

## Crescimento inicial de clones de palma forrageira submetidos a níveis de adubação potássica

### *Initial growth of forage cactus clones at different potassium fertilization levels*

Baltazar Cirino Junior<sup>1</sup>, Maurício Luiz de Mello Vieira Leite<sup>1</sup>, Fábio Eráclito da Silva<sup>1</sup>, Cleber Pereira Alves<sup>1</sup>, Alexandre Campelo de Oliveira<sup>1</sup>, Danielle da Silva Eugênio<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada, Pernambuco, Brasil

\*Correspondente: [btzsilvajunior@gmail.com](mailto:btzsilvajunior@gmail.com)

#### Resumo

Objetivou-se avaliar o efeito de diferentes níveis de adubação potássica no crescimento inicial de clones de palma forrageira (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck). O experimento foi conduzido durante seis meses, disposto em delineamento em blocos ao acaso, em esquema fatorial 5x2, sendo cinco níveis de adubação potássica (0, 250, 500, 750 e 1000 Kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>) e dois clones de palma forrageira (Doce Gigante e Doce Miúda), com quatro repetições. Foi plantado um cladódio por vaso (unidade experimental) com capacidade para 7 kg de solo (24 x 17 x 23 cm). Ao longo do período experimental, foram avaliadas as características estruturais das plantas, tais como altura e largura de planta, comprimento, largura, espessura e perímetro de cladódio, bem como contabilização do número de cladódios total e por ordem de surgimento. Ao final do experimento avaliou-se a biomassa, para determinação do rendimento de massa fresca (MV) e seca (MS) da parte aérea e do sistema radicular. Após a determinação de MS, determinou-se o teor potássico nos tecidos vegetais. Os dados foram submetidos a ANOVA e, caso necessário, ao teste de Tukey a 5% de significância. A adubação potássica e os clones de palma forrageira não exerceram influências significativas nas variáveis avaliadas durante a condução experimental. A adubação potássica não influencia as características estruturais, produtivas e teor potássico no crescimento inicial de clones de *Nopalea cochenillifera*.

**Palavras-chave:** *Nopalea cochenillifera*; potássio; semiárido.

#### Abstract

The objective was to evaluate the effect of different levels of potassium fertilization on the initial growth of forage cactus (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) clones. The experiment lasted six months, arranged in a randomized block design, in a 5 x 2 factorial scheme, with five levels of potassium fertilization (0, 250, 500, 750, and 1,000 kg of K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>) and two forage cactus clones (Little Sweet and Giant Sweet), with four replicates. One cladode was planted per pot (experimental unit) with a capacity of 7 kg of soil (24 x 17 x 23 cm). During the experimental period, the plants' structural characteristics were evaluated, such as plant height and width, length, width, thickness, and perimeter of the cladode, as well as accounting for the number of total cladodes, and in order of appearance. At the end of the experiment, biomass was evaluated to determine the fresh matter (FM) and dry matter (DM) yield of the aerial part and the root system. After determining the DM, the potassium content in the plant tissues was determined. The data were submitted to ANOVA and, if necessary, to the Tukey test at a 5% significance level. The potassium fertilization and the forage palm clones did not exert influences based on the variables evaluated during the experimental conduction. Potassium fertilization does not influence the structural and productive characteristics and the potassium content in the *N. cochenillifera* clones' initial growth.

**Keywords:** *Nopalea cochenillifera*; potassium; semiarid.

Recebido: 17 de novembro de 2021. Aceito: 29 de março de 2022. Publicado: 29 de abril de 2022.



## Introdução

Em ambiente semiárido, a produção de forragem se torna um grande desafio, visto que as características climáticas dessas regiões promovem grande instabilidade produtiva, principalmente associadas às elevadas temperaturas do ar, baixos índices pluviométricos e sua variabilidade espaço-temporal<sup>(1)</sup>. Dessa forma, se torna imprescindível à utilização de culturas adaptadas a tais condições, bem como a utilização de manejo apropriado (e. g. adubação), com a finalidade de se obter elevados rendimentos produtivos<sup>(2-3)</sup>.

Dentre as espécies adaptadas às condições climáticas dessas regiões, se destaca a palma forrageira, devido sua capacidade de adaptação através de modificações fisiológicas, anatômicas e estruturais, quando submetidas a condições de acentuado déficit hídrico<sup>(4-5-6)</sup>. Essa planta possui metabolismo fisiológico ácido das Crassuláceas (MAC), tolerando elevadas temperaturas do ar e apresentando alta eficiência no uso de água<sup>(6)</sup>, além de elevadas digestibilidade e aceitabilidade por parte dos animais, com altos níveis de carboidratos solúveis e altos teores de água em seus cladódios, servindo tanto como fonte alimentar, quanto hídrica<sup>(4-2-19)</sup>.

O uso de adubação torna-se uma técnica de manejo indispensável quando se trata de elevar o rendimento das culturas, uma vez que as plantas extraem os nutrientes do solo a fim de atender suas necessidades, durante todo o seu desenvolvimento<sup>(1)</sup>. Assim, a adoção dessa prática proporciona, além do aumento na produtividade, maior possibilidade de se alcançar a sustentabilidade dos sistemas<sup>(7)</sup>.

Dentre os inúmeros minerais que a planta necessita, o potássio (K) é tido como um dos mais importantes, devido às funções essenciais que o mesmo desempenha, como a participação no processo osmótico, síntese de proteínas e controle do pH, atuando também no processo de abertura e fechamento dos estômatos<sup>(8)</sup>. Sua deficiência provoca danos permanentes e irreversíveis, como a redução do crescimento da planta<sup>(8)</sup>.

De acordo com Silva et al.<sup>(9)</sup>, o K é o macronutriente mais absorvido pela palma forrageira, sendo extremamente importante no desenvolvimento da mesma. Santos et al.<sup>(10)</sup> observaram que uma adubação nitrogenada com 100 kg N ha<sup>-1</sup> associada com aplicação de K, de acordo com análise do solo, pode proporcionar incremento de 100% na produção de fitomassa.

Diante o exposto, a hipótese dessa pesquisa é que a escolha do nível adequado de adubação potássica, associado ao clone de palma forrageira, aumenta a produtividade de fitomassa do cultivo. Com isso, objetivou-se avaliar o efeito de diferentes níveis de adubação potássica no crescimento inicial de clones de *Nopalea cochenillifera* em ambiente semiárido.

## Material e métodos

O experimento foi conduzido em campo, de junho a dezembro de 2018, na Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE/UAST), localizada no município de Serra Talhada – PE (latitude: 07° 59' 31" S, longitude: 38° 17' 54" O e altitude: 429 m), na Microrregião do Vale do Pajeú, sertão pernambucano.

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é Semiárido do tipo BSw<sup>h</sup>, apresentando maiores índices pluviométricos nos meses mais quentes (dezembro a abril)<sup>(11)</sup>, temperaturas do ar mínima e máxima variando de 20,1 a 32,9 °C, respectivamente, umidade relativa do ar em torno de 63% e precipitação pluviométrica média histórica de 642 mm ano<sup>-1</sup><sup>(12)</sup>.

O solo utilizado no experimento, classificado como um Cambissolo Háplico Ta Eutrófico típico, foi coletado da camada superficial (0 a 20 cm), posteriormente destorroado e homogeneizado, em seguida peneirado (malha de 2 mm), e colocado em vasos com capacidade para 7 kg de solo (24 x 17 x 23 cm). Os atributos químicos do solo foram determinados e são apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Características químicas de um Cambissolo Háplico Ta Eutrófico típico, no município de Serra Talhada – PE, Brasil

Profundidade (m)	Atributos químicos								
	pH	P	K	Na	Ca	Mg	CTC	MO	V
		mg dm <sup>-3</sup>		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>				%	
0 – 0,20	7,2	40	0,45	0,06	5,3	1,1	8,14	1,24	84,89

pH - potencial hidrogeniônico, P - fósforo, K - potássio, Na - sódio, Ca - cálcio, Mg - magnésio, CTC - capacidade de troca catiônica, MO - matéria orgânica, V - saturação por bases.

A pesquisa foi conduzida em delineamento em blocos casualizados, sob esquema fatorial 5x2, sendo cinco doses de potássio (0, 250, 500, 750, e 1000 Kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>) e dois clones de palma forrageira (Doce Miúda e Doce Gigante) da espécie *Nopalea cochenillifera* Salm Dyck, com quatro repetições. Os cladódios de palma utilizados foram retirados do terço médio de plantas, com idade aproximada de três anos, da área experimental da universidade. Após a cicatrização dos cladódios, os mesmos foram plantados no dia 01/07/2018, com 50% de seu comprimento enterrado no solo presente no vaso (unidade experimental). A cultura recebeu uma lâmina de irrigação fixa, sendo aplicado 1L vaso<sup>-1</sup>, com intervalo de dois dias, em todo o período experimental.

Em 31/07/2018, aos 30 dias após o plantio (DAP) foram aplicados os níveis de potássio e uma dose de nitrogênio (100 Kg ha<sup>-1</sup>) em todos os tratamentos. A adubação nitrogenada foi repetida três vezes, aos 60, 90 e

120 DAP, perfazendo 400 Kg de N ha<sup>-1</sup>. Utilizou-se o KCl e ureia como fontes de K e N, respectivamente. Salienta-se que não foi utilizado adubo orgânico no ensaio.

Durante o período experimental, algumas variáveis ambientais foram monitoradas, a partir da estação meteorológica automática pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, www.inmet.gov.br), localizada a 300 metros da área experimental, a fim de obter os dados de temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%) e precipitação pluvial (mm) (Tabela 2).

**Tabela 2.** Condições meteorológicas médias mensais durante o período experimental, Serra Talhada – PE, Brasil

Variável climática	2018							Média
	Jun.	Jul.	Ago.	Set	Out	Nov.	Dez.	
Temperatura média (°C)	25,4	25,1	25,6	27,1	28,7	28,9	26,9	26,8
Umidade relativa média do ar (%)	58,4	57,6	48,9	45,1	43,5	43,9	52,5	50
Precipitação pluvial (mm)	1,2	3,6	0	0	4,6	49,5	128	26,7

Foram realizadas avaliações biométricas mensais, de agosto a dezembro de 2018, no dia 5 de cada mês, em todas as plantas, com o intuito de mensurar características estruturais da cultura. Nesses eventos, foram obtidos altura de planta (cm), comprimento, largura e espessura de cladódio (cm), bem como a quantificação do número de cladódios por ordem e totais, seguindo a metodologia descrita por Cavalcante et al.<sup>(13)</sup> e Pereira et al.<sup>(12)</sup>. Após a colheita, ocorrida em 04/01/2019, realizou-se a determinação do comprimento do sistema radicular.

Para determinação de biomassa (massa fresca e seca da parte aérea e do sistema radicular) todas as plantas foram cortadas e separadas, de acordo com o tratamento. Após o corte, as plantas foram pesadas para determinação da massa fresca (MF). Em seguida, realizou-se a identificação e corte longitudinal de todos os cladódios selecionados. Esses foram colocados sob a condição ambiente por um período de 48 horas, com o objetivo de promover à desidratação parcial. Posteriormente, foram colocados em sacos de papel previamente identificados e levados a estufa de circulação forçada de ar, a 65 °C, até que se obtivesse a massa constante, obtendo a massa seca (MS), conforme metodologia de Detmann et al.<sup>(14)</sup>.

Para determinação do teor potássico, os cladódios de primeira e segunda ordem foram pesados, cortados transversalmente, colocados em sacos de papel devidamente identificados, posteriormente colocados em estufa de circulação forçada de ar, a 65 °C, até atingir peso constante. Em seguida, foram moídos, macerados e pesados, em amostras de 100 mg por tratamento. Essas amostras foram depositadas em um tubo de ensaio com 10 mL de água destilada e colocadas em banho-maria, com temperatura de 95 °C, por uma hora, sendo analisadas

quanto ao teor de potássio<sup>(15)</sup>.

Todos os dados foram submetidos aos testes de normalidade, homocedasticidade e teste F. Quando constatada significância pela análise de variância, as doses de potássio foram comparadas por meio de análise de regressão e, para escolha do modelo, foi considerada significância de 5% para os coeficientes das equações e o coeficiente de determinação superior a 0,85, quando não significativo utilizou-se o teste de Tukey ao nível de 5%, enquanto os clones de palma forrageira foram comparados pelo teste de F. Foi utilizado o software R-project versão 3.5.0 para todas as análises. Os gráficos produzidos com os dados do experimento foram gerados a partir do software SigmaPlot 10.0.

## Resultados e discussão

Para todas as variáveis estudadas, os níveis de adubação não apresentaram influência significativa. Isso se deve aos atributos químicos iniciais do solo utilizado no experimento (Tabela 1), uma vez que, apresentam características adequadas para a produção da palma forrageira, com elevada saturação por bases (84,89%) e potássio (0,45 cmolc dm<sup>-3</sup>). De acordo com Dubeux Júnior et al.<sup>(17)</sup>, a palma forrageira é altamente exigente em termos de características físico-químicas do solo.

Na Tabela 3 são apresentados os valores de número de cladódios (NC), altura de planta (AP), comprimento de cladódio (CC), largura de cladódio (LC), espessura de cladódio (EC), massa fresca (MF) e massa seca (MS) dos clones de palma forrageira. Observa-se que, para as variáveis EC e MF, não foram observadas diferenças significativas entre os clones, com valores médios de 1,7 cm e 859,2 g, respectivamente. Para as variáveis NC, AP e MS o clone Doce Miúda apresentou os maiores valores (4,8 unidades, 47,8 cm e 110,4 g, respectivamente). Já para as variáveis CC e LC o clone que se destacou foi o Doce Gigante, com valores médios de 27,2 e 12,2 cm, respectivamente.

**Tabela 3.** Características morfológicas e produção de fitomassa de clones de palma forrageira, em Serra Talhada – PE, Brasil

Clone	Variável						
	NC (unid.)	AP (cm)	CC (cm)	LC (cm)	EC (cm)	MF (g)	MS (g)
Doce Gigante	3,45b	39,72b	27,2a	12,2a	2,1a	822,8a	83,86b
Doce Miúda	4,8a	47,8a	21,7b	8,3b	1,3a	895,5a	110,4a
CV%	35,8	17,7	14,7	11,2	135,1	19,1	17,7

NC: Número de cladódios; AP: Altura de planta; CC: Comprimento de cladódio; LC: Largura de cladódio; EC: Espessura de cladódio; MF: Massa fresca; MS: Massa seca. Médias seguidas de mesma letra na coluna não se diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV: coeficiente de variação.

As diferenças encontradas estão associadas às características morfológicas dos clones avaliados. Silva et al.<sup>(3)</sup> estudando diferentes clones de palma forrageira obtiveram comportamento semelhante aos obtidos no presente estudo.

Lucena et al.<sup>(20-21)</sup> verificaram uma alta variação no tamanho do cladódio dos clones Doce Gigante e Doce Miúda. Os autores constataram comprimento médio de  $22,77 \pm 6,83$  e  $18,77 \pm 3,91$ cm, largura ( $10,65 \pm 3,00$  e  $7,82 \pm 1,68$  cm) e espessura de cladódio ( $11,28 \pm 5,68$  e  $14,11 \pm 5,13$  mm.), respectivamente para Doce Gigante e Doce Miúda.

O clone Doce Miúda apresenta superioridade a Doce Gigante em NC e AP, devido a emissão de cladódios de ordem superior, promovendo dessa maneira uma maior altura de planta.

Os dados biométricos médios de AP, LC, EC e NC da palma forrageira, independentemente do clone, levando em consideração apenas os níveis de adubação utilizados estão apresentados na Tabela 4. Quando avaliado os diferentes níveis de potássio, verificou-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos, quando testadas pelo teste F a 5% de probabilidade. Os valores médios para as variáveis AP, LC, EC e NC são iguais a 43,7 cm, 10,2 cm, 1,7 cm e 4,1 unidades, respectivamente.

**Tabela 4.** Variáveis biométricas da palma forrageira sob diferentes níveis de adubação potássica em ambiente semiárido, Serra Talhada – PE, Brasil

Variável	Nível de adubação potássica (kg de K <sub>2</sub> O ha <sup>-1</sup> )					CV%
	0	250	500	750	1000	
AP (cm)	43,7	44,3	45,3	39,4	45,8	17,7
LC (cm)	9,9	10	10,3	10,4	10,5	35,8
EC (cm)	1,2	1,3	3,2	1,2	1,6	11,2
NC (unid.)	4	4,5	4	3,9	4,3	135,09

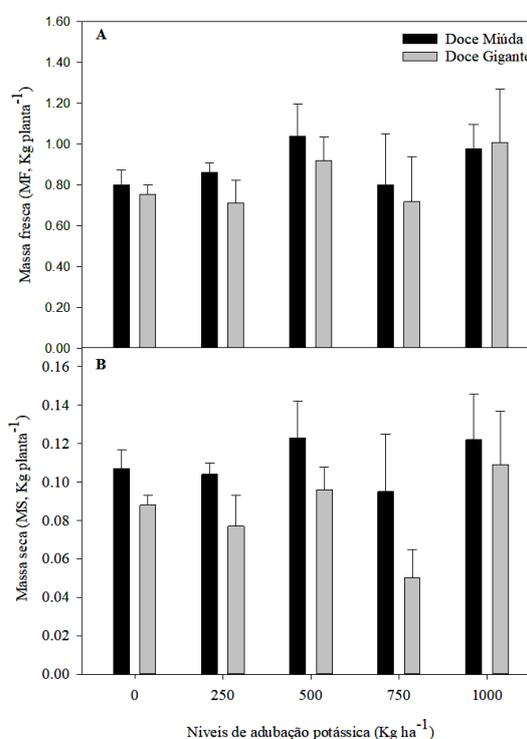
AP: Altura de planta; LC: Largura de cladódio; EC: Espessura de cladódio; NC: Número de cladódios. CV: coeficiente de variação. Médias seguidas de mesma letra na linha não se diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados quanto à influência da adubação potássica podem ser explicados pelas condições químicas do solo antes da aplicação dos tratamentos, já que o solo apresentava adequadas condições para o crescimento e desenvolvimento da cultura. No entanto, Dubeux Júnior et al.<sup>(18)</sup> observaram que o potássio não influenciou no número de cladódios da palma forrageira.

Outros fatores devem ser considerados na ausência de influência da adubação, tais como o período experimental em que a cultura foi avaliada (150 dias), podendo este ser considerado curto, não abrangendo o pleno desenvolvimento da planta, influenciando no resultado não significativo da adubação.

Em relação ao rendimento de massa fresca (MF) e seca (MS) (Figura 1), observou-se que, tanto para os níveis de adubação, como para os clones utilizados, não houve diferença significativa. Os valores médios para MF e MS foram de 0,859 e 0,113 Kg planta<sup>-1</sup>, respectivamente. Além disso, o solo naturalmente já tinha uma quantidade do nutriente satisfatória, fazendo com que os tratamentos com as menores dosagens conseguissem obter valores estatisticamente similares aos demais tratamentos, por meio da absorção de quantidades suficientes de potássio.

Leite et al.<sup>(22)</sup> avaliaram 1.018 cladódios de *Nopalea cochenillifera*, e observaram alta dispersão no peso de cladódio. Os autores constataram cladódios terciários pesando 5,0 g e cladódios secundários pesando 530,0 g.

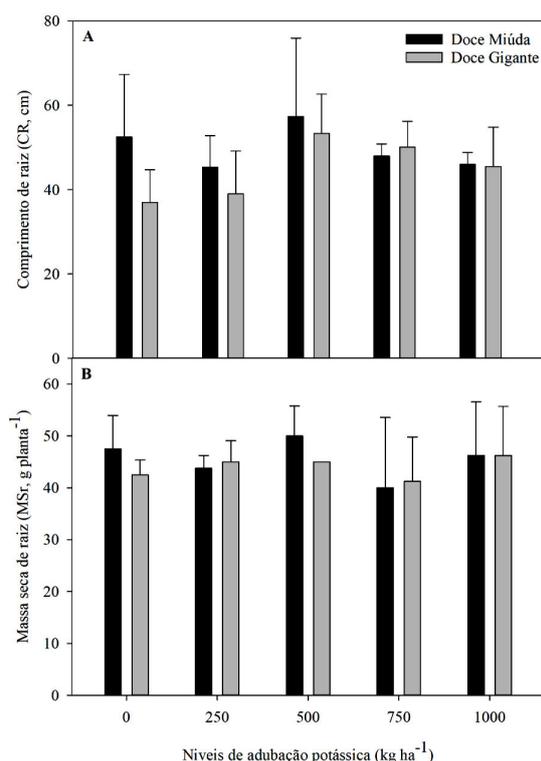


**Figura 1.** Rendimento (Kg planta<sup>-1</sup>) de massa fresca (A) e seca (B) de diferentes clones de palma forrageira submetidos a níveis de adubação potássica.

Segundo Cavalcante et al.<sup>(16)</sup>, o clone Doce Miúda apresenta cladódios menores e mais leves, entretanto com teores de matéria seca superiores aos obtidos pelo clone Doce Gigante, consequentemente maior peso seco.

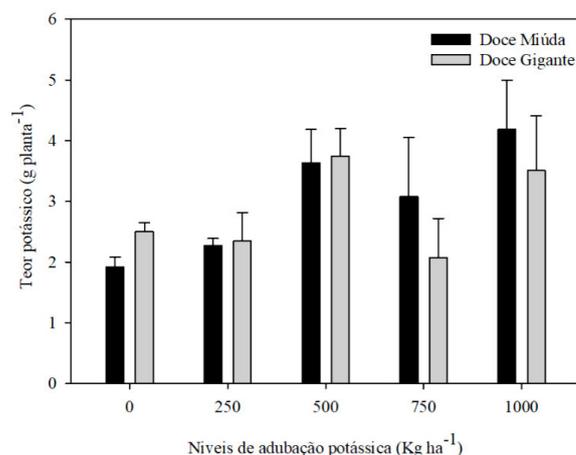
Os clones de palma forrageira não apresentaram diferenças significativas, no que diz respeito ao comprimento e massa seca do sistema radicular, apresentando valores médios de 46,2 cm e 44,8 g planta<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 2). Observa-se que os valores obtidos para os dois clones, independentemente do nível

de adubação potássica utilizado, foram muito similares, reforçando a ideia que essa ausência de resposta pode ser em função do teor de K ( $0,45 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) presente no solo, isto é, a fertilidade natural desse solo em relação ao nutriente K deve atender ao requerimento nutricional dos clones avaliados no período de implantação da cultura, no seu crescimento inicial, corroborando com Dubeux Júnior et al.<sup>(18)</sup>



**Figura 2.** Comprimento (A) e massa seca de raiz (B) de diferentes clones palma forrageira submetidos a níveis de adubação potássica.

Na Figura 3 é apresentado o teor potássico dos cladódios dos clones de palma forrageira sob diferentes níveis de adubação potássica. Verificou-se que os tratamentos não influenciaram significativamente na absorção de potássio pela planta, com valor médio de  $2,9 \text{ g planta}^{-1}$ . Isso é um indicativo de que, quando o solo apresenta níveis satisfatórios em relação à necessidade da cultura na fase de crescimento inicial e implantação, o gerenciamento da adubação potássica pode ser planejado em longo prazo, a partir do segundo ciclo de crescimento da cultura.



**Figura 3.** Teor potássico em cladódios de diferentes clones de palma forrageira submetidos a níveis de adubação potássica.

## Conclusão

Os níveis de adubação potássica não influenciam nos parâmetros morfológicos, produtivos e no teor de potássico da palma forrageira (*Nopalea cochenillifera*), no período de crescimento inicial.

Pesquisas adicionais são sugeridas considerando maior período de avaliação da palma, englobando diferentes ciclos de crescimento, diferentes sistemas de produção de palma, outros clones, solos com diferentes teores de potássio, diferentes fontes de potássio.

## Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

## Contribuição do autor

**Conceituação:** M.L.M.V. Leite; **Curadoria de dados:** B.C. Junior; **Análise formal:** B.C. Junior, M.L.M.V. Leite; **Aquisição de financiamento:** M.L.M.V. Leite; **Investigação:** B.C. Junior, F. E. da Silva, C. P. Alves, D. S. Eugênio; **Metodologia:** B.C. Junior, M.L.M.V. Leite, A. C. de Oliveira; **Gerenciamento do projeto:** B.C. Junior; **Recursos:** M.L.M.V. Leite, A.C. de Oliveira; **Redação (esboço original, revisão e edição):** B.C. Junior, M.L.M.V. Leite, F. E. da Silva, C. P. Alves, A.C. de Oliveira D. S. Eugênio.

## Referências

- Donato PE, Pires AJ, Donato SL, Bonomo P, Silva JA, Aquino AA. Morfometria e rendimento da palma forrageira 'Gigante' sob diferentes espaçamentos e doses de adubação orgânica. Revista Brasileira de Ciências Agrárias. 2014; 9(1), 151-158. DOI: <https://doi.org/10.5039/agraria.v9i1a3252>
- Pinheiro KM, Silva TGFD, Carvalho HFDS, Santos JEO, Morais JEFD, Zolnier S, Santos DCD. Correlações do índice de área do cladódio com características morfológicas e produtivas da palma forrageira. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 2014; 49(12), 939-947. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2014001200004>

3. Silva TGF, Primo, JTA, Morais JEF, da Silva Diniz WJ, de Souza CAA, Conceição Silva, M. Crescimento e produtividade de clones de palma forrageira no semiárido e relações com variáveis meteorológicas. *Revista Caatinga*. 2015; 28(2), 10-18.
4. Oliveira FT, Souto JS, Silva RP, Andrade Filho FC, Júnior, E. B. P. Palma forrageira: adaptação e importância para os ecossistemas áridos e semiáridos. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*. 2010; 5(4), 27-37.
5. Silva TGF, Primo J T A, Silva, SMS, Moura, MSBD, Santos DC, Silva MDC, Araújo JEM. Indicadores de eficiência do uso da água e de nutrientes de clones de palma forrageira em condições de sequeiro no Semiárido brasileiro. *Bragantia*. 2014; 73(2), 184-191.  
DOI: <https://doi.org/10.1590/brag.2014.017>
6. Queiroz MGD, Silva, TGF, Zolnier S, Silva S, Lima LR, Alves JDO. Características morfofisiológicas e produtividade da palma forrageira em diferentes lâminas de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 2015; 19(10), 931-938. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n10p931-938>
7. Lima JJ, Mata JDDV, Pinheiro Neto R, Scapim CA. Influência da adubação orgânica nas propriedades químicas de um Latossolo Vermelho distrófico e na produção de matéria seca de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. *Acta Scientiarum. Agronomy*. 2007; 29(5), 716-719. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v29i5.754>
8. Kano C, Cardoso AII, Villas Bôas RL. Influência de doses de potássio nos teores de macronutrientes em plantas e sementes de alfafa. *Horticultura Brasileira*. 2010; 28(3), 287-291. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0102-05362010000300008>
9. Silva JA, Bonomo P, Donato SL, Pires AJ, Rosa RC, Donato PE. Composição mineral em cladódios de palma forrageira sob diferentes espaçamentos e adubações química. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 2012; 7, 866-875. adubação orgânica. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*. 9(1), 151-158. DOI: <https://doi.org/10.5039/agraria.v7i0.2134>
10. Santos DD, Farias I, Lira MDA, Tavares Filho JJ, Santos MD, Arruda GD. A palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill e *Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck) em Pernambuco: cultivo e utilização. *Recife: IPA*, 1997.
11. Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, Moraes Gonçalves JL. Modeling monthly mean air temperature for Brazil. *Theoretical and Applied Climatology*. 2013; 113(3-4), 407-427. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00704-012-0796-6>
12. Pereira JDS, Leite MLMV, Cavalcante AB, Lucena LRR. Crescimento inicial de *Nopalea cochenillifera* em função do fracionamento do cladódio. *Revista Agropecuária Técnica*. 2018; 39(2), 120-128. DOI: <https://doi.org/10.25066/agrotec.v39i2.37995>
13. Cavalcante AB, Leite, MLMV; Pereira JS, Lucena LRR. Crescimento de palma forrageira em função da cura de segmentos dos cladódios. *Tecnologia & Ciência Agropecuária*. 2017; 11(5), p.15-20.
14. Detmann E, Souza MD, Valadares Filho SDC, Queiroz AD, Berchielli TT, Saliba EDO, Azevedo JAG. Métodos para análise de alimentos. *Suprema*. 2014; 214.
15. Rodrigues CRF, Silva EN, Ferreira-Silva SL, Voigt E. L, Viégas RA, Silveira, JAG. High K<sup>+</sup> supply avoids Na<sup>+</sup> toxicity and improves photosynthesis by allowing favorable K<sup>+</sup>: Na<sup>+</sup> ratios through the inhibition of Na<sup>+</sup> uptake and transport to the shoots of *Jatropha curcas* plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 2013; 176(2), 157-164.
16. Cavalcante LAD, Santos GRDA, Silva LMD, Fagundes JL, Silva MAD. Respostas de genótipos de palma forrageira a diferentes densidades de cultivo. *Pesquisa Agropecuária Tropical*. 2014; 44(4), 424-433. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1983-40632014000400010>
17. Dubeux Júnior JCB, Santos MD. Exigências nutricionais da palma forrageira. A palma no Nordeste do Brasil: Conhecimento atual e novas perspectivas de uso, 2005; 2, 105-128.
18. Dubeux Júnior JCB, Araújo Filho JT, Santos MV, Lira MDA, Santos DC, Pessoa RA. Adubação mineral no crescimento e composição mineral da palma forrageira-Clone IPA-201. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*. 2010; 5(1), 129-135
19. Souza, MS, Araújo Júnior, GN, Souza, LSB, Jardim, AMRF, Silva, GIN, Araújo, GGL, Campos, FS, Leite, MLMV, Tabosa, JN, Silva, TGF. Forage yield, competition and economic benefit of intercropping cactus and millet with mulch in a semi-arid environment, *African Journal of Range & Forage Science*. 2022, 1-13. <https://doi.org/10.2989/10220119.2021.2016967>
20. Lucena, LRR, Leite, MLMV, Simões, VJLP, Nóbrega, C, Almeida, MCR, Simplicio, JB. Estimating the area and weight of cactus forage cladodes using linear dimensions. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 2021; 43, e45460. Doi: 10.4025/actasciagron.v43i1.45460
21. Lucena, LRR, Leite, MLMV, Simões, VJLP, Almeida, MCR, Costa, ACL, Oliveira, ADM. Characterization of *Nopalea cochenillifera* clones using linear dimensions and multivariate analysis. *Acta Scientiarum. Technology*, 2021; 43, e50257. Doi: 10.4025/actascitechnol.v43i1.50257
22. Leite, MLMV, Lucena, LRR, ACL, Oliveira, Costa, ACL, Anjos, FLQ, Farias, IM, Simões, VJLP, Almeida, MCR. Cladode area and weight of *Nopalea cochenillifera* clones as a function of morphometric characteristics. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, 2020, 22, 18-28.