ingestão de água quando recebem rações contendo palma forrageira. Comportamento que se deve ao alto conteúdo de água que compõe a planta, uma vez que a mesma apresenta baixo teor de massa seca, e, consequentemente alto teor de umidade (90% aproximadamente), o que representa uma valiosa contribuição no suprimento hídrico dos animais (BEZERRA et al., 2015). Vieira et al. (2008) estudaram níveis crescentes de palma forrageira na dieta de caprinos (37,3; 47,3; 57,2; 67,0; 76,5%), e observaram o decréscimo linear da ingestão de água de bebida à medida em que houve o aumento de palma forrageira na dieta.

Logo, observa-se o grande potencial dessa forrageira como uma importante

reserva para alimentação dos ruminantes no Semiárido brasileiro, pois além de apresentar alto valor energético, boa aceitabilidade pelos ruminantes, elevado coeficiente de digestibilidade e grande reserva de água, ainda apresenta alto potencial de produção de fitomassa, tolerância ao déficit hídrico, e é de fácil propagação (CAVALCANTE et al., 2017). Pode, ainda, ser mantida no campo, sem necessidade de armazenamento mesmo nos períodos mais secos, uma vez que dispõe de mecanismos anatômicos e morfofisiológicos que lhe confere elevada eficiência na utilização da água (MARQUES et al., 2017; SILVA et al., 2014).

E como todas as culturas agrícolas, o manejo produtivo adotado é determinante para o sucesso produtivo da cultura (CRUZ NETO et al., 2017), quando bem manejada e cultivada em regiões adequadas, a palma forrageira alcança elevada produtividade, onde o manejo adequado de plantio (posição de plantio, correção e preparo do solo, densidade de plantio, e espaçamentos) e de cortes (altura e intensidades) são os principais fatores (ROCHA et al., 2017), podendo alcançar 300 toneladas de matéria verde quando adensadas e num intervalo de cortes de dois anos (SANTOS et al., 2007), por exemplo. O gênero *Opuntia* pode alcançar produtividades da ordem de 10 toneladas de matéria seca (MS) por ha/ano em zonas áridas, 10-20 t MS/ha/ano em zonas semiáridas e 20-30 t MS/ha/ano em regiões sub úmidas (KOCK, 2001).

2.1 USO DA IRRIGAÇÃO NO CULTIVO DE PALMA

Esta planta tem seu crescimento vegetativo relacionado à precipitação pluviométrica, à umidade relativa, à amplitude térmica e ao conteúdo de água no solo (SCALISI et al., 2016), em decorrência dos principais processos fisiológicos e bioquímicos serem dependentes de água, a exemplo da fotossíntese, respiração, transpiração e absorção de nutrientes (SAMPAIO et al., 2005). Portanto, os elementos do clima são fundamentais para potencializar o crescimento e a produtividade da palma. De acordo com Nobel (2001), o crescimento da palma está climaticamente relacionado a ocorrência de pelo menos 400 a 800 mm anuais de chuva. Porém, nos últimos anos, em diversas localidades da região semiárida do Brasil, a exemplo do Submédio do São Francisco, em Pernambuco, os índices pluviométricos foram muito baixos (TEIXEIRA, 2016), e apesar da alta eficiência no uso da água, essa baixa pluviosidade associada a altas temperaturas reduzem a produtividade da palma, contribuindo para inviabilizar o cultivo deste importante recurso forrageiro em algumas

localidades.

Em levantamentos atuais da aptidão climática e zoneamentos, a palma forrageira em estados que compõem o Semiárido brasileiro são destacadas muitas áreas com aptidão restrita para esta planta, em que as restrições são associadas principalmente a fatores climáticos como precipitações pluviais e amplitude térmica (BEZERRA et al. 2014; LUCENA et al., 2016) fazendo com que muitas regiões tenham dificuldades para o cultivo, obtendo-se baixas produtividades. Que tendem a piorar tendo em vista cenários futuros onde há uma tendência ao aumento da temperatura do ar e da concentração de dióxido de carbono na atmosfera, bem como a diminuição da precipitação pluviométrica, que podem ter como consequências a redução do ciclo e da evapotranspiração da cultura, bem com o aumento da demanda hídrica da cultura, ou seja, aumento da necessidade de reposição de água para a cultura da palma forrageira (BEZERRA et al., 2015).

Logo, a aplicação de água via irrigação no sistema de produção da palma forrageira é importante para maximização produtiva da cultura (QUEIROZ et al., 2015). Sendo que estudos recentes têm demonstrado que o estabelecimento do palmal e o aumento na produtividade da área são favorecidos com o suprimento adicional de água fornecido estrategicamente (REGO et al., 2014; SILVA et al. 2014; QUEIROZ et al., 2015; ROCHA et al., 2017), podendo alcançar produtividades da ordem de 566,0 t de MV/ha/ano (ROCHA et al., 2017), uma vez que o efeito da água no solo ameniza a restrição causada pelos fatores climáticos (SCALISI et al., 2016), possibilitando o cultivo da palma para muitas regiões consideradas como restritas.

Essa prática se justifica pela palma forrageira apresentar elevada eficiência do uso de água, característica atribuída ao metabolismo ácido das crassuláceas (MAC) como via para a biossíntese de carboidratos a partir da fotossíntese (SILVA et al., 2014; QUEIROZ et al., 2015; ROCHA et al., 2017). Os cultivos de palma forrageira com irrigação tem ganhado espaço na tentativa de também reduzir os riscos de perdas dos cultivos, já que são elevados os custos de implantação e manutenção das áreas (ALVES et al., 2007).

As irrigações efetuadas na palma forrageira não são irrigações convencionais, uma vez que na grande maioria das localidades os agricultores não dispõem de grandes volumes de água para este propósito, sendo, portanto, uma complementação hídrica na cultura, fornecendo-se pouca água, de forma estratégica em períodos em

que há déficit hídrico no solo. O sistema frequentemente utilizado para essa complementação hídrica é o de gotejamento, pois é uma excelente opção para uma aplicação localizada e com mínima utilização de água, importante na utilização desse recurso limitado para algumas áreas do nordeste semiárido (LIMA et al., 2016), com a lâmina aplicada sempre complementar à irrigação (CRUZ NETO, et al., 2017; QUEIROZ et al., 2015; ROCHA et al., 2017), com o intervalo de irrigação variando entre sete dias (CRUZ NETO, et al., 2017), quatorze dias (ROCHA, et al., 2017) e vinte e oito dias (PEREIRA, et al., 2013).

O estabelecimento do manejo da irrigação para esta cultura, especialmente ao que se refere à frequência e às lâminas de água a serem aplicadas é de grande importância a fim de aumentar a eficiência de uso da água (EUA), obtendo-se, por exemplo, a melhor resposta produtiva de acordo com a quantidade de água aplicada (SILVA et al., 2014), e também com a frequência utilizada, o que pode ser útil na orientação da quantidade de água a ser aplicada pelos agricultores, sobretudo para os que dispõem de poucos volumes de água (QUEIROZ et al., 2015).

2.2 INTENSIDADE DE CORTES

Segundo Rocha et al. (2017), a prática de fornecimento de água, por meio da irrigação, pode promover alterações na dinâmica de crescimento da planta quando comparada à palma cultivada em sequeiro e, em consequência, faz-se necessária a geração de novas estratégias de manejo para a palma irrigada, a exemplo do manejo de cortes e densidade de plantio. Para esta planta forrageira, a luz é um fator que assume grade importância, considerando a disposição quase perpendicular dos cladódios em relação ao solo, dificultando a interceptação da luz incidente, o que resulta em crescimento inicial lento em função da pequena área fotossintética (NOBEL, 2001, FARIAS et al., 2005), influenciando a dinâmica de crescimento e, consequentemente a produtividade (CAVALCANTE et al., 2014).

Segundo Santos et al. (2010) após o corte, deve-se preservar uma área de cladódios residual maior para promover rebrota vigorosa e com isto aumentar a longevidade do palmal. De acordo com Lira et al. (2009) o baixo IAC (índice de área de cladódio) da palma forrageira poderá ser parcialmente atenuado por maiores densidades de plantas e colheitas menos frequentes com a preservação de maiores números de cladódios. No corte da palma quando os cladódios da planta são

conservados e, consequentemente, mantida a superfície fotossintética pode-se proporcionar maior velocidade de rebrota e maior produtividade. No cultivo de *Opuntia ficus-indica* Mill. a produtividade pode alcançar valores acima de 240 t de MV/ha com a preservação dos cladódios de segunda ordem, acima de 120 t de MV/ha com a preservação somente dos cladódios de primeira ordem, e acima de 70 t de MV/ha com a preservação somente dos cladódios basais, (LIMA et al., 2016), e, no cultivo de *Nopalea cochenillifera*, a produtividade pode alcançar valores acima de 220 t de MV/ha com a preservação dos cladódios de segunda ordem, acima de 170 t de MV/ha com a preservação somente dos cladódios de primeira ordem, e acima de 90 t de MV/ha com a preservação somente dos cladódios basais, (LIMA et al., 2015). Para a espécie *Opuntia stricta* (Haw.) Haw, ainda não existem informações a respeito das intensidades de corte.

2.3 DENSIDADE DE CULTIVO NA PALMA FORRAGEIRA

De acordo com Lira et al. (2009) o baixo IAC (índice de área de cladódio) da palma forrageira poderá ser parcialmente atenuado por maiores densidades de plantas e colheitas menos frequentes com a preservação de maiores números de cladódios. De forma geral, utilizam-se espaçamentos de 1,4 a 2,0 m entre linhas de plantio e 10 a 30 cm entre plantas dentro da linha. Segundo Silva et al. (2014) trabalhando com *Opuntia ficus* Mill e *Nopalea cochenillifera* Salm Dyck em densidades de 10.000 plantas/ha, 20.000 plantas/ha, 40.000 plantas/ha e 80.000 plantas/ha, o aumento na densidade provocou um redução tanto no comprimento, quanto na largura dos cladódios.

Todavia, ainda segundo os mesmos autores, o aumento da densidade promoveu também um aumento na produtividade de massa verde nas densidades de plantio de 10.000 a 80.000 plantas/ha, promovendo uma produção de 100 a 400 t/ha, respectivamente em um intervalo de 12 meses. Resultado semelhante ao encontrado por Cavalcante et al., (2014), que trabalharam com os mesmos genótipos e as mesmas densidades em um período de 24 meses após o corte, por sua vez encontraram produções de 200 a, aproximadamente, 650 toneladas de massa verde por hectare.

Sendo assim, o espaçamento de plantio na cultura da palma forrageira tanto pode interferir positivamente, quanto negativamente, uma vez que pode afetar a

interceptação da luz, e sendo a luz um fator de fundamental importância, consequentemente afetará a eficiência fotossintética, interferindo diretamente no desenvolvimento e produtividade da cultura (CAVALCANTE et al., 2014). Plantios menos adensados são importantes tanto no controle de pragas, como também facilitam os tratos culturais (OLIVEIRA JÚNIOR et al. 2009, CAVALCANTE et al., 2014). Por outro lado, estudos comprovam que a produção é incrementada com o adensamento (CAVALCANTE et al., 2014; ESPINOZA et al., 2008; RAMOS et al.,2011; SILVA et al., 2014).

Tanto em relação ao manejo de cortes da palma forrageira recebendo complementação hídrica, sobretudo quanto a intensidade de realização destes cortes e especialmente para um genótipo importante para a região, como o Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.) por exemplo, assim como para o manejo da aplicação de água enfatizando a quantidade e frequência de água a ser aplicada, e ainda, em relação à densidade de plantio mais adequada ao cultivo irrigado, são escassas as informações existentes na literatura, as quais por sua vez são de grande importância para o estabelecimento de estratégias de manejo e recomendações aos agricultores que utilizam esta cultura com irrigação complementar.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, G.A.P.; CAMPOS, J.M.S.; FERREIRA, M.A.; CORREIA, A.L.V.; ANDRADE, A.P. Palma (*Opuntia ficus indica* mill) cv. gigante em suplementos para fêmeas leiteiras em crescimento a pasto. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 2, p. 161-171, 2015;

ALVES, R. N.; FARIAS, I.; MENEZES, R. S. C.; LIRA. M. de A.; SANTOS, D. C. dos. Produção de forragem pela palma após 19 anos sob diferentes intensidades de corte e espaçamentos. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 20, n. 4, p. 38-44, 2007;

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

BEZERRA, S.A.F.; SILVA, T.G.F.; SOUZA, L.S.B.; MOURA, M.S.B.; MORAIS, J.E.F.; DINIZ, W.J.S.; QUEIROZ, M.G. Demanda hídrica bruta da Palma Forrageira em cenários futuros de mudanças climáticas no Estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Geografia Física**. vol. 08, n. 06, p. 1628-1643, 2015;

BISPO S.V., FERREIRA M.A., VÉRAS A.S.C., BATISTA A.M.V., PESSOA R.A.S. &

BLEUEL M.P. Palma forrageira em substituição ao feno de capim-elefante. Efeito sobre consumo, digestibilidade e características de fermentação ruminal em ovinos. **Revista Braseira de Zootecnia**. 36:1902-1909. 2007;

CAVALCANTE, L. A. D.; SANTOS, G. R. A.; SILVA, L. M.; FAGUNDES, J. L.; SILVA, M. A. Respostas de genótipos de palma forrageira a diferentes densidades de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 44, n. 4, p. 424-433, 2014;

CAVALCANTE, A. B.; LEITE, M. L. M. V.; PEREIRA, J. S.; LUCENA, L. R. R. Crescimento de palma forrageira em função da cura de segmentos dos cladódios. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v.11, n.5, p.15-20, 2017;

CRUZ NETO, J. F.; MORAIS, J. E. F.; SOUZA, C. A. A.; CARVALHO, H. F. DE S.; RODRIGUES, C. T. A. Aplicabilidade de indicadores agrometeorológicos para análise do incremento de água por irrigação em sistemas de produção da palma forrageira, cv. Miúda. **Journal of Environmental Analysis and Progress** v. 02 n. 02, p. 98-106, 2017;

DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; SANTOS, M. V. F.; LIRA, M. A.; SANTOS, D. C.; FARIAS, I.; LIMA L. E.; FERREIRA, R. L. C. Productivity of *Opuntia ficus-indica* (L) Miller under different N and P fertilizations and plant population in north east Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 67, n. 3, p. 357-372, 2006;

DUBEUX JÚNIOR, J. C. B; SANTOS M. V. F.; CAVALCANTE, M.; SANTOS, D. C. Potential of cactus pear in South America. **Cactusnet Newsletter**, Santiago del Estero – Argentina, Special Issue, v.13, p.29-40 Jan. 2013;

ESPINOZA, F. H. R.; MENDOZA, J. F. A.; AMADOR, B. M.; LARIOS, L. F. Rendimiento y crecimiento de nopalitos de cultivares de nopal (*Opuntia ficus-indica*) bajo diferentes densidades de plantación. **Journal of the Professional Association for Cactus Development**, Chapingo, v. 10, n. 1, p. 22-35, 2008;

FARIAS, I.; LIRA, M.A.; SANTOS, D.C.; TAVARES FILHO, J.J.; SANTOS, M.V.F.; FERNANDES, A. DE P.M. E SANTOS, V.F. Manejo de colheita e espaçamento da palma forrageira, em consórcio com sorgo granífero, no agreste de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasílica**, 35: 341-347, 2000;

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

GUSHA, J.; HALIMANI, T.E.; NGONGONI, N.T.; NCUBE, S. Effect of feeding cactus-legume silages on nitrogen retention, digestibility and microbial protein synthesis in goats. **Animal Feed Science and Technology**, n. 206, p. 1-7, 2015;

KOCK, G. C. **The use of *Opuntia* as a fodder source in arid areas of Southern Africa**. 2001. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/005/Y2808E/y2808e0f.htm>. Acesso em: 16/08/2018;

LIMA, G. F.; REGO, M. M. T.; DANTAS, F. D. G.; LÔBO, R. N. B.; SILVA, J. G. M.; AGUIAR, E. M. Morphological characteristics and forage productivity of irrigated

cactus pear under different cutting intensities. **Revista Caatinga** v.29, n.2 Mossoró Apr. /June 2016;

LIMA, G.F.C.; RÊGO, M.M.T.; AGUIAR, E.M.; SILVA, J.G.M.; DANTAS, F.D.G.; GUEDES, F.X.; LOBO, R.N.B. Effect of different cutting intensities on morphological characteristics and productivity of irrigated *Nopalea* forage cactus. **Acta Horticulturae**, v. 1, n. 1067-35, p. 253-258, 2015;

LIMA, G. F. C., WANDERLEY, A. M., GUEDES, F. X., REGO, M. M. T., DANTAS, F. D. G., SILVA, J. G. M., NOVAES, L. P., AGUIAR, E. M. Palma forrageira irrigada e adensada: uma reserva forrageira estratégica para o Semiárido potiguar. **Documentos EMPARN** 45, 62 p., 2015;

LIRA, M.A.; FARIAS, I.; SANTOS, D.C. et al. Cactus forage and semiarid sustainability. **Acta Horticulturae** (ISHS), v.811, p.327-331. 2009;

LUCENA, D. B.; MEDEIROS, R. M.; SABOYA, L. M. F.; NASCIMENTO, P. L. Aptidão e zoneamento agroclimático da palma forrageira para o estado do Piauí. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. v.10, n.4, p. 809-819, 2016;

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

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

NOBEL, P. S. Biologia ambiental In: BARBERA, G.; INGLESE, P.; PIMIENTABARRIOS, E. (Eds.) **Agroecologia, cultivos e usos da palma forrageira**. Paraíba: SEBRAE/PB, p. 36-57. 2001;

OLIVEIRA JÚNIOR, S.; BARREIRO NETO, M.; RAMOS, F. Crescimento vegetativo da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*) em função do espaçamento no semiárido paraibano. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 3, n. 1, p. 7-12, 2009;

PEREIRA, P. C. Evapotranspiração e crescimento de clones de palma forrageira irrigada no semiárido brasileiro. **Dissertação de mestrado**, Programa de Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa - MG, 81 p., 2013;

QUEIROZ, M. G. Desempenho produtivo e parâmetros agrometeorológicos da palma forrageira, clone orelha de elefante mexicana, no semiárido brasileiro. **Dissertação de mestrado**, Programa de Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa - MG, 60 p., 2014;

QUEIROZ, M. G.; SILVA, T. G. F.; ZOLNIER, S.; SILVA, S. M. S.; LIMA, L. R.; ALVES, J. O. Características morfofisiológicas e produtividade da palma forrageira em diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.10, p.931–938, 2015;

RAMOS, J. P. F.; LEITE, M. L. M. V.; OLIVEIRA JUNIOR, S.; NASCIMENTO, J. P.; SANTOS, E. M. Crescimento vegetativo de *Opuntia ficus-indica* em diferentes espaçamentos de plantio. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 3, p. 41-48, 2011;

REECE W.O. Dukes' **Physiology of Domestic Animals**. 12 ed. Cornell University Press, Ithaca. 999p. 2004;

REGO, M. M. T.; LIMA, G. F. C.; SILVA, J. G. M.; GUEDES, F. X.; DANTAS, F. D. G.; LOBO, R. N. B. Morfologia e rendimento de biomassa da palma miúda irrigada sob doses de adubação orgânica e intensidades de corte. **Revista Científica de Produção Animal**, 16: 118-130, 2014;

ROCHA, R. S.; VOLTOLINI, T. V.; GAVA, C.A.T. Características produtivas e estruturais de genótipos de palma forrageira irrigada em diferentes intervalos de corte. **Archivos de zootecnia** v.66, n.255, p.364, 2017;

SAMPAIO, E. V. S.; MENEZES, R. S. C.; SALCEDO, I. H.; SOUZA, F. J. Produtividade de palma em propriedades rurais. 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. UFPE: Recife, 2005;

SANTOS, D.C.; ARAÚJO, L.F.; LOPES, E.B.; VASCONCELOS, M. F. Uso e aplicações da palma forrageira. In: LOPES, E.B. (ed.) **Palma forrageira**: cultivo, uso atual e perspectivas de utilização no semiárido nordestino. João Pessoa, PB: EMEPA-PB, FAEPA, p. 56-88, 2007;

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

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

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

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

TEIXEIRA, M. N. O sertão semiárido. Uma relação de sociedade e natureza numa dinâmica de organização social do espaço. **Revista Sociedade e Estado,** v.31, n.3, 2016;

VIEIRA E.L., BATISTA A.M.V., GUIM A., CARVALHO F.F., NASCIMENTO A.C., ARAÚJO R.F.S. & MUSTAFA A. Effects of hay inclusion on intake, *in vivo* nutrient utilization and ruminal fermentation of goats fed spineless cactus (*Opuntia ficus indica* Mill) based diets. **Animal Feed Science and Technology** p.199- 208, 2008;

CAPÍTULO 1.

RESPOSTAS PRODUTIVAS, ESTRUTURAIS E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA PALMA ORELHA DE ELEFANTE MEXICANA SUBMETIDA A DIFERENTES LÂMINAS E FREQUÊNCIAS DE IRRIGAÇÃO

RESUMO

O objetivo com o presente estudo foi avaliar a produtividade, as características estruturais e a composição química da palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (Opuntia stricta (Haw.) Haw) submetida a diferentes lâminas e frequências de irrigação. O ensaio foi conduzido na Fazenda Agro Curaçá, no município de Curaçá-BA, no período de setembro de 2017 a setembro de 2018. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, em parcelas subdivididas (4 x 3) com 5 repetições, sendo quatro lâminas de irrigação (100%, 75%, 50%, e 25% da ETc – evapotranspiração da cultura) e três frequências de aplicação de água (7, 14 e 28 dias entre irrigações), totalizando 60 unidades experimentais. Houve efeito da interação entre lâminas e frequências para a espessura de cladódios geral e primários, em que as reposições a cada 7 e 14 dias não se diferenciaram da reposição a cada 28 dias para espessura de cladódios geral e primário na lâmina com 100% de reposição da ETc, porém apresentaram diferença entre si. A reposição de 100% da ETc apresentou diferença entre as diferentes frequências de irrigação, em que a reposição a cada sete dias possibilitou o surgimento de cladódios secundários mais espessos que os da reposição a cada 28 dias, porém não houve diferença de ambas em relação a frequência de reposição a cada quatorze dias. Houve ainda, para espessura de cladódios secundários, efeito significativo entre o intervalo de irrigação de 28 dias e as diferentes lâminas de reposição, em que a reposição de 75% da ETc apresentou cladódios secundários mais espessos que os da reposição de 100% da ETc. O fator frequência apresentou influência significativa para a espessura do cladódio base e para o número de cladódios por planta, as plantas que receberam água com maior frequência apresentaram o cladódio basal mais espesso, enquanto que para número de cladódios, as plantas que receberam água com menor frequência apresentaram diferença entre si, porém não se diferenciaram das plantas que receberam água a cada sete dias. Houve também aumento na eficiência de uso da água à medida em que o volume de reposição de água reduziu. Houve efeito da interação entre lâminas e frequências para o teor de matéria seca, em que a irrigação mais frequente reduziu o teor de matéria seca (MS) na reposição de 100% da ETc. Não foram observadas diferenças para as demais variáveis estruturais (altura e largura de planta, comprimento, largura, e índice de área de cladódios, e espessura de cladódios terciários), variáveis produtivas (massa de forragem, produtividade verde e seca e taxa de acúmulo de forragem) e composição química. As lâminas e frequências de irrigação afetam poucas variáveis no crescimento da Opuntia stricta (Haw.) Haw, mas não afetam sua produtividade.

Palavras-chave: *Opuntia stricta* (Haw.) Haw. Forragem. Complementação hídrica. Eficiência de uso da água.

ABSTRACT

The objective of the present study was to evaluate the productivity, structural characteristics and chemical composition of cactus forage Orelha de elefante mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw) submitted to different water volumes and frequencies irrigation. The experiment was conducted at the Agro Curaçá farm, in the municipality of Curaçá-BA, in the period from September 2017 to September 2018. The experimental design was in randomized blocks, in subdivided plots (4 x 3) with 5 replicates, four water volumes of irrigation (100%, 75%, 50%, and 25% of ETc - crop evapotranspiration) and three water application frequencies (7, 14 and 28 days between irrigations) totaling 60 experimental units. There was an effect of the interaction between water volumes and frequencies for the thickness of general and primary cladodes, where the replacements every 7 and 14 days were not differentiated from the replacement every 28 days for thickness of general and primary cladodes in the water volume with 100% restitution of ETc, but presented differences between them. The 100% ETc restitution showed a difference between the different irrigation frequencies, in which restitution every 7 days allowed the appearance of secondary cladodes thicker than restitution cladodes every 28 days, but there was no difference of both in relation to frequency of restitution every fourteen days. There was also, for secondary cladode thickness, a significant effect between the 28-day irrigation interval and the differents restitution water volume, in which the 75% replacement of the ETc presented secondary cladodes thicker than those of the 100% ETc restitution. The frequency factor had a significant influence on the thickness of the base cladodes and on the number of cladodes per plant, the plants that received water more frequently presented the thicker basal cladode, while for the number of cladodes the plants receiving less water frequency did not differ from the plants that received water every seven days. There was also an increase in water use efficiency as the water replenishment volume decreased. There was an effect of the interaction between water volumes and frequencies for the dry matter content, in which the most frequent irrigation reduced the dry matter (DM) content in the restitution of 100 % of ETc. No differences were observed for other structural variables (plant height and width, length, width, and cladode area index, and thickness of tertiary cladodes), productive variables (forage mass, green and dry yield and accumulation rate of forage) and chemical composition (crude protein, neutral detergent fiber, mineral matter and in vitro digestibility of DM). The water volumes and frequencies of Irrigation affect few variables in the growth of *Opuntia stricta* (Haw.) Haw, but do not affect its productivity.

Key-words: *Opuntia stricta* (Haw.) Haw. Forage. Water supplementation. Water use efficiency.

3 INTRODUÇÃO

A palma forrageira tem seu crescimento vegetativo relacionado à precipitação pluviométrica, à umidade relativa, à amplitude térmica e ao conteúdo de água no solo (SCALISI et al., 2016), em decorrência dos principais processos fisiológicos e bioquímicos serem dependentes de água, a exemplo da fotossíntese, respiração, transpiração e absorção de nutrientes (SAMPAIO et al., 2005). Portanto, os elementos do clima são fundamentais para potencializar o crescimento e a produtividade da palma. De acordo com Nobel (2001), o crescimento da palma está climaticamente relacionado a ocorrência de pelo menos 400 a 800 mm anuais de chuva. Porém, nos últimos anos, em diversas localidades da região semiárida do Brasil, a exemplo do Submédio do São Francisco, os índices pluviométricos foram muito baixos (TEIXEIRA, 2016), e apesar da alta eficiência no uso da água, essa baixa pluviosidade associada a altas temperaturas reduzem a produtividade da palma, contribuindo para inviabilizar o cultivo deste importante recurso forrageiro em algumas localidades.

Em levantamentos atuais de aptidão climática e zoneamentos para palma forrageira em estados que compõem o Semiárido brasileiro são destacadas muitas áreas com aptidão restrita para esta planta, em que as restrições são associadas principalmente a fatores climáticos como precipitações pluviais e amplitude térmica (BEZERRA et al. 2014; LUCENA et al., 2016) fazendo com que muitas regiões tenham dificuldades para o cultivo, obtendo-se baixas produtividades. Que tendem a piorar tendo em vista cenários futuros onde há uma tendência ao aumento da temperatura do ar e da concentração de dióxido de carbono na atmosfera, bem como a diminuição da precipitação pluviométrica, que implica diretamente no aumento da necessidade de reposição de água para a cultura da palma forrageira (BEZERRA et al., 2015).

Logo, a aplicação de água via irrigação no sistema de produção da palma forrageira é importante para maximização produtiva da cultura (QUEIROZ et al., 2015). E estudos recentes têm demonstrado que o estabelecimento do palmal e o aumento na produtividade da área são favorecidos com o suprimento adicional de água fornecido estrategicamente, quando comparados a produção em sequeiro (REGO et al., 2014; SILVA et al. 2014; QUEIROZ et al., 2015; ROCHA et al., 2017), uma vez que o efeito da água no solo ameniza a restrição causada pelos fatores climáticos (SCALISI et al., 2016), possibilitando o cultivo da palma para muitas regiões consideradas como restritas. Dessa forma os cultivos de palma forrageira com

irrigação tem ganhado espaço na tentativa de também reduzir os riscos de perdas, já que são elevados os custos de implantação e manutenção dos palmais (ALVES et al., 2007).

O sistema frequentemente utilizado para a complementação hídrica é o de gotejamento, pois é uma excelente opção para uma aplicação localizada e com mínima utilização de água, importante na utilização desse recurso limitado para algumas áreas do nordeste semiárido (LIMA et al., 2016), com a lâmina aplicada sempre complementar à irrigação (CRUZ NETO, et al., 2017; QUEIROZ et al., 2015; ROCHA et al., 2017), com o intervalo de irrigação variando entre sete dias (CRUZ NETO, et al., 2017), quatorze dias (ROCHA, et al., 2017) e vinte e oito dias (PEREIRA, et al., 2013).

O estabelecimento do manejo da irrigação para esta cultura, especialmente ao que se refere à frequência e às lâminas de água a serem aplicadas é de grande importância a fim de aumentar a eficiência de uso da água (EUA), o que pode ser útil na orientação da quantidade de água a ser aplicada pelos agricultores, sobretudo para os que dispõem de poucos volumes de água (QUEIROZ et al., 2015).

Dessa forma o objetivo do presente estudo foi avaliar a produtividade, as características estruturais e químicas da palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana submetidas a diferentes lâminas e frequências de irrigação.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido na Fazenda Agro Curaçá, no município de Curaçá-BA. O estudo foi conduzido em área já implantada e estabelecida com o genótipo de palma forrageira Orelha de elefante mexicana (OEM) (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.), com três anos de idade no início do estudo. O ensaio experimental abrangeu o período de setembro de 2017 a setembro de 2018.

Foi realizado o acompanhamento das condições meteorológicas durante o período do experimento por meio da Estação Agrometeorológica da Embrapa Semiárido, localizada no distrito do Mandacaru no município de Juazeiro-BA (09°24'S 40°26'W). No período experimental, a precipitação pluvial foi 366 mm, a ETo (Evapotranspiração de referência) foi 2.288 mm, a temperatura média foi 26 ^{0}C e a umidade relativa do ar (UR) média foi 71% (Figura 1).

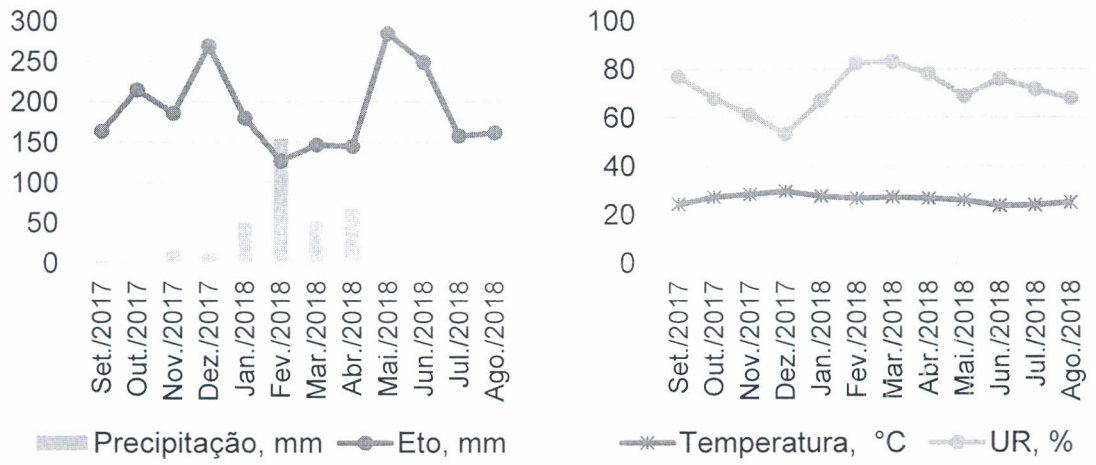


Figura 1. Variáveis meteorológicas referentes ao período experimental no município de Curaçá, BA.

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados em parcelas subdivididas (4 x 3) com 5 repetições, sendo quatro lâminas de irrigação e três frequências de aplicação de água, totalizando 60 unidades experimentais. As lâminas de água testadas para reposição foram: 100%, 75%, 50% e 25% da ETc (Evapotranspiração da cultura), tomando como base a ETo acumulada durante o intervalo entre as irrigações. Já, as frequências de aplicação de água estudadas foram de 7, 14 e 28 dias de intervalo de aplicações. A irrigação foi realizada com base na evapotranspiração de referência e foi complementar à precipitação pluvial, efetuada por gotejamento (QUEIROZ et al., 2015), utilizando-se tubo gotejador com gotejador

plano, e considerando o Kc (coeficiente da cultura) de 0,52 (QUEIROZ, 2014), totalizando em todo o período avaliado a aplicação de 999,44 mm para a lâmina de 100%, 699,61 mm para a lâmina de 75%, 499,72 mm para a lâmina de 50%, e 249,86 mm para a lâmina de 25% de reposição da ETc, que somado à precipitação totalizou 1.365,4 mm, 1.065,6 mm, 865,7 mm e 615,86 mm, para as lâminas de 100%, 75%, 50% e 25% respectivamente.

O espaçamento de plantio adotado foi de 0,10 m entre plantas, no método dominó com raquetes paralelas umas às outras, e espaçamento de 2,0 m entre linhas de plantio, compreendendo densidade equivalente a 50.000 plantas por hectare. O corte de uniformização, realizado no momento da implantação do ensaio, foi efetuado deixando-se apenas a raquete base. Sendo realizada também uma amostragem do solo para avaliar a condição do mesmo, a análise do solo foi realizada no laboratório de Solos e Tecidos Vegetais da Embrapa Semiárido – Petrolina, PE.

O solo da área é classificado como Vertissolo e os resultados das análises para camada de 0 a 20 cm foram: Condutividade elétrica (CE) = 0,68 mS/cm; pH = 4,6; P = 8,27 mg/dm^3; K = 0,09 cmolc/dm^3; Na = 0,23 cmolc/dm^3; Ca = 3,6 cmolc/dm^3; Mg = 2,6 cmolc/dm^3; H + Al = 4,8 cmolc/dm^3; soma de bases (SB) = 6,50 cmolc/dm^3; capacidade de troca catiônica (CTC) = 11,3 cmolc/dm^3. A área recebeu adubação orgânica (esterco caprino curtido) equivalente a 40 t/ha, sendo realizadas duas capinas manuais para o controle de plantas invasoras.

Foram avaliadas a produção de forragem (peso da planta, dada em kg de matéria verde (MV) e seca (MS)/planta) por meio do corte e pesagem de três plantas por parcela (total de 15 plantas por tratamento), sendo pesados todos os cladódios por ordem de surgimento na planta, obtendo-se o peso total da planta. Também foram avaliadas a produtividade verde (PV) e seca (PS) (kg de MV e MS/ha), onde estimou-se a produção por hectare com base na produção por planta e no número de plantas por hectare (produção por planta x número de plantas por ha), e as características morfológicas (altura e largura da planta, número, tamanho, peso, área de cladódios e índice de área de cladódios). No corte de avaliação, realizado aos 12 meses de rebrota, conservou-se em campo apenas o cladódio basal.

As medidas foram realizadas em três plantas da área útil em todos os cladódios destas plantas antes da colheita. Para a mensuração da altura e largura da planta foi utilizada fita métrica, considerou-se o comprimento desde a extremidade do artículo

mais alto até o solo. A largura da planta foi medida pelas extremidades laterais da planta. Em seguida foi realizada a contagem do número de cladódios. Dos cladódios, também com fita métrica, foram individualmente medidos o comprimento e a largura para posterior determinação da área e do índice de área de cladódio (IAC). Para mensurar a espessura dos cladódios foi utilizado paquímetro, posicionado na lateral do cladódio no ponto de extremidade mais larga do mesmo. Tanto a contagem, quanto as mensurações dos cladódios foram realizadas considerando a ordem de surgimento na planta.

A área do cladódio (AC, cm^2) foi estimada usando-se a seguinte equação: AC = 0,7086(1-exp(-0,000045765.cc.lc)) ÷ 0,000045765, em que AC = área de cladódio, cc = comprimento do cladódio (cm) e lc = largura do cladódio (cm) (SILVA et al., 2014), equação específica para o genótipo utilizado. O IAC foi calculado como se segue: (área de cladódio (cm^2) x número de cladódios por planta) ÷ 10.000 ÷ (E1 x E2), sendo 10.000 o fator de conversão de cm^2 para m^2 e E1 x E2 o espaçamento entre fileiras e entre plantas, respectivamente.

Para o cálculo da eficiência de uso da água (EUA) considerou-se o volume de chuvas e o volume de água aplicado artificialmente durante os 12 meses (produtividade seca ÷ água total aplicada (irrigação + precipitação)), dada em kg de MS/ha/mm. E para o cálculo da taxa de acúmulo de forragem (TAF) relacionou-se a produtividade seca e os dias do ano, ou seja produtividade seca (kg de MS/ha) ÷ 365 (dias).

Avaliou-se também a composição química da forragem produzida, no Laboratório de Nutrição Animal (LANA) da Embrapa Semiárido – Petrolina, PE, onde após a pré-secagem em estufa de ventilação forçada a 55°C até peso constante, as amostras foram moídas em moinho de facas tipo "Willey" com peneiras de malhas de 1 mm e, posteriormente foram realizadas as análises, em que foram determinadas as porcentagens de matéria seca (MS, método 967.03), matéria mineral (MM, método 942.05), proteína bruta (PB, método 981.10) (AOAC, 1990), fibra em detergente neutro, e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) de acordo com as metodologias descritas por Van Soest et al. (1991), com aprovação da Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Embrapa Semiárido (Protocolo 10/2017). Sendo que a amostragem para a realização das análises foi realizada em toda a planta, ou seja, a partir de uma amostra composta com cladódios de todas as ordens.

Foi realizado o acompanhamento da umidade do solo imediatamente antes e após os eventos de irrigação, utilizando o equipamento TDR (Time Domain Reflectometry) (Tabela 1). O monitoramento da umidade do solo foi realizado na camada de 0-20 cm de profundidade, entre os meses de agosto a setembro de 2018 com duração de 28 dias em que cada leitura foi realizada semanalmente.

Tabela 1. Umidade do solo (%) cultivado com Palma Forrageira *Opuntia stricta* (Haw.) Haw antes e após os eventos de irrigação, Curaçá, BA

Profundidade do solo (0cm – 20cm)										
Frequência (dias)	Lâmina (% da ETc)								**Média**	
	25%		50%		75%		100%			
	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após
7	9	16	10	18	11	23	13	25	10,7	20,5
14	6	19	8	22	8	23	9	26	7,75	22,5
28	1	27	2	28	3	28	4	28	2,5	27,7
Média	5,3	20,7	6,7	22,7	7,3	24,7	8,7	26,3		

ETc= Evapotranspiração da cultura.

Os dados foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o *Statistical Analyses System* – SAS (2015). Havendo diferença, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, também considerando como significativos valores de probabilidade inferiores a 5% ($P<0,05$).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foi observada diferença (p>0,05) para as características estruturais da palma forrageira (altura e largura de planta, comprimento, largura de cladódios e IAC) em relação às lâminas de água e frequência de irrigação e a interação destes fatores aos doze meses (Tabela 2), o que provavelmente se deve aos eventos de precipitação ocorridos no período anterior ao corte (Figura 1), aliado as características anatomorfofisiológicas da palma forrageira, que lhes permite o melhor aproveitamento dessa água por mais tempo, uma vez que possui um metabolismo que permite a abertura das células estomáticas prioritariamente durante a noite para captar dióxido de carbono, o que possibilita menor transferência de água para o ambiente (BEZERRA et al., 2015; MARQUES et al., 2017; SILVA et al., 2014).

Tabela 2. Características estruturais da palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw) submetida a diferentes lâminas e frequências de irrigação, aos 12 meses após a rebrota, no município de Curaçá-BA

(continua)

Altura de planta (cm)						
Frequência (dias)	Lâmina (% da ETc)				**Média**	p-valor
	25%	50%	75%	100%		
7	64,7	69,1	66,9	72,8	68,4	
14	66,9	66,6	67,9	68,0	67,3	0,32
28	66,1	63,5	69,1	65,4	66,1	
Média	65,9	66,4	68,0	68,7		
p-valor	0,35					
p-valor F x L	0,25					
Largura de planta (cm)						
Frequência (F) (dias)	Lâmina (L) (% da ETc)				**Média**	p-valor
	25%	50%	75%	100%		
7	76,9	78,5	71,1	81,5	77,0	
14	77,2	78,8	75,3	80,4	77,9	0,90
28	77,2	78,1	78,1	73,3	76,7	
Média	77,1	78,5	74,8	78,4		
p-valor	0,67					
p-valor F x L	0,72					
Comprimento de cladódio (cm)						
Frequência (dias)	Lâmina (% da ETc)				**Média**	p-valor
	25%	50%	75%	p-valor		
7	24,2	25,3	24,5	25,8	24,9	
14	26,0	24,6	25,0	24,9	25,1	0,69
28	24,3	24,6	25,5	24,6	24,7	
Média	24,8	24,8	25,0	25,1		
p-valor	0,93					
p-valor F x L	0,14					

Tabela 2. Características estruturais da palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (Opuntia stricta (Haw.) Haw) submetida a diferentes lâminas e frequências de irrigação, aos 12 meses após a rebrota, no município de Curaçá-BA

(conclusão)

Largura de cladódio (cm)						
Frequência (dias)	Lâmina (% da ETc)				**Média**	p-valor
	25%	50%	75%	100%		
7	18,4	19,1	19,0	19,7	19,0	
14	19,4	18,2	18,7	18,5	18,7	0,60
28	17,8	18,7	19,9	18,9	18,8	
Média	18,5	18,7	19,2	19,0		
p-valor	0,27					
p-valor F x L	0,06					
Índice de área de cladódio						
Frequência (dias)	Lâmina (% da ETc)				**Média**	
	25%	50%	75%	100%		
7	1,76	1,90	1,83	2,16	2,01	
14	1,95	1,87	1,85	2,08	1,95	0,07
28	1,59	1,62	2,01	1,68	1,84	
Média	1,82	1,93	1,91	2,07		
p-valor	0,24					
p-valor F x L	0,24					

Letras minúsculas comparam as médias na coluna para cada percentual de lâmina, e letras maiúsculas comparam as médias na linha para cada frequência de irrigação, pelo teste de Tukey considerando 5% de significância.

O fato do presente estudo ter sido conduzido em sistema adensado pode ter contribuído para a similaridade no porte das plantas entre os tratamentos, onde as plantas podem ter encontrado restrição de espaço para seu crescimento, principalmente no gênero *Opuntia* que apresenta crescimento horizontal. O porte das plantas, caracterizado tanto pela altura, como pela largura de planta, é de grande importância em estudos adensados, uma vez que influencia diretamente no manejo, em que plantas com portes maiores dificultam ainda mais os tratos culturais e controle de pragas (OLIVEIRA JÚNIOR et al. 2009, CAVALCANTE et al., 2014).

O comprimento e a largura dos cladódios se encontram próximos aos obtidos por Rocha et al. (2017), trabalhando com o *Opuntia stricta* (Haw.) Haw, em um ciclo de 16 meses, que obtiveram média de 25,66 cm de comprimento e 21,36 cm de largura, enquanto no presente estudo a média foi de 24,95 cm de comprimento e 18,86 cm de largura, em um ciclo de 12 meses.

Segundo Nobel (1991), a máxima produtividade é obtida com um IAC entre 2 a 2,5 e o crescimento da palma está relacionado com o IAC, logo é possível observar que no presente estudo, aos 12 meses após o corte, as plantas estavam bem próximas do seu máximo potencial produtivo.

Houve diferença significativa para a interação lâmina x frequência de irrigação na espessura dos cladódios (espessura de cladódios geral, primários e secundários), em que as reposições mais frequentes não se diferenciaram da reposição menos frequente para espessura de cladódios geral e primário na lâmina com 100% de reposição da ETc, porém apresentaram diferença entre si, sendo que as plantas que receberam reposição de água a cada sete dias apresentaram cladódios mais espessos que as que receberam a reposição a cada quatorze dias (Tabela 3).

Tabela 3. Espessura dos cladódios de palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw) submetida a diferentes lâminas e frequências de irrigação, aos 12 meses pós rebrota, no município de Curaçá-BA

(continua)

Espessura de cladódios geral (cm)						
Frequência (dias)	Lâmina (% da ETc)				**Média**	p-valor
	25%	50%	75%	100%		
7	1,56Aa	1,50Aa	1,57Aa	1,70Aa	1,58a	
14	1,58Aa	1,56Aa	1,51Aa	1,40Ab	1,51ab	0,001
28	1,32Aa	1,46Aa	1,50Aa	1,47Aab	1,44b	
Média	1,49	1,51	1,53	1,52		
p-valor	0,76					
p-valor F x L	0,004					
Espessura de cladódio basal (cm)						
Frequência (dias)	Lâmina (% da ETc)				**Média**	p-valor
	25%	50%	75%	100%		
7	5,00	4,01	4,44	4,65	4,52a	
14	4,22	4,05	3,87	4,19	4,08b	<0,0001
28	3,73	3,60	4,11	3,44	3,72b	
Média	4,32	3,89	4,14	4,09		
p-valor	0,15					
p-valor F x L	0,11					
Espessura de cladódios primários (cm)						
Frequência (dias)	Lâmina (% da ETc)				**Média**	p-valor
	25%	50%	75%	100%		
7	1,57Aa	1,54Aa	1,57Aa	1,70Aa	1,59a	
14	1,60Aa	1,62Aa	1,59Aa	1,37Ab	1,54a	0,0013
28	1,32Aa	1,46Aa	1,44Aa	1,46Aab	1,42b	
Média	1,50	1,54	1,53	1,51		
p-valor	0,83					
p-valor F x L	0,03					
Espessura de cladódios secundários (cm)						
Frequência (dias)	Lâmina (% da ETc)				**Média**	p-valor
	25%	50%	75%	100%		
7	1,19Aa	1,20Aa	1,19Aa	1,29Aa	1,22a	
14	1,18Aa	1,10Aa	1,14Aa	1,07Aab	1,12b	0,0015
28	1,06ABa	1,13ABa	1,23Aa	0,95Bb	1,09b	
Média	1,14	1,15	1,19	1,10		
p-valor	0,27					
p-valor F x L	0,02					

Tabela 3. Espessura dos cladódios de palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw) submetida a diferentes lâminas e frequências de irrigação, aos 12 meses pós rebrota, no município de Curaçá-BA

(conclusão)

Número de cladódios total (por planta)						
Frequência (dias)	Lâmina (% da ETc)				**Média**	p-valor
	25%	50%	75%	100%		
7	11,1	11,3	11,1	12,1	11,4ab	
14	10,9	11,9	11,1	12,8	11,7a	0,03
28	10,4	10,0	11,1	10,2	10,4b	
Média	10,8	11,0	11,1	11,7		
p-valor	0,40					
p-valor F x L	0,58					

Letras minúsculas comparam as médias na coluna para cada percentual de lâmina, e letras maiúsculas comparam as médias na linha para cada frequência de irrigação, pelo teste de Tukey considerando 5% de significância.

Estes resultados sugerem que a maior disponibilidade de água promovida pela reposição total da evapotranspiração aliada a uma reposição mais frequente, no geral, proporcionou cladódios mais túrgidos, notadamente para os cladódios primários. O solo das áreas que receberam água com menor frequência perdem mais água ao longo do tempo por evaporação, e em cultivo de espécies cactáceas essa perda por evaporação tende a ser significativa, intensificando as perdas de água para a atmosfera (HAN; FELKER, 1997). No entanto, com a redução ainda maior da frequência de reposição de água (28 dias) a espessura não se diferencia, dando indícios de que as plantas estrategicamente passaram a priorizar o acúmulo de água e nutrientes, havendo assim um aumento na espessura dos mesmos.

Já, em relação a espessura de cladódios secundários, a maior reposição (100% da ETc) apresentou diferença entre as reposições mais e menos frequentes (7 e 28 dias), em que a reposição a cada sete dias possibilitou o surgimento de cladódios secundários mais espessos, porém não houve diferença de ambas em relação a frequência de reposição a cada quatorze dias. No entanto, além do efeito observado na interação da reposição de 100% da ETc e os diferentes intervalos de irrigação, houve ainda, para espessura de cladódios secundários, efeito significativo entre o intervalo de irrigação de 28 dias e as diferentes lâminas de reposição, em que a reposição de 75% da ETc apresentou cladódios secundários mais espessos que os da reposição de 100% da ETc (Tabela 3). Essa diferenciação no comportamento da espessura, à medida em que houve a redução da frequência de reposição de água, entre cladódios primários e secundários, provavelmente se deve ao fato de que a

planta tende a armazenar água em estruturas recém-formadas, como estratégia de sobrevivência, fornecendo mais água aos órgãos mais fotossinteticamente ativos (SCALISI et al., 2016). Sendo assim os cladódios secundários estariam propensos a perda de água maior, uma vez que apresentariam, proporcionalmente, maior conteúdo de água quando comparados aos cladódios primários, havendo assim redução na espessura dos cladódios secundários à medida em que houve redução na frequência de reposição de água.

O fator frequência apresentou influência significativa para a espessura do cladódio base e para o número de cladódios por planta, em que as plantas que receberam água com maior frequência apresentaram o cladódio basal mais espesso, possivelmente pela reposição de água mais frequente, enquanto que para número de cladódios, as plantas que receberam água com menor frequência apresentaram diferença entre si, porém não se diferenciaram das plantas que receberam água a cada sete dias (Tabela 3). Não houve diferença para a espessura de cladódios terciários (1,19 cm) em função das lâminas, frequências e interação lâminas x frequências de irrigação.

Não foram observadas diferenças significativas ($p>0,05$) na MF (kg/planta), PV e PS (kg de MV/ha e kg de MS/ha), e TAF (kg de MS/ha/dia) em decorrência das lâminas, frequências de irrigação e interação. Mas, foi observada diferença na EUA para a interação lâmina x frequência (Tabela 4).

Outros estudos também não encontraram diferenças na produtividade da palma forrageira quando avaliaram crescentes aportes de água via irrigação, a exemplo de Queiroz et al. (2015) que trabalharam com disponibilidades hídricas de 976, 1.048, 1.096, 1.152 e 1.421 mm anuais na palma Orelha de Elefante Mexicana, no município de Serra Talhada, PE, e não observaram diferença significativa. Já, Hernández et al. (2004), analisaram o desempenho de clones de palma forrageira submetidos a irrigações semanais (740 mm por ano ou 14,2 mm a cada sete dias; 1.060 mm por ano ou 20,4 mm a cada sete dias; e 1.380 mm por ano ou 26,5 mm a cada sete dias), com base na evaporação do Tanque Classe A, no Semiárido mexicano e também não observaram incremento na produtividade da cultura.

Tabela 4. Respostas produtivas da palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw) submetida a diferentes lâminas e frequências de irrigação no município de Curaçá-BA

Peso da planta (kg)						
Frequência (dias)	Lâmina (% da ETc)				**Média**	p-valor
	25%	50%	75%	100%		
7	5,05	5,78	6,06	6,56	5,86	
14	5,23	6,20	5,48	4,96	5,47	0,16
28	5,25	4,74	6,35	4,55	5,22	
Média	5,17	5,57	5,96	5,36		
p-valor		0,21				
p-valor F x L		0,05				
Produtividade verde (t de MV/ha)						
Frequência (dias)	Lâmina (% da ETc)				**Média**	p-valor
	25%	50%	75%	100%		
7	252,3	289,3	302,9	327,9	293,1	
14	261,4	309,8	274,0	248,0	273,3	0,16
28	262,3	237,2	317,3	227,8	261,1	
Média	258,7	278,8	298,1	267,9		
p-valor		0,21				
p-valor F x L		0,05				
Produtividade seca (t de MS/ha)						
Frequência (dias)	Lâmina (% da ETc)				**Média**	p-valor
	25%	50%	75%	100%		
7	20,2	21,9	23,0	23,6	22,2	
14	20,3	24,1	20,3	21,0	21,4	0,18
28	20,3	18,0	23,3	17,6	19,8	
Média	20,3	21,3	22,2	20,7		
p-valor		0,60				
p-valor F x L		0,17				
Taxa de acúmulo de forragem (kg de MS/ha/dia)						
Frequência (dias)	Lâmina (% da ETc)				**Média**	p-valor
	25%	50%	75%	100%		
7	55,3	59,9	63,1	64,6	60,7	
14	55,6	66,1	55,6	57,5	58,7	0,18
28	55,7	49,2	63,9	48,1	54,3	
Média	55,5	58,4	60,9	56,7		
p-valor		0,60				
p-valor F x L		0,17				
Eficiência de uso da água (kg de MS/mm)						
Frequência (dias)	Lâmina (% da ETc)				**Média**	p-valor
	25%	50%	75%	100%		
7	32,8	25,3	21,6	17,3	24,2	
14	32,9	27,9	19,0	15,4	23,8	0,35
28	33,0	20,8	21,9	12,9	22,1	
Média	32,9A	24,6B	20,8B	15,2C		
p-valor		<0,0001				
p-valor F x L		0,36				

Letras minúsculas comparam as médias na coluna para cada percentual de lâmina, e letras maiúsculas comparam as médias na linha para cada frequência de irrigação, pelo teste de Tukey considerando 5% de significância.

As produtividades observadas na presente pesquisa são superiores às relatadas por Queiroz et al. (2015) que observaram para a Orelha de Elefante Mexicana 131,16 t de MV/ha com a aplicação de lâminas de 976, 1.048, 1.096, 1.152 e 1.421 mm anuais, 380 dias após o corte, e abaixo do encontrado por Rocha et al.

(2017) que trabalharam com uma lâmina de 16,4 mm a cada 15 dias, e com a mesma espécie, onde obtiveram produções da ordem de 566,0 t de MV/ha em um ciclo de 12 meses, para o primeiro ciclo produtivo recebendo fertilização orgânica e química. E resultados ainda maiores que os encontrados por Silva et al. (2015) que obtiveram 163,0 t de MV/ha, quando trabalharam com a mesma espécie, em uma densidade de 31.250 plantas/ha, porém em regime de sequeiro, e num ciclo de 745 dias, evidenciando a importância da complementação hídrica para o incremento produtivo no cultivo de palma forrageira, sobretudo em regiões em que há restrições climáticas para o cultivo da palma forrageira.

A similar produtividade entre as lâminas de água pode estar relacionada ao fato de que na menor lâmina aplicada (25%) o volume de precipitação foi 366 mm e a reposição via irrigação foi 249,86 mm totalizando 615,86, volume considerado como adequado para o crescimento da palma forrageira, sendo que o volume de precipitação considerado como ideal para o cultivo e boa produção das *Opuntias* sp. situa-se entre 368,4 mm e 812,4 mm (SOUZA et al., 2008). Assim como, pode estar relacionada aos eventos de precipitação ocorridos no período anterior ao corte (Figura 1). Todos esses fatores aliado às características morfofisiológicas da palma forrageira, principalmente ao seu metabolismo ácido das crassuláceas, que possibilita a abertura das células estomáticas predominantemente durante a noite para captar o dióxido de carbono, reduzindo assim a transferência de água para o ambiente (BEZERRA et al., 2015), e ao caule formado por uma camada externa fotossintética que circunda tecidos não fotossintéticos, os quais servem como reservatórios de água (HOLBROOK, 2017), favorece essa similaridade produtiva nas diferentes lâminas estudadas.

Além disso, a não diferenciação na produtividade indica que, para as condições avaliadas, todos os tratamentos são igualmente produtivos, porém, a medida em que a lâmina de irrigação é reduzida, a planta se torna mais eficiente no uso da água, pois apresentam a mesma produção utilizando um menor volume de água (Tabela 4).

Em relação a composição química, houve diferença significativa apenas no teor de MS, onde a irrigação mais frequente desfavoreceu a concentração de MS na reposição de 100% da demanda hídrica da cultura (Tabela 5). Como o teor de MS apresentou comportamento oposto à espessura geral dos cladódios (Tabela 3), sugere-se que a maior disponibilidade de água promovida pela reposição total da

evapotranspiração, aliada a reposição mais frequente proporcionou cladódios mais túrgidos. Ou seja, cladódios com maior teor de água e, consequentemente, menor teor de MS, pois o solo das áreas que recebem água com menor frequência perdem mais água ao longo do tempo por evaporação, como mencionado anteriormente. Assim como o aumento da lâmina reposta reduziu a concentração de MS em intervalos de irrigação a cada 7 dias, em função da maior disponibilidade de água com mais frequência.

Tabela 5. Composição química (% da matéria seca – MS) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca da palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw) submetida a diferentes lâminas e frequências de irrigação, aos 12 meses pós rebrota, no município de Curaçá-BA

(continua)

Matéria seca (%)						
Frequência	Lâmina (% da ETc)				**Média**	p-valor
	25%	50%	75%	100%		
7	7,95Aa	7,56ABa	7,78ABa	7,16Bb	7,61b	
14	7,82Aa	7,96Aa	7,60Aa	8,31Aa	7,92a	0,005
28	7,73Aa	7,51Aa	7,41Aa	7,70Aab	7,59b	
Média	7,83	7,68	7,60	7,72		
p-valor	0,31					
p-valor F x L	<0,0001					
Proteína bruta						
Frequência	Lâmina (% da ETc)				**Média**	p-valor
	25%	50%	75%	p-valor		
7	6,61	6,72	5,21	5,68	6,05	
14	5,85	5,89	6,53	6,14	6,10	0,37
28	6,91	6,56	6,21	6,11	6,44	
Média	6,46	6,39	5,98	5,98		
p-valor	0,36					
p-valor F x L	0,18					
Fibra em detergente neutro						
Frequência	Lâmina (% da ETc)				**Média**	p-valor
	25%	50%	75%	100%		
7	20,59	19,39	22,09	20,61	20,67	
14	20,33	19,54	20,85	19,11	19,95	0,31
28	21,65	22,79	21,99	20,43	21,71	
Média	20,86	20,57	21,64	20,05		
p-valor	0,68					
p-valor F x L	0,94					
Matéria mineral						
Frequência	Lâmina (% da ETc)				**Média**	p-valor
	25%	50%	75%	100%		
7	15,76	15,86	16,15	16,91	16,17	
14	15,97	15,84	15,91	15,99	15,93	0,32
28	15,80	15,20	16,20	14,41	15,40	
Média	15,84	15,63	16,09	15,77		
p-valor	0,89					
p-valor F x L	0,62					

Tabela 5. Composição química (% da matéria seca – MS) e digestibilidade in vitro da matéria seca da palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (Opuntia stricta (Haw.) Haw) submetida a diferentes lâminas e frequências de irrigação, aos 12 meses pós rebrota, no município de Curaçá-BA

(conclusão)

Digestibilidade *in vitro* da matéria seca (%)						
Frequência	Lâmina (% da ETc)				**Média**	p-valor
	25%	50%	75%	100%		
7	84,3	81,8	82,1	84,5	83,2	
14	81,6	84,3	83,6	79,9	82,3	0,46
28	79,4	80,7	84,4	79,5	81,0	
Média	81,8	82,3	83,4	81,3		
p-valor			0,75			
p-valor F x L			0,61			

Letras minúsculas comparam as médias na coluna para cada percentual de lâmina, e letras maiúsculas comparam as médias na linha para cada frequência de irrigação, pelo teste de Tukey considerando 5% de significância.

Os resultados observados no presente estudo foram próximos aos encontrados por Cavalcante et al. (2014) para as espécies Gigante e Redonda (ambas do gênero *Opuntia*) em que os teores de MS foram 6,37% e 6,07%, respectivamente, e também por Amorim et al. (2016) para a *Opuntia ficus-indica* recebendo irrigação, cujo valor observado foi 6,11%.

Os teores de MS na palma e, consequentemente, as concentrações de água na planta são de grande importância para regiões áridas e semiáridas, onde há escassez de água para os animais, fazendo com que os alimentos suculentos como a palma forrageira promovam aporte hídrico adicional ao rebanhos (VIEIRA et al., 2008; CAVALCANTE et al., 2017).

Os teores de PB estão próximos aos encontrados na literatura para as cultivares Redonda e Gigante por Cavalcante et al. (2014) (5,21% e 5,42%, respectivamente). Esse é um teor de proteína baixo para a dieta de ruminantes, pois o mínimo teor de PB exigido para o bom desenvolvimento dos microrganismos ruminais é 7% (MINSON, 1990), evidenciando a necessidade da associação da palma forrageira com outras fontes de proteína na dieta.

No entanto, os valores de FDN estão abaixo dos encontrados pelos mesmos autores para as cultivares Redonda e Gigante (27,05% e 28,3%, respectivamente), e os de digestibilidade *in vitro* da matéria seca acima dos encontrados ainda pelos mesmos autores, para as mesmas variedades. O que, possivelmente, está relacionado ao fato dos cladódios do presente estudo serem mais jovens que os dos estudos mencionados. Enquanto nesta pesquisa os cladódios foram cortados aos 12 meses após a rebrota, no estudo de Cavalcante et al. (2014) a palma foi cortada aos

24 meses. A digestibilidade indica a qualidade do alimento utilizado pelo animal, e é a relação entre a quantidade da fração ingerida do alimento e o que é excretado (SALMAN et al., 2010). Porém, apesar da alta digestibilidade, faz-se necessário a associação da palma forrageira com outras fontes de alimento que possam compensar o baixo teor de fibras e PB na dieta.

6 CONCLUSÃO

As lâminas e as frequências de irrigação afetam as características estruturais da palma forrageira orelha de elefante mexicana, mas não influencia a produtividade.

REFERÊNCIAS

ALVES, R. N.; FARIAS, I.; MENEZES, R. S. C.; LIRA. M. de A.; SANTOS, D. C. dos. Produção de forragem pela palma após 19 anos sob diferentes intensidades de corte e espaçamentos. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 20, n. 4, p. 38-44, 2007;

AMORIM, C. G. A.; PASSOS, A. R.; JESUS, M. S. Produção de biomassa em clones de palma forrageira sob regime de sequeiro e irrigado no semiárido baiano. **Anais SEMIC**. n. 20, 2016;

AMORIM, D. M.; SILVA, T. G. F.; PEREIRA, P. C.; SOUZA, L. S. B.; MINUZZI, R. B. Phenophases and cutting time of forage cactus under irrigation and cropping systems. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 47, p. 62-71, 2017;

AOAC-Association of Official Analitical Chemists. **Official Methods of Analysis**. 15th ed. Arlington: AOAC, 1990;

BEZERRA, S.A.F.; SILVA, T.G.F.; SOUZA, L.S.B.; MOURA, M.S.B.; MORAIS, J.E.F.; DINIZ, W.J.S.; QUEIROZ, M.G. Demanda hídrica bruta da Palma Forrageira em cenários futuros de mudanças climáticas no Estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Geografia Física**. vol. 08, n. 06, p. 1628-1643, 2015;

CAVALCANTE, L. A. D.; SANTOS, G. R. A.; SILVA, L. M.; FAGUNDES, J. L.; SILVA, M. A. Respostas de genótipos de palma forrageira a diferentes densidades de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 44, n. 4, p. 424-433, 2014;

CAVALCANTE, A. B.; LEITE, M. L. M. V.; PEREIRA, J. S.; LUCENA, L. R. R. Crescimento de palma forrageira em função da cura de segmentos dos cladódios. Tecnologia & Ciência Agropecuária, v.11, n.5, p.15-20, 2017;

CRUZ NETO, J. F.; MORAIS, J. E. F.; SOUZA, C. A. A.; CARVALHO, H. F. DE S.; RODRIGUES, C. T. A. Aplicabilidade de indicadores agrometeorológicos para análise do incremento de água por irrigação em sistemas de produção da palma forrageira, cv. Miúda. **Journal of Environmental Analysis and Progress** v. 02 n. 02, p. 98-106, 2017;

HAN, H.; FELKER, P. Field validation of water-use efficiency of the CAM plant *Opuntia ellisiana* in south Texas. **Journal of Arid Environments**, Amsterdam, v. 36, n. 1, p. 133-148, 1997;

HERNÁNDEZ, A. F.;CASTILLO, I. O.; AMADOR, B. M.; HERNANDEZ, J. L. G.; DIEGUEZ, E. T. Yield and physiological traits of prickly pear cactus 'nopal' (*Opuntia* spp.) cultivars under drip irrigation. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 70, n. 2, p. 97-107, 2004;

HOLBROOK, N. M. Transporte e translocação de água e solutos: Água e células vegetais. In: TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. (Org.) **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, p. 83-96, 2017;

LIMA, G. F.; REGO, M. M. T.; DANTAS, F. D. G.; LÔBO, R. N. B.; SILVA, J. G. M.; AGUIAR, E. M. Morphological characteristics and forage productivity of irrigated cactus pear under different cutting intensities. **Revista Caatinga** v.29, n.2 Mossoró Apr./June 2016;

LUCENA, D. B.; MEDEIROS, R. M.; SABOYA, L. M. F.; NASCIMENTO, P. L. Aptidão e zoneamento agroclimático da palma forrageira para o estado do Piauí. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. v.10, n.4, p. 809-819, 2016;

MINSON, D.J. **Forage in ruminant nutrition**. New York: Academic Press, 1990. 483p;

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

NOBEL, P. S. Prediction and measurement of high annual productivity for *Opuntia ficus-indica*. **Agricultural and Forest Meteorogy**, v. 56, p 261-272, 1991;

NOBEL, P. S. Biologia ambiental In: BARBERA, G.; INGLESE, P.; PIMIENTABARRIOS, E. (Eds.) **Agroecologia, cultivos e usos da palma forrageira**. Paraíba: SEBRAE/PB, p. 36-57. 2001;

PEREIRA, P. C. Evapotranspiração e crescimento de clones de palma forrageira irrigada no semiárido brasileiro. **Dissertação de mestrado**, Programa de Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa - MG, 81 p., 2013;

QUEIROZ, M. G. Desempenho produtivo e parâmetros agrometeorológicos da palma forrageira, clone orelha de elefante mexicana, no semiárido brasileiro. **Dissertação de mestrado**, Programa de Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa - MG, 60 p., 2014;

QUEIROZ, M. G.; SILVA, T. G. F.; ZOLNIER, S.; SILVA, S. M. S.; LIMA, L. R.; ALVES, J. O. Características morfofisiológicas e produtividade da palma forrageira em diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.10, p.931–938, 2015;

ROCHA, R. S.; VOLTOLINI, T. V.; GAVA, C.A.T. Características produtivas e estruturais de genótipos de palma forrageira irrigada em diferentes intervalos de corte.

Archivos de zootecnia v.66, n.255, p.364, 2017;

SALMAN, A.K.D.; FERREIRA, A.C.D.; SOARES, J.P.G.; SOUZA, J.P.S. Metodologia para avaliação de ruminantes. **Documentos** / Embrapa Rondônia, 2010. 21 p.

SAMPAIO, E. V. S.; MENEZES, R. S. C.; SALCEDO, I. H.; SOUZA, F. J. Produtividade de palma em propriedades rurais. 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. UFPE: Recife, 2005;

SAS University Edition: **SAS Institute**, 2015;

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. **A palma no Nordeste do Brasil**: conhecimento atual e novas perspectivas de uso. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2005. p.143-162;

SANTOS, D. C.; FARIAS, I.; LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; ARRUDA, G. P.; COELHO, R. S. B.; DIAS, F. M.; MELO, J. N. Manejo e utilização da palma forrageira (*Opuntia e Nopalea*) em Pernambuco. **IPA. Documentos, 30**, Recife: IPA, 48p, 2006;

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

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

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

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

TEIXEIRA, M. N. O sertão semiárido. Uma relação de sociedade e natureza numa dinâmica de organização social do espaço. **Revista Sociedade e Estado,** v.31, n.3, 2016;

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.3583-3597, 1991;

VIEIRA E.L., BATISTA A.M.V., GUIM A., CARVALHO F.F., NASCIMENTO A.C., ARAÚJO R.F.S. & MUSTAFA A. Effects of hay inclusion on intake, *in vivo* nutrient utilization and ruminal fermentation of goats fed spineless cactus (*Opuntia ficus indica*

Mill) based diets. **Animal Feed Science Technology.** p.199- 208, 2008;

CAPÍTULO 2.

CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS DA PALMA FORRAGEIRA ORELHA DE ELEFANTE MEXICANA SUBMETIDA A DIFERENTES INTENSIDADES DE CORTE

RESUMO

Objetivou-se com o presente estudo avaliar o efeito de diferentes intensidades de corte sobre as características morfológicas e a produtividade de palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (Opuntia stricta (Haw.) Haw) em um ciclo de 12 meses, recebendo complementação hídrica. O ensaio foi conduzido na Embrapa Semiárido em Petrolina-PE. Foram avaliadas três intensidades de corte (corte com preservação somente da base (CBASAL), corte com preservação somente da ordem primária (CPRIM), e corte com a preservação da ordem secundária (CSEC), equivalentes aos índices de área de cladódios residuais inicial (IACr) 0,08, 0,33 e 0,69, respectivamente). O delineamento utilizado foi em blocos casualizados com oito repetições. Houve aumento na altura e largura de plantas, da palma forrageira no CPRIM e CSEC em relação ao CBASAL. Porém a largura da planta para o CSEC foi maior que o CPRIM. A espessura dos cladódios primários foi maior no CPRIM e CSEC em comparação ao CBASAL, porém não se diferenciaram entre si. O número de cladódios geral, terciários e quaternários, índice de área de cladódio (IAC) geral, secundário, terciário e quaternário aumentaram à medida em que foi preservado maior IACr inicial. Para as variáveis produtivas (peso colhido por planta, peso de cladódio secundário (PCS) e terciário (PCT), produtividade verde (PV) e seca (PS), taxa de acúmulo de forragem (TAF) e eficiência de uso da água (EUA)) o CPRIM e CSEC apresentaram diferença entre si apenas no PCT, o CPRIM e CBASAL são diferentes entre si para a maioria das variáveis, com exceção do PCT, e o CBASAL e CSEC também são diferentes entre si, porém são semelhantes no peso colhido por planta e PV. Sem efeito dos tratamentos para espessura de cladódios geral, secundários, terciários e quaternários, número de cladódios primários e secundários, IAC primário, e peso de cladódio primário e quaternário. O crescimento vegetativo e a produtividade da palma forrageira Opuntia stricta (Haw.) Haw, recebendo complementação hídrica, é influenciado pela intensidade de corte, sendo que os cortes menos intensos promovem maior produtividade.

Palavras-chave: *Opuntia stricta* (Haw.) Haw. Forragem. Complementação hídrica. Altura de corte. Semiárido

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of different cutting intensities on the morphological characteristics and productivity of the cactus forage of the Orelha de elefante mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw) in a cycle of 12 months, receiving water supplementation. The assay was conducted at Embrapa Semiarido in Petrolina-PE. Three cutting intensities were evaluated, cut with preservation only of the base (CBASAL), cut off with primary order only preservation (CPRIM), and cut with secondary order preservation (CSEC), equivalent to the initial residual cladodes area indexes (CAIr) 0.08, 0.33 and 0.69, respectively). The experimental design was a randomized block design with eight replications. The cut intensities influenced the height and width of the plants, in which CPRIM and CSEC promoted higher plant height than CBASE, but did not differentiate between them. The plant width increased as the initial CAIr increased. The thickness of the primary cladodes was higher in CPRIM and CSEC compared to CBASAL, but did not differentiate between them. The number of general, tertiary and quaternary cladodes, general, secondary, tertiary and quaternary cladode area index (CAI) increased as the highest initial CAIr was preserved. For the productive variables (plant weight, secondary cladodes (WSC) and tertiary (WTC), green (GP) and dry (DP) productivity, forage accumulation rate and water use efficiency)), CPRIM and CSEC showed differences among themselves only in WTC, CPRIM and CBASAL are different for most variables, except for WTC, and CBASAL and CSEC are also different from each other, but are similar in plant weight and GP. There was no effect of treatments for general, secondary, tertiary and quaternary cladodes thickness, number of primary and secondary cladodes, primary CAI, and primary and quaternary cladodes weight. The vegetative growth and yield of the *Opuntia stricta* (Haw.) Haw palm, receiving water supplementation, is influenced by the cut intensity, with the less intense cuts promoting higher productivity.

Key-words: *Opuntia stricta* (Haw.) Haw, Forage. Water supplementation. Cutting height. Semiarid.

7 INTRODUÇÃO

A palma forrageira é um dos mais importantes recursos forrageiros na região semiárida brasileira (MARQUES et al., 2017; SILVA et al., 2014), pois além de apresentar alto valor energético, boa aceitabilidade pelos ruminantes, elevado coeficiente de digestibilidade e grande reserva de água, ainda apresenta alto potencial de produção de fitomassa, tolerância ao déficit hídrico, e é de fácil propagação (CAVALCANTE et al., 2017). Pode, ainda, ser mantida no campo, sem necessidade de armazenamento mesmo nos períodos mais secos, uma vez que dispõe de mecanismos anatômicos e morfofisiológicos que lhe confere elevada eficiência na utilização da água (MARQUES et al., 2017; SILVA et al., 2014). Vale ressaltar ainda que a palma forrageira supre grande parte das necessidades de água do rebanho na época de escassez (ALMEIDA et al., 2015), uma vez que caprinos (VIEIRA et al. 2008) e ovinos (BISPO et al. 2007) reduzem ou suprimem a ingestão de água quando recebem rações contendo palma forrageira.

E como o manejo produtivo adotado é determinante para o sucesso produtivo das culturas (CRUZ NETO et al., 2017), quando a palma forrageira é bem manejada e cultivada em regiões adequadas, a mesma alcança elevada produtividade, onde o manejo adequado de plantio e de cortes (intensidades), associado a complementação hídrica são os principais fatores que influenciam na sua produtividade (ROCHA et al., 2017).

Segundo Rocha et al. (2017), a prática de fornecimento de água, por meio da irrigação, pode promover alterações na dinâmica de crescimento da planta quando comparada à palma cultivada em sequeiro e, em consequência, faz-se necessária a geração de novas estratégias de manejo para a palma irrigada, a exemplo do manejo de cortes. Para esta planta forrageira, a luz é um fator que assume grade importância, considerando a disposição quase perpendicular dos cladódios em relação ao solo, um baixo índice de área de cladódio dificulta a interceptação da luz incidente, o que resulta em crescimento inicial lento em função da pequena área fotossintética (NOBEL, 2001, FARIAS et al., 2005), o que influencia a dinâmica de crescimento e, consequentemente a produtividade (CAVALCANTE et al., 2014).

De acordo com Lira et al. (2009) o baixo índice de área de cladódio (IAC) da palma forrageira poderá ser parcialmente atenuado por maiores densidades de

plantas e colheitas menos frequentes com a preservação de maiores números de cladódios. Uma vez que um maior número de cladódios preservados implica em uma maior superfície fotossintética, que pode proporcionar maior velocidade de rebrota e maior produtividade das plantas (SANTOS et al., 2010).

Apesar dos avanços científicos no que se refere a influência do manejo nas características morfogênicas e produtivas da palma forrageira, ainda há uma lacuna na literatura quanto a pesquisas referentes ao manejo da *Opuntia stricta* (Haw.) Haw recebendo complementação hídrica. Diante disso objetivou-se com o presente estudo avaliar o efeito de diferentes intensidades de corte sobre as características morfológicas e a produtividade de palma forrageira *Opuntia stricta* (Haw.) Haw com um ciclo de 12 meses, recebendo complementação hídrica.

8 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na Embrapa Semiárido situada na cidade de Petrolina, Mesorregião do São Francisco Pernambucano, Semiárido brasileiro. O estudo foi conduzido em área já implantada e estabelecida com o genótipo de palma forrageira Orelha de elefante mexicana (OEM) (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.), com idade de um ano ao início do estudo, sendo realizado no período de agosto de 2017 a agosto de 2018.

O acompanhamento das condições meteorológicas durante o período do experimento foi realizado por meio da Estação Agrometeorológica da Embrapa Semiárido, localizada no Campo experimental da Caatinga, Petrolina-PE (09°04'S 40°19'W). No período experimental, a precipitação pluvial foi 341 mm, a evapotranspiração de referência (ETo) 1.840 mm, temperatura média 26,4 ^{0}C e a média de umidade relativa do ar 59,3%.

A irrigação do palmal foi realizada com base na evapotranspiração de referência e foi complementar à precipitação pluvial, efetuada por gotejamento (QUEIROZ et al., 2015), utilizando-se fita gotejadora com gotejador plano, considerando o coeficiente da cultura (Kc) de 0,52 (QUEIROZ, 2014), fixada a cada 15 dias sendo aplicado 779,48 mm via irrigação. A composição química da água de irrigação utilizada foi: Ca^{2+} = 0,43 mmol/L, Mg^{2+} = 0,52 mmol/L, Na^{+} = 0,14 mmol/L, K^{+} = 0,05 mmol/L, $CO3^{2-}$ = 0,00 mmol/L, HCO^{3}- = 0,62 mmol/L, $SO4^{2-}$ = 0,34 mmol/L, Cl^{-} = 1,60 mmol/L, pH = 8,05, C.E. = 0,06ds/m e dureza = 4,76 mg/L, sendo classificada como C1S1, ou seja, com baixo risco de salinidade (RICHARDS, 1954).

O ensaio experimental foi conduzido em delineamento em blocos casualizados com 3 tratamentos e 8 repetições, em que cada parcela foi formada por 25 plantas na área útil, sendo avaliadas 5 plantas da área útil de cada parcela, totalizando 120 plantas avaliadas. Os tratamentos foram caracterizados pelas intensidades de corte que foram: 1 - preservando o cladódio mãe (CBASAL), 2 - preservando todos os cladódios primários (CPRIM) e 3 - preservando todos os secundários (CSEC), convertidos em índice de área de cladódio residual (IACr), cujos valores foram 0,08, 0,33 e 0,69, respectivamente. O intervalo de corte foi de 12 meses.

O método de plantio utilizado foi o baralho, onde os cladódios foram dispostos lado a lado uns aos outros, e o espaçamento utilizado entre linhas de plantio foi de 1,2

m, a densidade de cultivo foi 43.478 plantas por hectare. O corte de uniformização, realizado no momento da implantação do ensaio, foi efetuado de acordo com os tratamentos. Sendo mensurada nesse momento a largura e o comprimento dos cladódios residuais estimando-se a área dos cladódios para posterior estimativa do IACr inicial de cada tratamento, foi realizada também a contagem do número de cladódios residuais em cada ordem (número de cladódios primários (NCP), secundários (NCS), terciários (NCT), quaternários (NCQ) e número de cladódios geral (NCG) (que corresponde ao número médio de cladódios na planta, independente da ordem)).

Durante o ensaio experimental a área recebeu adubação orgânica (esterco bovino curtido) equivalente a 40 t/ha, sendo realizadas duas capinas manuais para o controle de plantas invasoras. A análise do solo foi realizada no laboratório de Solos e Tecidos Vegetais da Embrapa Semiárido – Petrolina, PE, e os resultados foram: Condutividade elétrica (CE) = 0,55 mS/cm; pH = 5,5; P = 6,35 mg/dm^3; K = 0,35 cmolc/dm; Na = 0,08 cmolc/dm^3; Ca = 1,7 cmolc/dm^3; Mg = 1,1 cmolc/dm^3; H + Al = 2,6 cmolc/dm^3; soma de bases (SB) = 3,2 cmolc/dm^3; capacidade de troca catiônica (CTC) = 5,8 cmolc/dm^3.

No momento da colheita, aos 12 meses após o corte de uniformização, foram avaliadas a produção de forragem (massa de forragem (MF), dada em kg de matéria verde (MV)) por meio do corte e pesagem de três plantas por parcela (total de 24 plantas por tratamento). Foram pesados todos os cladódios de todas as ordens de surgimento na planta para o CBASAL, no CPRIM foram pesados os cladódios a partir da ordem secundária, e no CSEC foram pesados os cladódios a partir da ordem terciária, obtendo-se o peso de forragem colhida por planta (kg) em cada intensidade de corte. Foram avaliadas também, a produtividade verde (PV) e seca (PS) (t de MV e MS/ha), onde estimou-se a produção por hectare com base na produção por planta (peso de forragem colhida) e no número de plantas por hectare (produção por planta x número de plantas/ha) e as características morfológicas (altura e largura da planta, número, e tamanho dos cladódios) tanto da planta antes do corte, quanto do resíduo final, ou seja após os 12 meses de rebrota. Sendo que o teor de matéria seca (MS) utilizado para o cálculo da PS foi obtido por meio da análise de amostras compostas de cladódios de todas as ordens da planta. Os procedimentos para obtenção dos teores de MS foram realizados no Laboratório de Nutrição Animal (LANA) da Embrapa

Semiárido – Petrolina, PE, em que as amostras foram levadas à estufa de ventilação forçada a 55°C para pré-secagem até peso constante.

As medidas morfológicas foram realizadas em todos os cladódios de três plantas da área útil no momento da colheita. Para a mensuração da altura (cm) e largura da planta foi utilizada fita métrica, considerou-se o comprimento desde a extremidade do artículo mais alto até o solo. A largura da planta (cm) foi medida pelas extremidades laterais da planta. Em seguida foi realizada a contagem do número de cladódios por ordem. Dos cladódios, também com fita métrica, foram individualmente medidos o comprimento (cm) e a largura (cm) para posterior determinação da área e do índice de área de cladódio (IAC), e com o auxílio de um paquímetro foi mensurada a espessura dos cladódios por ordem de surgimento (cm). Sendo mensurado também a largura (cm) e o comprimento dos cladódios (cm) do novo resíduo para a estimativa da área e IACr final de cada tratamento, assim como foi realizada também a contagem do número de cladódios no resíduo final por ordem.

A área do cladódio (AC, cm^2) foi estimada usando-se a seguinte equação: AC = 0,7086(1-exp(-0,000045765.cc.lc)) ÷ 0,000045765, em que AC = área de cladódio, cc = comprimento do cladódio (cm) e lc = largura do cladódio (cm) (SILVA et al., 2014), equação específica para o genótipo utilizado. Já, o índice de área do cladódio (IAC) foi calculado como se segue: (área de cladódio (cm^2) x número de cladódios por planta) ÷ 10.000 ÷ (E1 x E2), sendo 10.000 o fator de conversão de cm^2 para m^2 e E1 x E2 é o espaçamento entre fileiras e entre plantas, respectivamente, sendo apresentado por ordem.

Para o cálculo da eficiência de uso da água (EUA) considerou-se o volume de chuvas e o volume de água aplicado artificialmente durante os 12 meses (produtividade seca ÷ água total aplicada (irrigação + precipitação)), dada em kg de MS/ha/mm. E para o cálculo da taxa de acúmulo de forragem (TAF) relacionou-se a produtividade seca e os dias do ano, ou seja produtividade seca (kg de MS/ha) ÷ 365 (dias).

Os dados foram submetidos à análise de variância, e havendo diferença, os dados foram submetidos ao teste de comparação de médias Tukey, considerando como significativos os valores de probabilidade inferiores a 5% ($P<0,05$). Para a realização das análises estatísticas foi utilizado o *Statistical Analysis System University Edition* (SAS, 2015).

9 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve aumento na altura e largura de plantas (Figura 1) ($p<0,0001$), da palma forrageira no CPRIM e CSEC, ou seja, nos cortes com maiores IACr inicial, em relação ao CBASAL, onde os cortes menos intensos geraram plantas com maiores portes. Os cortes com maiores IACr inicial (CPRIM e CSEC) promoveram maior altura na planta que o CBASAL, porém a largura da planta para o CSEC foi maior que o CPRIM.

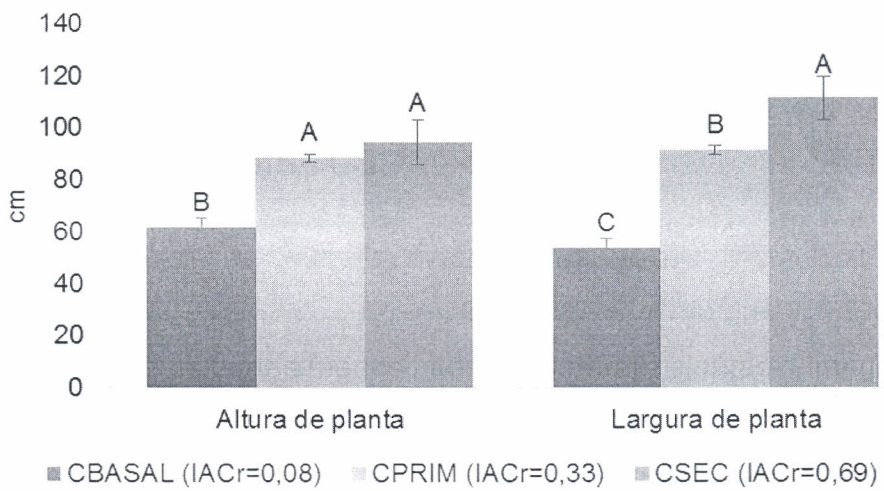


Figura 1. Altura e largura de palma forrageira *Opuntia stricta* (Haw.) Haw em função de diferentes intensidades de corte, aos 12 meses de rebrota, no município de Petrolina-PE. Onde CBASAL = corte com preservação somente da base; CPRIM = corte com preservação somente da ordem primária; CSEC = corte com preservação da ordem secundária; IACr = índice de área de cladódio no resíduo inicial. Letras semelhantes nas colunas não são diferentes pelo teste de Tukey considerando 5% de significância.

Resultado similar ao encontrado por Lima et al., (2016), que trabalharam com *Opuntia ficus indica* Mill cv. Gigante, irrigada por gotejamento, verificaram maior altura média da planta (143,73 cm) para o tratamento preservando os cladódios secundários, quando comparado ao corte que manteve apenas o cladódio basal (81,11 cm), segundo os autores, a maior média registrada na menor intensidade de corte pode ser explicada pela presença de maior área fotossintética remanescente. Na presente pesquisa a maior área fotossintética no resíduo também pode explicar os resultados obtidos.

A intensidade de corte não influenciou ($p>0,05$) a espessura geral de cladódios na planta (1,35 cm), espessura dos cladódios secundários (1,27 cm), terciários (0,87 cm) e quaternários (0,53 cm). No entanto, houve aumento na espessura dos cladódios primários (Figura 2) da palma forrageira no CPRIM e CSEC em relação ao CBASAL, não havendo diferença entre o CPRIM e o CSEC. A maior espessura de cladódios

primários do CPRIM e CSEC em comparação com o CBASAL atribui-se ao fato de que no momento da avaliação os cladódios primários já se tratavam de cladódios adultos, pois não foram retirados durante a colheita, fazendo parte do resíduo mantido no campo em ambos os tratamentos.

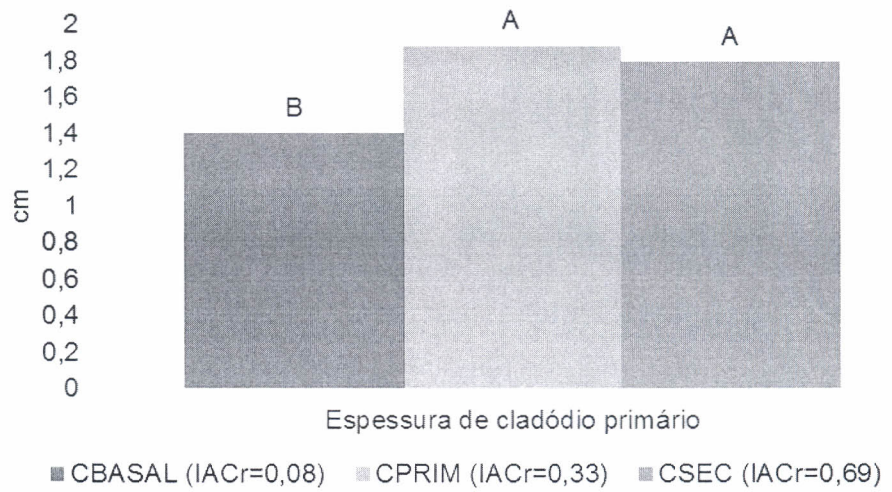


Figura 2. Espessura de cladódio primário de palma forrageira *Opuntia stricta* (Haw.) Haw em função de diferentes intensidades de corte, aos 12 meses de rebrota, no município de Petrolina-PE. Onde CBASAL = corte com preservação somente da base; CPRIM = corte com preservação somente da ordem primária; CSEC = corte com preservação da ordem secundária; IACr = índice de área de cladódio no resíduo inicial. Letras semelhantes nas colunas não são diferentes pelo teste de Tukey considerando 5% de significância.

Houve diferença significativa ($p<0,0001$) no número de cladódios geral, terciário e quaternários, havendo aumento progressivo à medida que o maior número de cladódios dos respectivos resíduos foi preservado (Figura 3), sendo que o CSEC sobressaiu-se em todas as variáveis mencionadas, indicando que a preservação de maior área fotossintética e maior número de cladódios no resíduo influencia diretamente na capacidade de rebrota da planta, uma vez que a maior área de cladódios implica diretamente em maior número de aréolas, estruturas que equivalem a gemas axilares e que em condições ambientais adequadas podem dar origem a novos cladódios (REYES-AGÜERO et al., 2006; HILLS, 2001).

O maior número de cladódios na planta aos 12 meses após o corte para o CSEC em comparação ao CPRIM e de ambos em relação com o CBASAL (Figura 3) também é decorrente do maior número de cladódios iniciais. O CPRIM e sobretudo CSEC proporcionaram cladódios na quarta ordem, indicando fase fenológica diferente quando comparada com o CBASAL. O surgimento de cladódios de quarta ordem no CPRIM e CSEC ocorreram também devido às menores intensidades de corte destas

plantas ao início do estudo, partindo de cladódios primários e secundários no resíduo.

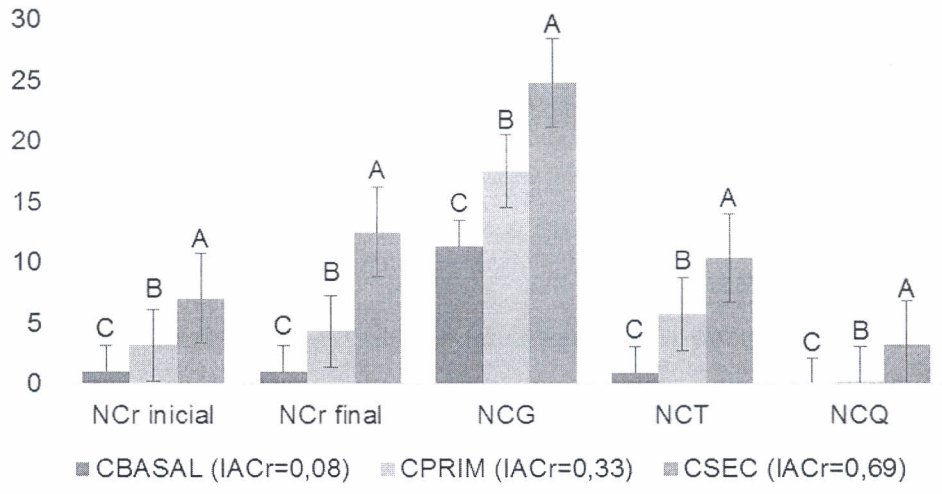


Figura 3. Número de cladódios no resíduo inicial (NCr inicial), no resíduo final (NCr final), geral (NCG), terciários (NCT), e quaternários (NCQ) de palma forrageira *Opuntia stricta* (Haw.) Haw em função de diferentes intensidades de corte, aos 12 meses de rebrota, no município de Petrolina-PE. Onde CBASAL = corte com preservação somente da base; CPRIM = corte com preservação somente da ordem primária; CSEC = corte com preservação da ordem secundária; IACr = índice de área de cladódio no resíduo inicial. Letras semelhantes nas colunas não são diferentes pelo teste de Tukey considerando 5% de significância.

Os resultados encontrados no presente trabalho se assemelham aos de Lima et al. (2016) que encontraram 20,6 cladódios para o CSEC, 14,3 cladódios para o CPRIM e 8,6 cladódios para o CBASAL, enquanto no presente estudo as médias foram 24,7, 17,5 e 11,3 cladódios por planta, respectivamente.

Não houve diferença significativa ($p>0,05$) para o NCP (3,53) e NCS (7,75), indicando que aos 12 meses após o corte, independentemente da intensidade do corte, o número de cladódios das ordens primárias e secundárias estabilizou, havendo redução na taxa de emissão de novos cladódios primários e secundários, dando início a uma nova fase fenológica vegetativa, onde a taxa de emissão da nova ordem de surgimento ultrapassa a taxa de emissão de cladódios das ordens anteriores.

Houve diferença significativa no número de cladódios para o NCT e NCQ, onde o CSEC promoveu surgimento de maior número de cladódios terciários que o CPRIM e ambos promoveram maior NCT que o CBASAL, indicando que as plantas em cada tratamento se encontravam em fases fenológicas diferentes. Segundo Amorim et al. (2017) a fenologia engloba os diferentes estágios externamente visíveis das plantas, estágios denominados fenofase, sendo que, para a palma forrageira, o indicador de mudança na fase fenológica é a taxa de produção de cladódios por ordem de

emergência. Dessa forma, as plantas que estavam no grupo onde a ordem secundária foi toda preservada já se preparava pra iniciar a nova fase fenológica (emissão de cladódios terciários, também conhecida como fenofase III) (AMORIM et al., 2017).

As plantas que se encontravam no CBASAL e CPRIM teriam que recomeçar as outras fases fenológicas (emissão de cladódios primários e secundários para o CBASAL e emissão de cladódios secundários para o CPRIM), para então darem início a fase onde emitiriam cladódios terciários e quaternários (fase essa que o CBASAL não chegou a alcançar em 12 meses, como pode-se observar na Figura 4), sendo que segundo Amorim et al. (2017) a duração da fenofase I para a *Opuntia stricta* (Haw.) Haw é de 7 meses, indicando que a intensidade de cortes promoveu alterações morfológicas e estruturais na palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana, enquanto o CBASAL aos 12 meses pós-corte iniciou a emissão da terceira ordem, o CPRIM estava no meio da terceira ordem e o CSEC estava iniciando a emissão da quarta ordem (Figura 4).

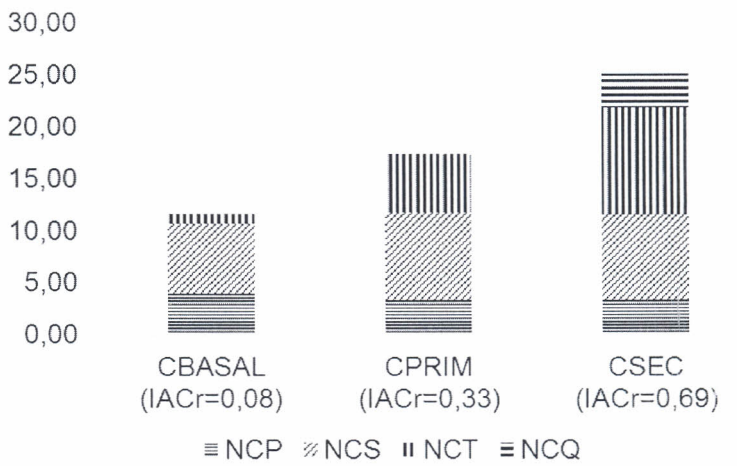


Figura 4. Número de cladódios primários (NCP), secundários (NCS), terciários (NCT) e quaternários (NCQ) de acordo com o índice de área de cladódio no resíduo inicial (IACr) de palma forrageira *Opuntia stricta* (Haw.) Haw em função de diferentes intensidades de corte, aos 12 meses de rebrota, no município de Petrolina-PE. Onde CBASAL = corte com preservação somente da base; CPRIM = corte com preservação somente da ordem primária; CSEC = corte com preservação da ordem secundária.

Não foi observada diferença no IAC primário (0,41) nas intensidades de corte. Houve diferença significativa ($p<0,05$) no IAC geral e no IAC nas ordens secundária, terciária e quaternária (Figura 5) (todos com aumento proporcional ao resíduo correspondente). O aumento do IAC, apresenta relação direta com a capacidade fotossintética da planta, pois na palma forrageira são os cladódios os responsáveis pelo aproveitamento da radiação solar, a qual é usada como energia química para a

biossíntese de carboidratos, sendo um indicador da capacidade produtiva da planta (SILVA et al., 2015), confirmada no presente estudo pelo aumento proporcional entre o IACr inicial e o número de cladódios produzidos (Figura 4). É possível também observar na Figura 5, que o IACr final aumentou após o segundo corte sobretudo para o CPRIM e CSEC.

O IACr ao início do estudo para o CPRIM e CSEC foram 0,33 e 0,69, respectivamente, após 12 meses com o novo corte os IACr foram 0,47 e 1,58, havendo fortalecendo as estruturas de suporte para o crescimento, e finalizando o desenvolvimento das ordens primárias e secundárias.

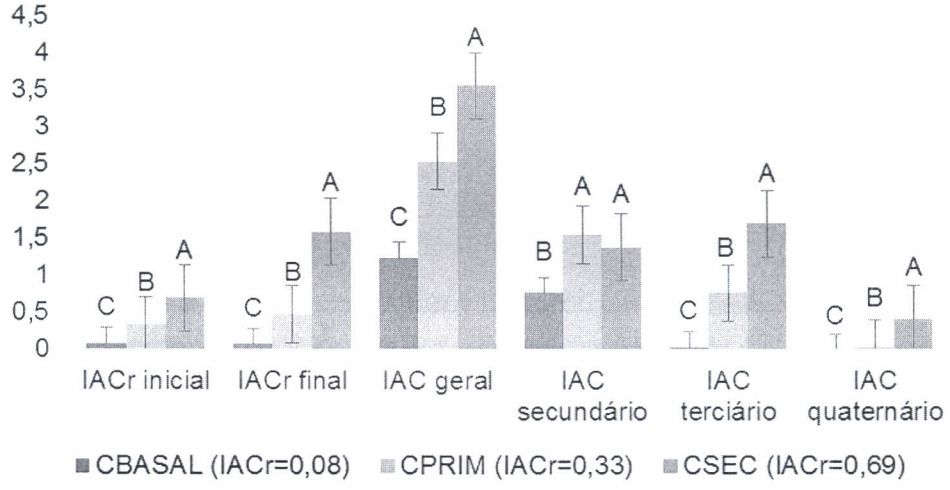


Figura 5. Índice de área de cladódio no resíduo inicial (IACr inicial), no resíduo final (IACr final), geral (IAC geral), secundário (IAC secundário), terciário (IAC terciário), e quaternário (IAC quaternário) de palma forrageira *Opuntia stricta* (Haw.) Haw em função de diferentes intensidades de corte, aos 12 meses de rebrota, no município de Petrolina-PE. Onde CBASAL = corte com preservação somente da base; CPRIM = corte com preservação somente da ordem primária; CSEC = corte com preservação da ordem secundária. Letras semelhantes nas colunas não são diferentes pelo teste de Tukey considerando 5% de significância.

A intensidade de corte não influenciou os pesos de cladódios primários e quaternários. Houve diferença significativa ($p<0,05$) no peso colhido por planta, peso de cladódios secundários e terciários, produtividades verde (PV) e seca (PS), taxa de acúmulo de forragem (TAF) e eficiência de uso de água (EUA). Onde o peso colhido por planta com o CPRIM foi maior ($p<0,05$) que o CBASAL, e ambos foram semelhantes ao CSEC. Os pesos dos cladódios secundários foram superiores para o CPRIM em comparação com o CBASAL. As plantas do CSEC tiveram maior peso dos cladódios da terceira ($P<0,05$) ordem em relação aos demais. A produtividade (kg de MV/ha) foi maior para CPRIM em relação ao CBASAL. Em kg de MS/ha, as

produtividade das plantas do CBASAL foi inferior às demais, assim como a TAF (Tabela 1).

Tabela 1. Respostas produtivas da palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw) em função de diferentes intensidades de corte, aos 12 meses de rebrota, no município de Petrolina-PE

Variável	Intensidade de corte			EPM	p-valor
	CBASAL (IACr=0,08)	CPRIM (IACr=0,33)	CSEC (IACr=0,69)		
Peso colhido (kg/planta)	5,14b	8,30a	6,30ab	0,37	0,0026
Peso de cladódio primário (kg)	2,35	-	-	0,10	-
Peso de cladódio secundário (kg)	2,52b	5,91a	-	0,26	<0,0001
Peso de cladódio terciário (kg)	0,75b	2,46b	5,42a	0,30	<0,0001
Peso de cladódio quaternário (kg)	-	0,39	1,67	0,11	0,1465
Produtividade verde (t de MV/ha/ano)	223,4b	360,8a	273, 8ab	16,1	0,0026
Produtividade seca (t de MS/ha/ano)	20,92b	37,55a	33,18a		0,0018
TAF (kg de MS/ha/dia)	57,32b	102,89a	90,90a	1,89	0,0018
EUA, kg de MS/ha/mm	16,82b	33,51a	29,61a	5,17	0,0018

Onde: MV = matéria verde; MS = matéria seca; TAF = taxa de acúmulo de forragem; EUA = eficiência de uso da água. Letras semelhantes nas linhas não são diferentes pelo teste de Tukey considerando 5% de significância. Onde CBASAL = corte com preservação somente da base; CPRIM = corte com preservação somente da ordem primária; CSEC = corte com preservação da ordem secundária; IACr = índice de área de cladódio no resíduo inicial.

As diferenças produtivas observadas possivelmente se devem ao maior IAC remanescente após o corte, que possibilita às plantas maior eficiência fotossintética, o que pode ter ocorrido entre o CPRIM e o CBASAL para o peso colhido por planta e produtividade verde. Nobel (2001), relata que a existência de maior número cladódios por unidade de área tende a aumentar a captura de CO_2 e maximizar a produtividade. Tanto o maior índice de área de cladódio remanescente após o corte, quanto a existência de maior número cladódios por unidade de área foram observados no presente estudo (Figura 5 e 3, respectivamente), corroborando as afirmações acima.

Essa diferença também pode estar relacionada a biomassa de raiz, a palma forrageira aloca cerca de 81% de sua biomassa seca na parte aérea e os 19% restantes na raiz (TELES, et al., 2002), logo se há maior biomassa na parte aérea, há também maior biomassa de raízes. As raízes são um meio de entrada de água e

nutrientes do solo e a capacidade produtiva da parte aérea de uma planta também é resultante do sistema radicular (EDVAN et al., 2013).

Porém no presente estudo não foi observada diferença significativa entre o corte preservando os cladódios secundários e o corte preservando os cladódios primários no que se refere ao IAC secundário, peso colhido por planta, PV e TAF. A não diferenciação no peso colhido por planta e na PV entre CPRIM e CSEC e entre o CSEC e o CBASAL, provavelmente está relacionada ao fato de que, apesar do CSEC apresentar maior número de cladódios geral (Figura 3), no momento da colheita retiraram-se apenas cladódios das ordens terciária e quaternárias que estão em maior número nesse tipo de corte, porém ainda estão se desenvolvendo, enquanto na colheita efetuada no CPRIM, além dos cladódios terciários e quaternários foram retirados também os secundários que são mais velhos e já estão desenvolvidos, assim como no CBASAL foram retirados cladódios das ordens primárias, secundárias e terciárias.

Mesmo com o corte menos intenso promovendo maior número total de cladódios por planta (Figura 3), e esse número total de cladódios apresente correlação alta com a produção de fitomassa (PINHEIRO et al., 2014), e que o corte menos intenso apresente maior capacidade de produção de biomassa indicada pelo maior índice de área de cladódio (Figura 5), a combinação de ordens colhidas fazem com que as variáveis produtivas sejam estatisticamente iguais entre o CPRIM e CSEC, e o CSEC e CBASAL (Tabela 1).

Diante do exposto foi possível observar que a preservação de maior área residual promoveu maior acúmulo de cladódios (Figura 3) levando a maior IAC da planta (Figura 5) o que, provavelmente, está associado com a maior capacidade fotossintética, e, consequentemente, proporcionou maior TAF , que promoveu maior peso por planta e produtividade, sendo mais eficiente no uso da água (Tabela 1), sendo que a EUA do CPRIM e CSEC estão subestimadas, uma vez que não foram colhidos todos os cladódios nos respectivos cortes.

10 CONCLUSÃO

O crescimento vegetativo e a produtividade da palma forrageira *Opuntia stricta* (Haw.) Haw, recebendo complementação hídrica é influenciado pela intensidade de corte, sendo que os cortes com preservação somente dos cladódios primários ou com a preservação dos cladódios secundários promovem maior peso de forragem colhida por planta e produtividade.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, G.A.P.; CAMPOS, J.M.S.; FERREIRA, M.A.; CORREIA, A.L.V.; ANDRADE, A.P. Palma (*Opuntia ficus indica* mill) cv. gigante em suplementos para fêmeas leiteiras em crescimento a pasto. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 2, p. 161-171, 2015.

AMORIM, D. M. et al. Phenophases and cutting time of forage cactus under irrigation and cropping systems. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 47, p. 62-71, 2017;

BISPO S.V., FERREIRA M.A., VÉRAS A.S.C., BATISTA A.M.V., PESSOA R.A.S. & BLEUEL M.P. Palma forrageira em substituição ao feno de capim-elefante. Efeito sobre consumo, digestibilidade e características de fermentação ruminal em ovinos. **Revista Braseira de Zootecnia**. 36:1902-1909. 2007;

CAVALCANTE, A. B.; LEITE, M. L. M. V.; PEREIRA, J. S.; LUCENA, L. R. R. Crescimento de palma forrageira em função da cura de segmentos dos cladódios. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v.11, n.5, p.15-20, 2017;

CAVALCANTE, L. A. D.; SANTOS, G. R. A.; SILVA, L. M.; FAGUNDES, J. L.; SILVA, M. A. Respostas de genótipos de palma forrageira a diferentes densidades de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 44, n. 4, p. 424-433, 2014;

CRUZ NETO, J. F.; MORAIS, J. E. F.; SOUZA, C. A. A.; CARVALHO, H. F. DE S.; RODRIGUES, C. T. A. Aplicabilidade de indicadores agrometeorológicos para análise do incremento de água por irrigação em sistemas de produção da palma forrageira, cv. Miúda. **Journal of Environmental Analysis and Progress** v. 02 n. 02, p. 98-106, 2017;

EDVAN, R. L.; FERNADES, P. D.; CARNEIRO, M. S. S.; NEDER, D. G.; ARAUJO, J. S.; ANDRADE, A. P.; SOUTO FILHO, L. T. Acúmulo de biomassa e crescimento radicular da palma forrageira em diferentes épocas de colheita. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 11, n. 4, p. 35-43, 2013;

FARIAS, I.; LIRA, M.A.; SANTOS, D.C.; TAVARES FILHO, J.J.; SANTOS, M.V.F.; FERNANDES, A. DE P.M. E SANTOS, V.F. Manejo de colheita e espaçamento da palma forrageira, em consórcio com sorgo granífero, no agreste de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasílica**, v. 35: 341-347, 2000;

FARIAS, I.; SANTOS, D. C. dos; DUBEUX JR, J. C. B. Estabelecimento e manejo da palma forrageira. In: MENEZES, R. S. C.; SIMÕES, D. A.; SAMPAIO, E. V. S. B. **A palma no Nordeste do Brasil**: conhecimento atual e novas perspectivas de uso.

Recife: Editora Universitária da UFPE, p. 81-103. 2005;

HILLS, F. S. Anatomia e morfologia. In: Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação (FAO). **Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira**. SEBRAE/PB (tradução), 2001;

LEITE, M. L. M. V.; SILVA, D. S. S.; ANDRADE, A. P.; PEREIRA, W. E. Caracterização da produção de palma forrageira no cariri paraibano. Revista Caatinga, v.27, n.2, p.192–200, 2014;

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

LIMA, G.F.C.; RÊGO, M.M.T.; AGUIAR, E.M.; SILVA, J.G.M.; DANTAS, F.D.G.; GUEDES, F.X.; LOBO, R.N.B. Effect of different cutting intensities on morphological characteristics and productivity of irrigated *Nopalea* forage cactus. **Acta Horticulturae**, v. 1, n. 1067-35, p. 253-258, 2015;

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

NOBEL, P. S. Biologia Ambiental. In: BARBERA, G.; INGLESA, P.; PIMIENTA-BARRIOS, E. **Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira**. Roma: FAO/Sebrae-PB, p. 36-48, 2001;

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. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.49, n.12, p.939- 947, 2014;

QUEIROZ, M. G. Desempenho produtivo e parâmetros agrometeorológicos da palma forrageira, clone orelha de elefante mexicana, no semiárido brasileiro. **Dissertação de mestrado**, Programa de Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa - MG, 60 p., 2014;

QUEIROZ, M. G.; SILVA, T. G. F.; ZOLNIER, S.; SILVA, S. M. S.; LIMA, L. R.; ALVES, J. O. Características morfofisiológicas e produtividade da palma forrageira em diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.10, p.931–938, 2015;

REYES-AGÜERO, J. A., AGUIRRE-RIVESA, J. R., VALIENTE-BANUET, A. Reproductive biology of Opuntia: A review. **Journal of Arid Environments**, v.64, n.4. p.549-585, 2006;

RICHARDS, L. A. (ed). **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Agricultural Handook, n. 60, 160 p. 1954;

ROCHA, R. S.; VOLTOLINI, T. V.; GAVA, C.A.T. Características produtivas e estruturais de genótipos de palma forrageira irrigada em diferentes intervalos de corte. **Archivos de zootecnia** v.66, n.255, p.364, 2017;

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

SAS University Edition: **SAS Institute**, 2015;

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

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

TELES, M. M.; SANTOS, M. V. F.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; NETO, E. B.; FERREIRA, R. L. C.; LUCENA, J. E. C.; LIRA, M. 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;

VIEIRA E.L., BATISTA A.M.V., GUIM A., CARVALHO F.F., NASCIMENTO A.C., ARAÚJO R.F.S. & MUSTAFA A. Effects of hay inclusion on intake, *in vivo* nutrient utilization and ruminal fermentation of goats fed spineless cactus (*Opuntia ficus indica* Mill) based diets. **Animal Feed Science and Technology.** p.199- 208, 2008;

CAPÍTULO 3.

CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS DA PALMA FORRAGEIRA ORELHA DE ELEFANTE MEXICANA EM DIFERENTES DENSIDADES DE CULTIVO

RESUMO

Objetivou-se com o presente estudo avaliar o crescimento e a produtividade da palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana cultivada em diferentes densidades de plantio. O ensaio foi conduzido na Embrapa Semiárido situada na cidade de Petrolina-PE. O Ensaio experimental foi conduzido em delineamento em blocos casualizados com 5 tratamentos e 4 repetições, durante dois ciclos produtivos de 12 meses cada. As densidades estudadas foram 20.000, 25.000, 33.333, 50.000 e 100.000 plantas/ha. O aumento da densidade promoveu redução linear na altura, largura e massa da planta, no número de cladódios primários, secundários, terciários e geral. Ao mesmo tempo que promoveu aumento linear no índice de área de cladódios, nas produtividades verde e seca, eficiência de uso da água, e taxa de acúmulo de forragem. Houve efeito quadrático das densidades na espessura de cladódios e teor de matéria seca (MS), em que a espessura diminuiu com o aumento da densidade até 47.500 plantas/ha, e aumentou a partir desse ponto. Já o teor de MS apresentou aumento até a densidade de cultivo de 61.428 plantas/ha e reduziu a partir desse ponto. O aumento da densidade no plantio de palma forrageira *Opuntia stricta* (Haw.) Haw promove alterações nas características estruturais, influenciando diretamente na sua produtividade.

Palavras-chave: Densidade de plantio. Forragem. Irrigação. *Opuntia stricta* (Haw.) Haw. Semiárido.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the growth and productivity of cactus forage Orelha de Elefante Mexicana cultivated at different planting densities. The experiment was conducted at Embrapa Semiarid located in the city of Petrolina-PE. The experiment was conducted in a randomized complete block design with 5 treatments and 4 replicates, during two cycles of 12 months each. The densities studied were 20,000, 25,000, 33,333, 50,000 and 100,000 plants / ha. The increase in density promoted a linear reduction in height, width and mass of the plant, in the number of primary, secondary, tertiary and general cladodes. At the same time, it promoted a linear increase in cladode area index, green and dry productivity, water use efficiency, and forage accumulation rate. There was a quadratic effect of densities of cladodes thickness and dry matter content (DM), where the thickness decreased with increasing density up to 47,500 plants / ha, and increased from that point. On the other hand, the DM content showed an increase up to the cultivation density of 61,428 plants / ha and reduced from that point. The increase of density in cactus forage plantations Opuntia stricta (Haw.) Haw promotes changes in the structural characteristics, directly influencing its productivity.

Key-words: Planting density. Forage. Irrigation. *Opuntia stricta* (Haw.) Haw. semiarid.

11 INTRODUÇÃO

O manejo produtivo adotado é determinante para o sucesso produtivo das culturas (CRUZ NETO et al., 2017). Quando a palma forrageira é bem manejada e cultivada em regiões adequadas, a mesma alcança elevada produtividade (ROCHA et al., 2017). Nos últimos anos, diversos estudos têm sido realizados buscando alternativas que melhorem a produção da palma forrageira. E nesse sentido, o plantio em sistema de adensamento tem se mostrado muito eficiente, principalmente quando associado a outras práticas (DUBEUX JÚNIOR et al., 2010), como a complementação hídrica, por exemplo.

O baixo IAC (índice de área de cladódio), que corresponde a uma medida associada a capacidade de realização da fotossíntese da palma forrageira, pode ser parcialmente atenuado, dentre outros fatores, por maiores densidades de plantas (LIRA et al., 2009), haja visto que o espaçamento de plantio pode afetar o IAC e também a interceptação luminosa da mesma, uma vez que influencia não só o número de plantas na área como também o número de cladódios por planta (SILVA et al., 2014).

Sendo assim, o espaçamento de plantio na cultura da palma forrageira pode interferir de forma positiva ou negativamente, uma vez que afeta a interceptação da luz. E, sendo a luz um fator de fundamental importância no processo de biossíntese de carboidratos, consequentemente acometerá a eficiência fotossintética, interferindo diretamente no desenvolvimento e produtividade da cultura (CAVALCANTE et al., 2014). Além disto, o adensamento pode interferir na competição por água, luz e nutrientes afetando as características morfológicas da planta, o crescimento e a produtividade (DUBEUX JÚNIOR et al., 2006).

Plantios menos adensados são importantes tanto no controle de pragas, como também facilitam os tratos culturais (OLIVEIRA JÚNIOR et al. 2009, CAVALCANTE et al., 2014), e em condições em que não há restrições de água e nutrientes, o aumento na densidade pode promover maior produtividade, em função do maior número de plantas na área (SILVA et al., 2014).

Apesar dos grandes avanços científicos no estudo do manejo de cultivo da palma forrageira, e sua influência nas características morfológicas e respostas

produtivas, esses estudos de espaçamento de plantio e densidade de plantas em *Opuntia stricta* (Haw.) Haw recebendo complementação hídrica são escassos. Desta forma, objetivou-se avaliar o crescimento e a produtividade da palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw) cultivada em diferentes densidades de plantio.

12 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na Embrapa Semiárido situada na cidade de Petrolina, Mesorregião do São Francisco Pernambucano, Semiárido brasileiro. Foi utilizado o genótipo Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.) com avaliação em dois ciclos produtivos da cultura, com duração de 12 meses cada.

O acompanhamento das condições meteorológicas durante o período do experimento foi realizado por meio da Estação Agrometeorológica da Embrapa Semiárido, localizada Campo Experimental da Caatinga, Petrolina-PE (09°04'S 40°19'W).

O primeiro ciclo foi realizado no período de junho de 2016, momento do plantio, a junho de 2017, onde a temperatura média do período observada foi 27,23 °C, a umidade relativa média do ar foi 54,56 %, a precipitação acumulada foi 152,90 mm e a evapotranspiração de referência (ETo) foi 1.936,29 mm. A cultura recebeu durante o primeiro ciclo produtivo o aporte de 546 mm por meio da irrigação por gotejamento, totalizando 698,9 mm considerando a precipitação e a irrigação.

O segundo ciclo foi avaliado durante agosto de 2017, momento do corte de uniformização, a agosto de 2018. Nesse segundo ciclo, a precipitação pluvial foi 341 mm, a ETo foi 1.840 mm, a temperatura média foi 26,4 ^{0}C e a média de umidade relativa do ar foi 59,3%. A irrigação no segundo ciclo totalizou reposição de 779,48 mm via irrigação. A composição química da água de irrigação utilizada durante os dois ciclos foi: Ca^{2+} = 0,43 mmol/L, Mg^{2+} = 0,52 mmol/L, Na^{+} = 0,14 mmol/L, K^{+} = 0,05 mmol/L, $CO3^{2-}$ = 0,00 mmol/L, HCO^{3}- = 0,62 mmol/L, $SO4^{2-}$ = 0,34 mmol/L, Cl^{-} = 1,60 mmol/L, pH = 8,05, C.E. = 0,06 ds/m e dureza = 4,76 mg/L.

O ensaio experimental foi conduzido em delineamento em blocos casualizados (DBC) com 5 tratamentos e 4 repetições. As densidades estudadas foram 20.000, 25.000, 33.333, 50.000 e 100.000 plantas/ha, obtidas por meio da variação do espaçamento entre plantas (0,50, 0,40, 0,30, 0,20, e 0,10 metros, respectivamente), sendo que o espaçamento entre linhas foi de um metro para todas as densidades. Cada parcela foi formada por 32, 40, 53, 80, e 160 plantas, com 12, 15, 20, 30, e 60 plantas na área útil, para as densidades de 20.000, 25.000, 33.333, 50.000 e 100.000 plantas/ha, respectivamente. Da área útil foram avaliadas as cinco plantas centrais,

totalizando 100 plantas, sendo mensurados todos os cladódios individualmente. O método de plantio utilizado foi o dominó com raquetes paralelas umas às outras, e os cortes foram efetuados deixando-se apenas a raquete base.

Durante o ensaio experimental a área recebeu adubação orgânica (esterco bovino curtido) equivalente a 40 t/ha, no primeiro e segundo ciclo, sendo realizadas duas capinas manuais para o controle de plantas invasoras.

Em ambas as colheitas foram avaliadas a produção de forragem (massa de forragem, dada em kg de matéria verde (MV) por planta), por meio do corte e pesagem de cinco plantas por parcela (total de 20 plantas por tratamento), sendo pesados todos os cladódios, obtendo-se o peso total da planta. Foram avaliadas também, a produtividade verde e seca (t de MV e MS/ha), onde estimou-se a produção por hectare com base na produção por planta e no número de plantas por hectare (produção por planta x número de plantas por ha), com base na matéria verde e também na matéria seca, cujo teor foi verificado por meio da análise laboratorial de amostras compostas por partes de todas as ordens dos cladódios, das cinco plantas avaliadas. A análise foi realizada no Laboratório de Nutrição Animal (LANA) da Embrapa Semiárido – Petrolina, PE, onde as amostras foram levadas à estufa de ventilação forçada a 55°C para pré-secagem até peso constante.

As medidas morfológicas foram realizadas em cinco plantas da área útil, em todos os cladódios destas plantas no momento da colheita. Para a mensuração da altura (cm) e largura da planta (cm) foi utilizada fita métrica. Considerou-se a altura da planta, como a medida tomada desde a extremidade do artículo mais alto até o solo. A largura da planta foi medida pelas extremidades laterais da planta. Em seguida foi realizada a contagem do número de cladódios por ordem, obtendo-se os números de cladódios total na planta (NCG), cladódios primários (NCP), secundários (NCS), terciários (NCT) e quaternários (NCQ). Dos cladódios, também com fita métrica, foram individualmente mensurados o comprimento (cm) e a largura (cm) para posterior determinação da área e do índice de área de cladódio (IAC), e com o auxílio de um paquímetro foi mensurado a espessura dos cladódios (cm).

A área do cladódio (cm^2) foi estimada usando-se a seguinte equação: Ac = 0,7086(1-exp(-0,000045765.cc.lc)) ÷ 0,000045765, em que Ac = área de cladódio, cc = comprimento do cladódio (cm) e lc = largura do cladódio (cm) (SILVA et al., 2014), equação específica para o genótipo utilizado. Já, o índice de área do cladódio foi

calculado como se segue: (área de cladódio (cm^2) x número de cladódios por planta) ÷ 10.000 ÷ (E1 x E2), sendo 10.000 o fator de conversão de cm^2 para m^2 e E1 x E2 é o espaçamento entre fileiras e entre plantas, respectivamente.

Para o cálculo da eficiência de uso da água (EUA) considerou-se a soma do volume de chuvas e o volume de água aplicado artificialmente, durante os 12 meses (produtividade seca ÷ água total aplicada (irrigação + precipitação)), dada em kg de MS/ha/mm. E para o cálculo da taxa de acúmulo de forragem (TAF) relacionou-se a produtividade seca e os dias do ano, ou seja produtividade seca (kg de MS/ha) ÷ 365 (dias).

Os dados dos dois ciclos, totalizando 24 meses de avaliação foram agrupados, obtendo-se os valores médios para cada variável resposta. Os dados foram submetidos à análise regressão linear e quadrática, considerando como significativos os valores de probabilidade inferiores a 5% ($P<0,05$). Para a realização das análises estatísticas foi utilizado o *Statistical Analysis System University Edition* (SAS, 2015).

13 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o aumento da densidade de plantio da palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw), houve diminuição linear na altura e largura da planta, no NCP, NCS, e NCT, que por sua vez refletiu na diminuição linear no NCG. Houve efeito quadrático das densidades de cultivo na espessura de cladódio (Tabela 1). O NCQ (0,10), o comprimento (27,5 cm) a largura (21,4 cm) e a AC (412,9 cm^2) não foram influenciados pelas densidades de cultivo.

Tabela 1. Características estruturais da palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw) submetida a diferentes densidades de cultivo, no município de Petrolina-PE, durante dois ciclos de 12 meses

Variável	Densidade de cultivo, planta/ha					ER	R^2
	20.000	25.000	33.333	50.000	100.000		
AP (cm)	73,91	80,23	72,96	76,24	69,98	$y = -0,00008x + 78,16$	0,42
LP (cm)	90,22	87,80	84,81	76,63	65,41	$y = -0,0003x + 94,98$	0,97
NCG	15,5	15,5	11,6	9,8	7,0	$y = -0,0001x + 16,64$	0,84
NCP	6,3	5,9	5,2	4,4	3,6	$y = -0,00003x + 6,53$	0,88
NCS	7,8	7,7	5,3	4,5	2,7	$y = -0,00006x + 8,41$	0,83
NCT	0,9	1,5	0,5	0,4	0,1	$y = -0,00001x + 1,26$	0,57
EC (cm)	1,41	1,24	1,24	1,14	1,37	$y = 0,0000000002x^2 - 0,000019x + 1,68$	0,85
IAC	1,28	1,58	1,59	2,00	2,84	$y = 0,00002x + 1,02$	0,98

Altura de planta (AP), Largura de planta (LP), Número de cladódio geral (NCG), Número de cladódios primários (NCP), Número de cladódios secundários (NCS), Número de cladódios terciários, (NCT), Espessura de cladódio (EC). ER = equação de regressão, R^2 = coeficiente de determinação.

A largura das plantas é uma característica importante a ser observada nesse caso, pois o crescimento da *Opuntia stricta* (Haw.) Haw tende a ser mais horizontal, como pode ser observado na Tabela 1, porém com o adensamento a planta perde muito em largura, em que na presente pesquisa, onde o cultivo foi realizado em 1,0 m entre linhas e 0,10 a 0,50 entre plantas, a redução foi de 27,5% na largura da planta da menor para maior densidade. Tal comportamento, provavelmente, deve-se à maior competição entre as plantas que estão nas maiores densidades por espaço, luz, água e nutrientes. Promovendo também a redução em altura, e NCG na densidade de 100.000 plantas/ha em comparação a 20.000 plantas/ha correspondeu a 5,3% e 54,8%, respectivamente.

De acordo com Dubeux Júnior et al. (2006) o maior número de cladódios, nas

menores densidades de plantas deve-se à maior superfície de solo explorada. Sendo assim, a redução dessa superfície a ser explorada, resulta na redução da emissão de novos cladódios, como observado no presente estudo pela redução do número de cladódios em todas as ordens, e consequentemente, redução da altura e largura da planta à medida que aumentou a densidade. Estes resultados indicam que a densidade de cultivo promove modificações nas características estruturais da planta e na emissão de novos cladódios, observado pela modificação no número e na participação de cladódios na planta, como estratégia para captação de luz para seu desenvolvimento.

A espessura de cladódios reduziu até certo ponto, provavelmente em resposta a falta de espaço e competição por água e nutrientes, porém com aumento na densidade até 100.000, houve comportamento inverso onde a espessura aumentou. Provavelmente com o espaçamento muito limitado, as plantas mantiveram a estratégia de reduzir o gasto de energia para emissão de novos cladódios e adotaram a estratégia de priorizar o acúmulo de água e nutrientes, havendo assim redução no número de cladódios e aumento na espessura dos mesmos (Tabela 1). Em que o ponto de menor espessura de cladódios foi na densidade de 47.500 plantas/ha.

Apesar da redução na largura, altura e NCG das plantas em decorrência do aumento da densidade de cultivo, o IAC foi aumentado nos maiores adensamentos (Tabela 1), uma vez que considera as medidas morfológicas da planta (comprimento e largura dos cladódios), a área do cladódio, e também o número de plantas na área. Como nas maiores densidades houveram maior número de plantas o IAC foi maior.

O aumento do IAC está diretamente relacionado com o aumento da produtividade, pois na palma forrageira são os cladódios os responsáveis pelo aproveitamento da radiação solar, a qual é usada como energia química no processo de fotossíntese (SILVA et al., 2015). Então, quanto maior o IAC, maior será a capacidade de interceptação luminosa, aumentando a eficiência fotossintética por área e interferindo diretamente no desenvolvimento e produtividade da cultura (CAVALCANTE et al., 2014), em que o IAC para obter a máxima produtividade da palma forrageira é de 2 a 2,5 (NOBEL, 1991). No presente estudo o IAC foi de 2,84 na densidade de 100.000 plantas/ha, acima de 2,5.

Enquanto a massa da planta diminuiu linearmente com o aumento da

densidade, houve efeito inverso para a PV, PS, EUA e TAF, em que o aumento da densidade provocou o aumento nessas variáveis. Já para o teor de MS o efeito das densidades foi quadrático (Tabela 2).

Tabela 2. Respostas produtivas, teor de matéria seca (MS) e eficiência de uso da água da palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw) submetida a diferentes densidades de plantio, no município de Petrolina-PE, em dois ciclos de 12 meses

Variável	Densidade de cultivo, planta/ha					ER	R^2
	20.000	25.000	33.333	50.000	100.000		
MS, %	9,19	10,15	10,05	10,50	9,53	$y = -0,0000000007x^2 + 0,000086x + 8,03$	0,77
MP, Kg	9,44	8,60	6,56	5,00	3,66	$y = -0,00007x + 9,7$	0,80
PV, t/ha	188,9	215,1	218,8	250,2	366,6	$y = 0,0021x + 150,15$	0,98
PS, t/ha	17,45	21,96	22,11	25,78	35,39	$y = 0,0002x + 15,20$	0,96
EUA, Kg de MS/ha/mm	19,51	25,49	25,65	28,38	38,24	$y = 0,0002x + 18,16$	0,93
TAF, Kg de MS/ha/dia	47,81	60,16	60,56	70,63	96,95	$y = 0,0006x + 41,66$	0,96

Matéria seca (MS), massa de planta (MP), produtividade verde (PV) e seca (PS), eficiência de uso da água (EUA), e taxa de acúmulo de forragem (TAF). ER = equação de regressão, R^2 = coeficiente de determinação.

De acordo com Silva et al. (2014), apesar de resultar em redução no número de cladódios e peso por planta, o aumento na densidade pode resultar em maiores produtividades, em função do maior número de plantas por unidade de área, levando ao aumento da TAF, o que também foi observado na presente pesquisa, onde as maiores densidades compensaram os menores pesos das plantas e proporcionaram maiores produtividades com o aumento na densidade de cultivo.

A redução da massa por planta está relacionada diretamente com o aumento do número de plantas por área, que resulta em maior competição entre as plantas por espaço, luz, água e nutrientes (DUBEUX JÚNIOR et al., 2006). Considerando a menor densidade (20.000 plantas/ha), o aumento na densidade para 100.000 plantas/ha promoveu redução no peso da planta de 61,2%.

Resultados similares aos observados em relação à produtividade foram relatados por Silva et al. (2014), em que o aumento da densidade também promoveu

o maior produtividade de massa verde nas densidades de plantio de 10.000 a 80.000 plantas/ha, resultando em 100 a 400 t/ha, respectivamente, em intervalo de corte de 12 meses. E também aos de Cavalcante et al. (2014), onde observou-se produções de 200 a aproximadamente, 650 t de massa verde por hectare em um intervalo de corte de 24 meses.

Além disso, o aumento da produtividade está diretamente relacionado com o aumento do índice de área de cladódio (IAC) (Tabela 1), como mencionado anteriormente, confirmada no presente estudo pelo aumento linear da taxa de acúmulo de forragem ao dia (Tabela 2), que acompanha o aumento da densidade. E, assim como houve maior produtividade com o aumento da densidade, houve também maior massa seca produzida por mm de água aplicada, uma vez que a quantidade de água aplicada foi a mesma em todas as densidades, fazendo com que a EUA tenha aumentado nas maiores densidades (Tabela 2).

Houve efeito quadrático da densidade de cultivo nos teores de MS (Tabela 2), com aumento até a densidade de cultivo de 61.428 plantas/ha (Tabela 2). A composição química da palma forrageira é influenciada por vários outros fatores como, por exemplo, ordem do artículo, e espaçamento de plantio (SANTOS et al., 2005). Sendo assim, o maior número de cladódios nas ordens de brotação mais recentes, promovidas pela diminuição nas densidades de plantio (Tabela 1), implicam em cladódios mais jovens, com alto teor de água, e consequentemente, menor teor de matéria seca.

14 CONCLUSÃO

O aumento da densidade no cultivo de palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw) recebendo complementação hídrica promove alterações nas características estruturais reduzindo a altura, a largura e o peso da planta, e promove aumento da produtividade da área.

REFERÊNCIAS

CAVALCANTE, L. A. D.; SANTOS, G. R. A.; SILVA, L. M.; FAGUNDES, J. L.; SILVA, M. A. Respostas de genótipos de palma forrageira a diferentes densidades de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 44, n. 4, p. 424-433, 2014;

DUBEUX JÚNIOR, J. C. B. et al. Adubação mineral no crescimento e composição mineral da Palma forrageira Clone IPA-20. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, n. 1, p. 129-135, 2010;

DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; SANTOS, M. V. F.; LIRA, M. A.; SANTOS, D. C.; FARIAS, I.; LIMA L. E.; FERREIRA, R. L. C. Productivity of *Opuntia ficus-indica* (L) Miller under different N and P fertilizations and plant population in north east Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 67, n. 3, p. 357-372, 2006;

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

NOBEL, P. S. Prediction and measurement of high annual productivity for *Opuntia ficus-indica*. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 56, p 261-272, 1991;

OLIVEIRA JÚNIOR, S.; BARREIRO NETO, M.; RAMOS, F. Crescimento vegetativo da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*) em função do espaçamento no semiárido paraibano. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 3, n. 1, p. 7-12, 2009;

QUEIROZ, M. G.; SILVA, T. G. F.; ZOLNIER, S.; SILVA, S. M. S.; LIMA, L. R.; ALVES, J. O. Características morfofisiológicas e produtividade da palma forrageira em diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.10, p.931–938, 2015;

QUEIROZ, M. G. Desempenho produtivo e parâmetros agrometeorológicos da palma forrageira, clone orelha de elefante mexicana, no semiárido brasileiro. **Dissertação de mestrado**, Programa de Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa - MG, 60 p., 2014;

ROCHA, R. S.; VOLTOLINI, T. V.; GAVA, C.A.T. Características produtivas e estruturais de genótipos de palma forrageira irrigada em diferentes intervalos de corte.

Archivos de zootecnia v.66, n.255, p.364, 2017;

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. **A palma no Nordeste do Brasil**: conhecimento atual e novas perspectivas de uso. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2005. p.143-162.

SAS University Edition: **SAS Institute**, 2015;

SILVA, T. G. F. et al. Crescimento e produtividade de clones de palma forrageira no semiárido e relações com variáveis meteorológicas. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 2, p. 10-18, 2015;

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

15 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As lâminas e as frequências de irrigação avaliadas na presente pesquisa afetam as características estruturais da palma Orelha de Elefante Mexicana, no entanto não exerce influência na produtividade. Já a intensidade de corte, por sua vez, além de exercer influência sobre o crescimento vegetativo, promove também, aumento na produtividade da palma Orelha de elefante, recebendo complementação hídrica, nos cortes menos intensos. Assim como o aumento da densidade de plantio, que também promove mudanças estruturais na planta e aumenta a produtividade na área da palma Orelha de elefante mexicana *Opuntia stricta* (Haw.) Haw recebendo complementação hídrica.

Dada a importância da palma forrageira para o Semiárido brasileiro, informações como as obtidas na presente pesquisa são de grande importância para o aperfeiçoamento do cultivo dessa cactácea e para o fortalecimento da pecuária nessa região.

ANEXO A – Certificado de aprovação da proposta pelo Conselho de Ética no Uso de Animais (CEUA)

Embrapa
Semiárido

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA
CENTRO DE PESQUISAS DO TRÓPICO SEMIÁRIDO – EMBRAPA SEMIÁRIDO
COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS – CEUA

CERTIFICADO

Certificamos que a proposta intitulada "***Características morfológicas e produtivas da palma forrageira em diferentes estratégias de manejo da cultura e de aplicação de água***", registrada com o nº **10/2017**, sob a responsabilidade de Tadeu Vinhas Voltolini - que envolve a produção, manutenção ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto humanos), para fins de pesquisa científica - encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovada pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA) da Embrapa Semiárido, em reunião de 14/08/2017.

Finalidade	( ) Ensino (x) Pesquisa Científica
Vigência da autorização	01/10/2017 a 30/08/2018
Espécie/linhagem/raça	*Bos taurus indicus* – Bovinos
Nº de animais	1 (um)
Peso/Idade	300 Kg /10 anos
Sexo	Macho
Origem	Campo Experimental da Caatinga – Ensaios de desempenho e metabolismo animal

Josir Laine Aparecida Veschi
Coordenadora
CEUA Embrapa Semiárido

Josir Laine Veschi
Coordenadora
CEUA-Embrapa Semiárido

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa do Trópico Semiárido
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Rodovia BR 428, km 152, Zona Rural
Caixa Postal 23 – CEP 56302-970 Petrolina PE
Telefone (87) 3866 3600 Fax (87) 3866 3815
www.embrapa.br/semiarido
E-mail: cpatsa.ceua@embrapa.br