

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**GÉSSICA SOLANNA CALADO SOARES**

**SELEÇÃO DE PROGÊNIES DE PALMAS FORRAGEIRAS RESISTENTES A  
COCHONILHA DO CARMIM**

**RECIFE-PE  
2022**

**GÉSSICA SOLANNA CALADO SOARES**

**SELEÇÃO DE PROGÊNIES DE PALMAS FORRAGEIRAS  
RESISTENTES A COCHONILHA DO CARMIM**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Zootecnia.

Área de concentração: Zootecnia

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Carneiro  
Leão de Mello

Coorientadores: Prof<sup>a</sup>. Dra. Mércia  
Virginia Ferreira dos Santos  
Dra. Maria da Conceição Silva

**RECIFE-PE  
2022**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Sistema Integrado de Bibliotecas  
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- S676s Soares, Géssica Solanna Calado  
SELEÇÃO DE PROGÊNIES DE PALMAS FORRAGEIRAS RESISTENTES A COCHONILHA DO CARMIM /  
Géssica Solanna Calado Soares. - 2022.  
92 f. : il.
- Orientador: Alexandre Carneiro Leao de Mello.  
Coorientador: Mercia Virginia Ferreira dos Santos.  
Inclui referências e apêndice(s).
- Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Recife,  
2022.
1. cactácea. 2. IPA-Sertânia. 3. orelha de elefante africana. 4. xerófila. I. Mello, Alexandre Carneiro Leao de, orient.  
II. Santos, Mercia Virginia Ferreira dos, coorient. III. Título

CDD 636

---



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**SELEÇÃO DE PROGÊNIES DE PALMAS FORRAGEIRAS  
RESISTENTES A COCHONILHA DO CARMIM**

Tese elaborada por

GÉSSICA SOLANNA CALADO SOARES

Aprovado em 24 / 05 / 2022

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Alexandre Carneiro Leão de Mello  
Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE  
Orientador

---

Prof. Dr. Airon Aparecido Silva de Melo  
Universidade Federal do Agreste de Pernambuco-UFAPE

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Antonia Sherlânea Chaves Vêras  
Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE

---

Dra. Maria da Conceição Silva  
Instituto Agrônômico de Pernambuco-IPA

---

Prof. Dr. Márcio Vieira da Cunha  
Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE

Aos meus pais **Sales e Graça**,  
Vocês são as minhas raízes e as minhas asas. Obrigado por me concederem a vida!  
Obrigada por todo esforço e dedicação que fizeram para que eu tivesse a oportunidade que  
você não tiveram “estudar”.  
Obrigada por tudo, sou o reflexo do amor de vocês.  
Nada foi em vão.  
Muita gratidão por ter a sorte de ter vocês na minha vida...

***DEDICO***

## AGRADECIMENTOS

À Deus, por mais um dia e por cada oportunidade.

Aos meus pais, Sales e Graça, pelo apoio, confiança, incentivo e preocupação de me proporcionar condições para estudar sem medir esforço. Por entender minhas ausências e por toda demonstração de amor. Ao meu irmão Gian Sales por todos os conselhos e força dedicada nos momentos de angústia.

Ao meu esposo Italvan Milfont (em especial) por estar sempre ao meu lado, dando força e caminhando juntos. A Zootecnia não é apenas nossa profissão, é também uma história linda que nos proporcionou nosso grande encontro.

Ao meu orientador Prof. Dr. Alexandre Carneiro Leão de Mello pela disponibilidade, paciência e dedicação ao longo da elaboração desta pesquisa. Agradeço por ter acreditado em mim e compartilhado comigo seus valiosos conhecimentos, além de ter me dado forças com palavras amigas que fez toda a diferença, contribuindo positivamente em momentos difíceis que passei, muito obrigada.

À Professora Dra. Mércia Virginia Ferreira dos Santos, pela coorientação, ensinamentos e atenção dedicada.

À Dra. Maria da Conceição Silva, pela coorientação, preocupação e atenção dedicada, principalmente no experimento em Caruaru.

Ao Professor Dr. Márcio Vieira da Cunha, pela atenção dedicada durante os trabalhos de campo, na estatística do experimento, qualificação e sempre que houve dúvidas, o Sr. estava sempre disponível para ajudar, muito obrigada.

Ao Professor Dr. Walter Esfrain Pereira, por toda atenção e colaboração com a estatística no experimento.

Ao Professor Dr. Levy Paes Barreto e ao Prof. Francisco Fernando Ramos de Carvalho por permitir o uso do laboratório no processamento das amostras, realizações das análises e por todos os ensinamentos.

De maneira especial a Djalma Cordeiro dos Santos, pela dedicação profissional, competência, coerência e bom exemplo, tanto como pesquisador, quanto pela pessoa que é, e inspira admiração de estudantes e profissionais das Ciências Agrárias, que tiveram a satisfação de trabalhar com ele. Obrigada por todos os ensinamentos e apoio no experimento IPA/ Arcoverde.

Ao Dr. Francisco Abel Lemos Alves, pelo apoio durante o experimento no IPA/ Caruaru.

Aos professores da minha banca de qualificação: Profa. Dra. Adriana Guim, Prof. Dr. Albericio, Prof. Dr. Márcio Vieira e Prof. Dr. Valdson pelas considerações, sugestões de melhoria do trabalho.

À equipe de campo (Italvan, Pedro Mouzinho e Diana em especial por ter participado dos cortes e avaliações da palma, etapa mais demorada e de um cansaço extremo, mas que não soltaram minha mão e estávamos lá firmes e fortes, ressalvo também a participação de Pedro nos três cortes, minha eterna gratidão a todos vocês), e também aos amigos e colegas durante as avaliações de campo: Dayane, Chrislaine, Marilene, Ecvânia, Aurielle, Gaby, Gian, Thais Monteiro, Lybson, Maikon, Jeska, Lenildo, Antônio, Rita Manso e Cláudia pelo trabalho voluntário, deixando seus afazeres para dedicar horas e horas do ilustre e precioso tempo de vocês. Saibam que a ajuda de vocês foi essencial para iniciar as pesquisas deste projeto, pois sozinha jamais teria conseguido.

As análises em laboratório: Italvan, Diana, Pedro Mouzinho, Nathália, Gaby, Tafnes, Pedrinho, Lypson, Aline, Daniel e Diego pela ajuda, por momentos especiais convividos e por todo companheirismo. Aos técnicos do laboratório de nutrição Animal: Vanessa e Carlos.

Aos funcionários, bolsistas e/ou prestadores de serviço do IPA Arcoverde: Nogah, Dani, Flávio, Sr. Valdeir, Sírio, Jandersom e Aninha, desde a implantação até o fim do experimento, pela ajuda, companheirismo e brincadeiras que ajudavam a descontrair e deixar o trabalho mais leve, esses momentos com vocês foram essenciais para que chegássemos até o fim, aprendi muito com vocês, pois o trabalho não foi só meu, foi nosso.

Aos amigos Jeska, Lypson e Carlos Cristobal por toda paciência, atenção e ajuda com a parte estatística desses experimentos, a ajuda de vocês foi de uma imensidão, pois sabemos o quanto foi trabalhoso (meu muito obrigada).

Aos amigos e colegas da FJ assessoria de corrida e Start Running, onde ganhei vários amigos que me levaram para conhecer a cidade da melhor forma “correndo”, meu jeito assertivo de desopilar, minha válvula de escape no doutorado e em todos os momentos da minha vida, minha liberdade, meu vício. Conhecer vocês não teve preço e sim valor.

Ao Sr. “Pietro” como lhe chamo, mas conhecido como Sr. Pedro que trabalha no setor dos caprinos, ou Pedro pedal rrsrs, pessoa muito especial, amiga e que sempre fez questão de saber como estou, ligava quase sempre rrsrs, resumindo aquela pessoa que estava sempre à disposição para o que precisasse. Só complementando, agradeço também aos funcionários do setor de bovinos, entre outros no nome de Bolsonaro, Rafaela e Cícero.

Aos PNPDs da forragem: Italvan, Tony, Osniel, Williane, Suellen e Janerson. E a PNPD da nutrição de ruminantes: Minha amiga Kelly (Aquele que me inspirou e ensinou a fazer análises desde a iniciação científica na graduação), por todas as ajudas e dúvidas esclarecidas.

Aos colegas/amigos de disciplina, pelas trocas de experiências, aprendizados, confraternizações: Pedro Mouzinho, Diana, Dayane, Chris, Aurielle, Carlos Cristobal, Pedro Henrique, Tafnes, Maikon, Lucas, Marconiedson, Nágila, Jeska, Lypson, Nathália, Thaise, Katerin. Agradecimento a minha amiga Janieire Dorlamis (Jani) pelo apoio nos trabalhos com cactáceas durante esses anos de pós graduação.

Aos professores da banca examinadora, pela participação e por suas contribuições.

Aos professores, amigos e colegas de turma do PPGZ que contribuíram para o meu desenvolvimento acadêmico e pessoal. Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UFRPE.

A Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao IPA, Instituto Agrônomo de Pernambuco nos locais de Arcoverde e Caruaru por permitir a realização dos experimentos.

A dryGrow Foundation pelo suporte financeiro.

Aos demais familiares, amigos e colegas que mesmo distantes, de alguma forma se fizeram presentes nesta caminhada e a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para que eu chegasse até aqui.

**MINHA ETERNA GRATIDÃO!!!**

*Quem é grato sabe que não chegou sozinho ao lugar em que está.*

*Lei da gratidão*

## **EPÍGRAFE**

“Sempre há limites. Eu não conheço os meus.”

Usain Bolt



Se avexe não  
Amanhã pode acontecer tudo  
Inclusive nada  
Se avexe não  
A lagarta rasteja até o dia  
Em que cria asas  
Se avexe não  
Que a burrinha da felicidade  
Nunca se atrasa  
Se avexe não  
Amanhã ela para na porta  
Da sua casa  
Se avexe não  
Toda caminhada começa  
No primeiro passo  
A natureza não tem pressa  
Segue seu compasso  
Inexoravelmente chega lá  
Se avexe não  
Observe quem vai subindo a ladeira  
Seja princesa ou seja lavadeira  
Pra ir mais alto vai ter que suar

A Natureza das coisas

Cantor: Flávio José

Compositor: José Accioly Cavalcante  
Neto

## SELEÇÃO DE PROGÊNIAS DE PALMAS FORRAGEIRAS RESISTENTES A COCHONILHA DO CARMIM

### RESUMO

As cactáceas são consideradas como a principal alternativa de alimento para os animais ruminantes durante os longos períodos de escassez de forragem no Semiárido brasileiro, visto que, para as condições edafoclimáticas dessa região, deve-se destacar a importância da água presente no material *in natura*. A seleção de novas cultivares de palma forrageira tem grande relevância, especialmente, no agreste e sertão, devido ao baixo poder aquisitivo da maioria dos produtores, além disso, a cochonilha do carmim vem dificultando seu cultivo na região. Assim, novas progênies resistentes ao inseto foram identificados, porém, ainda devem ser realizados estudos na tentativa de selecionar as melhores progênies “resistentes”. Diante dessa situação, objetiva-se avaliar as características morfológicas, produtivas e a composição química bromatológica de progênies de palma forrageira (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck e *Opuntia undulata* Griffiths). Foram conduzidos dois experimentos independentes, no Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) dos municípios de Arcoverde (I) e Caruaru (II). Foi utilizado o delineamento inteiramente ao acaso, com seis e dez repetições nos experimentos I e II, respectivamente. Os tratamentos experimentais consistiram de 23 progênies da palma IPA Sertânia (experimento I) e 12 progênies da orelha de elefante africana (experimento II), sendo estes oriundos de uma pré-seleção do cruzamento de genótipos realizado nestas próprias estações. O experimento I foi implantado em janeiro de 2019, com espaçamento de 1,2 x 0,4 m, e o II, foi implantado em março de 2018, com espaçamento de 1,5 x 0,5 m. Em ambos experimentos a área útil foi representada pela área ocupada por uma planta. Foram analisadas características produtivas, morfológicas e químicas durante 28 meses. Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste Scott-Knott à 5% de significância. Concluiu-se que existe baixa variabilidade na composição química e fracionamento de carboidratos entre progênies de IPA Sertânia (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck). Progênies de palma Orelha de Elefante Africana apresentam elevada digestibilidade *in vitro* da matéria seca.

**Palavras-chaves:** cactácea, IPA Sertânia, orelha de elefante africana, xerófila.

## SELECTION OF CACTUS PEAR PROGENIES RESISTANT TO CARMINE COCHINEAL

### ABSTRACT

Cactaceae are considered as the main alternative food for ruminant during forage shortage in Brazilian semiarid, once considering this edaphoclimatic conditions, it is important to point out the role of water presents in the raw material. The selection of new cactus pear cultivars is relevant, especially in the agreste and sertão regions, due to the economic scenario of most producers, as well as carmine cochineal has damaged the crop. New progenies resistant to the insect has been identified, however, studies will still be carried out to select the best "resistant" progenies. The objective was to evaluate the morphological, productive and chemical composition of cactus pear (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck and *Opuntia undulata* Griffiths). Two independent experiments were carried out at Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA) in the municipalities of Arcoverde (I) and Caruaru (II). A completely randomized design was applied, with six and ten replications regarding experiments I and II, respectively. The experimental treatments consisted of 23 IPA Sertânia cactus pear progenies (experiment I) and 12 African Elephant Ear progenies (experiment II), which came from a pre-selection of genotype crossing carried out at these stations. Experiment I was established in January 2019 spacing 1.2 x 0.4, and experiment II was established in March 2018, spacing 1.5 x 0.5 m. For both experiments, the useful area was represented by a plant. Productive, morphological, and chemical characteristics were analyzed for two years. Data were selected for analysis of variance and means were compared by Scott-Knott test at 5% significance. We concluded that there is little variation in chemical composition and carbohydrate fractionating among IPA Sertânia (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck) progenies. African Elephant Ear cactus pear progenies had greater *in vitro* dry matter digestibility.

**Key words:** cactus, IPA Sertânia, African Elephant Ear, xerophyll.

## LISTA DE TABELAS

### Capítulo I - Seleção de progênies de palma forrageira IPA SERTÂNIA (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck) no sertão de Pernambuco

<b>Tabela 1.</b> Características químicas do solo experimental, Arcoverde-PE.....	34
<b>Tabela 2.</b> Características morfológicas e produtivas de progênies de palma forrageira IPA Sertânia ( <i>Nopalea cochenillifera</i> Salm-Dyck), Arcoverde - PE.....	41
<b>Tabela 3.</b> Coeficiente de repetibilidade (r) e de determinação ( $R^2$ %) e número de medições necessárias ( $\eta_0$ ) para características morfológicas de progênies da palma forrageira IPA Sertânia ( <i>Nopalea cochenillifera</i> Salm-Dyck), Arcoverde-PE.....	44
<b>Tabela 4.</b> Estimativa de ganhos genéticos diretos e indiretos (%) e seleção de progênies de palma forrageira IPA Sertânia ( <i>Nopalea cochenillifera</i> Salm-Dyck), pelo método de seleção direta (valores na diagonal, em negrito) e indireta para as características morfológicas e produtivas, Arcoverde-PE .....	46
<b>Tabela 5.</b> Valor nutritivo de progênies da palma forrageira IPA Sertânia ( <i>Nopalea cochenillifera</i> Salm-Dyck), Arcoverde - PE.....	48
<b>Tabela 6.</b> Compostos fibrosos de progênies da palma forrageira IPA Sertânia ( <i>Nopalea cochenillifera</i> Salm-Dyck), Arcoverde - PE.....	50
<b>Tabela 7.</b> Concentrações de carboidratos totais (CHOT) e suas frações na palma forrageira IPA Sertânia ( <i>Nopalea cochenillifera</i> Salm-Dyck), Arcoverde - PE.....	52

### Capítulo II - Seleção de progênies de palma forrageira Orelha de Elefante Africana (*Opuntia undulata* Griffiths) no agreste de Pernambuco

<b>Tabela 1.</b> Características químicas do solo experimental, Caruaru-PE.....	64
<b>Tabela 2.</b> Características morfológicas e produtivas de progênies de palma ( <i>Opuntia undulata</i> Griffiths), Caruaru – PE.....	70
<b>Tabela 3.</b> Coeficiente de repetibilidade (r) e de determinação ( $R^2$ %) e número de medições necessárias ( $\eta_0$ ) para características morfológicas em palma ( <i>Opuntia undulata</i> Griffiths), Caruaru-PE.....	73
<b>Tabela 4.</b> Estimativa de ganhos genéticos diretos e indiretos (%) e seleção de progênies de palma forrageira ( <i>Opuntia undulata</i> Griffiths), pelo método de seleção direta (valores na diagonal, em negrito) e indireta para as características morfológicas e produtivas, Caruaru-PE.....	75
<b>Tabela 5.</b> Valor nutritivo de progênies de palma forrageira Orelha de Elefante Africana ( <i>Opuntia undulata</i> Griffiths); Caruaru – PE.....	77
<b>Tabela 6.</b> Compostos fibrosos de progênies de palma forrageira Orelha de Elefante Africana ( <i>Opuntia undulata</i> Griffiths); Caruaru – PE.....	79
<b>Tabela 7.</b> Concentrações de carboidratos totais (CHOT) e suas frações em progênies de palma forrageira Orelha de Elefante Africana ( <i>Opuntia undulata</i> Griffiths); Caruaru – PE.....	80

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### Capítulo I - Seleção de progênies de palma forrageira IPA SERTÂNIA (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck) no sertão de Pernambuco

- Figura 1.** Precipitação pluvial mensal (mm) durante o período experimental (janeiro de 2019 à maio de 2021), em Arcoverde – PE..... 33
- Figura 2.** Linha do tempo durante o período experimental (janeiro de 2019 à maio de 2021), em Arcoverde – PE..... 35

### Capítulo II - Seleção de progênies de palma forrageira Orelha de Elefante Africana (*Opuntia undulata* Griffithis) no agreste de Pernambuco

- Figura 1.** Precipitação pluvial mensal (mm) durante o período experimental (março de 2018 a julho de 2020), em Caruaru - PE.....63
- Figura 2.** Linha do tempo do período experimental (março de 2018 a julho de 2020); Caruaru - PE.....64

## SUMÁRIO

	<b>Página.</b>
RESUMO .....	viii
ABSTRACT .....	ix
LISTA DE TABELAS.....	x
LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	xi
INTRODUÇÃO .....	13
CAPÍTULO I .....	15
Revisão de literatura .....	15
1. O Semiárido brasileiro e o cultivo da palma forrageira .....	16
2. Aspectos morfológicos, produtivos e nutricionais da palma forrageira .....	17
3. Palma forrageira na alimentação de ruminantes .....	19
4. Seleção de progênes de palma forrageira ( <i>Opuntia</i> e <i>Nopalea</i> ) resistentes à Cochonilha do Carmim .....	20
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	24
CAPÍTULO II.....	28
SELEÇÃO DE PROGÊNES DE PALMA FORRAGEIRA IPA SERTÂNIA ( <i>Nopalea cochenillifera</i> Salm-Dyck) NO SERTÃO DE PERNAMBUCO .....	28
RESUMO .....	29
ABSTRACT .....	30
1. INTRODUÇÃO .....	31
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	33
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	39
4. CONCLUSÕES .....	53
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	53
CAPÍTULO III.....	58
SELEÇÃO DE PROGÊNES DE PALMA FORRAGEIRA ORELHA DE ELEFANTE AFRICANA ( <i>Opuntia undulata</i> Griffiths) NO AGRESTE DE PERNAMBUCO .....	58
RESUMO .....	59
ABSTRACT .....	60
1. INTRODUÇÃO .....	61
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	62
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	70
4. CONCLUSÕES .....	80
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	81
APÊNDICES.....	85

## INTRODUÇÃO

A palma forrageira (*Opuntia* e *Napalea*) representa uma importante opção alimentar para a pecuária em regiões áridas e semiáridas (EDVAN et al., 2020). O Semiárido do Brasil apresenta como uma das características mais marcantes da região, precipitação pluvial ao longo do ano altamente variada, devido a mudanças temporais e espaciais das chuvas, na forma de eventos descontínuos, como pulsos de curta duração que ocorrem distribuídos em poucos meses durante o ano (MAGALHÃES et al., 2019).

Estas características limitam a produção de forragem, sobretudo pelo elevado déficit hídrico nos solos, decorrente de valores de evapotranspiração muito superiores aos de precipitação anual (MARQUES et al., 2020). Assim, devido à instabilidade climática, a atividade de sequeiro apresenta elevado risco para os produtores da região, dificultando a produção de volumoso de forma constante ao longo do ano. Portanto, por apresentar maior produtividade em relação às espécies nativas, o cultivo da palma forrageira surge como importante alternativa para alimentação dos ruminantes. Cardoso et al. (2019) relataram que características anatômicas e morfológicas da palma favorecem sua adaptação à regiões secas, bem como, contribuem para o cultivo dessa cultura nestas condições.

A palma forrageira apresenta vários pontos positivos para uso na alimentação de ruminantes, destacando-se a alta aceitabilidade, elevados teores de carboidratos não fibrosos (CNF) e coeficientes de digestibilidade, resultando em elevada quantidade de nutrientes digestíveis totais (NDT). Em contrapartida, apresenta como desvantagens, os baixos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e efetividade das fibras. Porém, essas deficiências podem ser corrigidas na dieta adicionando fontes de fibra fisicamente efetiva e fontes proteicas ou de nitrogênio não proteico (NNP).

Dada sua importância, Dubeux Júnior et al. (2010) citam o cultivo da palma em larga escala nas propriedades destinadas a produção de leite no Nordeste brasileiro, sobretudo nas bacias leiteiras dos estados de Pernambuco e Alagoas. De acordo com os dados do IBGE (2017), o Estado de Pernambuco é o segundo maior produtor de palma forrageira do Brasil, produzindo 468.826 toneladas em 17.237 hectares de área colhida, sendo responsável por 17,8 % da produção nacional.

Apesar da grande importância da cultura, atualmente a cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae* Cockerell) é a principal praga da palma forrageira no Semiárido nordestino, sendo acometidos palmais do gênero *Opuntia*. Portanto, na tentativa de identificar genótipos resistentes, a seleção de novos genótipos foi intensificada nos últimos anos após avaliações de campo e laboratório, sendo identificados em 2005, dentre outros, os genótipos IPA-200174/Orelha de elefante Africana (*Opuntia undulata* Griffiths) e IPA-200205/IPA Sertânia (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) como resistentes (SILVA et al., 2013).

Visando aumentar as opções a serem recomendadas aos produtores, torna-se extremamente importante obter maior número de cultivares de palma forrageira resistentes a cochonilha do carmim, com mais características desejáveis e melhores que seus progenitores (IPA Sertânia e Orelha de Elefante Africana). Diante do exposto, objetivou-se selecionar progênies de palma forrageira (*Opuntia* e *Napalea*) resistentes a cochonilha do carmim através das características morfológicas, produtivas e nutricionais.



## **CAPÍTULO I**

---

### **Revisão de literatura**

## 1. O Semiárido brasileiro e o cultivo da palma forrageira

O território brasileiro cobre uma área equivalente a 8.515.767,0 km<sup>2</sup> (IBGE, 2019), destes 1.128.697 km<sup>2</sup> abrange o Semiárido (SUDENE, 2017), correspondendo a 13,3% do total nacional e estendendo-se por nove estados da União, oito pertencentes a região Nordeste. A maioria das regiões Semiáridas situam-se entre os trópicos, inclui 1/3 das massas continentais do planeta (aproximadamente 5,0 bilhões de ha<sup>-1</sup>), abriga um bilhão de pessoas e é responsável por 22% do total de alimentos produzidos na Terra (ARAÚJO FILHO, 2013).

O principal critério para a delimitação física do Semiárido é estabelecido considerando-se a isoieta de 800 mm, ou seja, todos os municípios que apresentaram, numa série histórica de pelo menos 30 anos, precipitações pluviiais de até 800 mm estão incluídos no Semiárido brasileiro (LIMA et al., 2014). Estes autores também mencionam que esta região apresenta temperaturas médias anuais entre 23 e 27 °C, evapotranspiração de 2.000 mm ano<sup>-1</sup> e umidade relativa do ar média em torno de 50%.

Diante da grande variação na precipitação pluvial ao longo do ano, os agricultores procuram alternativas de alimentos volumosos, com baixo custo, evitando afetar o sistema de produção (SIQUEIRA et al., 2017), assim, o uso de cactos como a palma forrageira na alimentação animal pode ser uma opção nessas regiões, por apresentar alta produção e maior tolerância a secas prolongadas, desonerando a suplementação com concentrado (NEFZAOUÍ et al., 2014). Assim, o uso de espécies adaptadas às condições climáticas é essencial em locais com déficit hídrico e altas temperaturas (PINHEIRO et al., 2014).

Parte da adaptação da palma às regiões com menor disponibilidade hídrica ocorre em função do processo fotossintético conhecido como Metabolismo Ácido das Crassuláceas (CAM), que apresenta como principais características a abertura dos estômatos e a absorção do CO<sub>2</sub> atmosférico durante a noite, diferente das plantas com processos fotossintéticos C3 e C4. Neste sentido, Dubeux Júnior et al. (2006) enfatizam a sua maior eficiência no uso da água e, conseqüentemente, maior tolerância a longos períodos de estiagem.

Em função da instabilidade climática, a atividade de sequeiro apresenta elevado risco para os produtores. Aliado a este cenário, apenas 2-3% do Semiárido nordestino oferece potencial para irrigação, seja por limitação quantitativa ou qualitativa da água (DUBEUX JÚNIOR et al., 2010), bem como pela proporção de solos adequados para a exploração agrícola e forrageira. Assim, o cultivo de espécies da família *Cactaceae* surge como importante alternativa para alimentação dos ruminantes, sobretudo, algumas exóticas, como a palma forrageira, por apresentar maior produtividade em relação às espécies nativas. Além disso, permanecem suculentas durante o período seco, como forma de adaptação as condições edafoclimáticas dessa região.

## **2. Aspectos morfológicos, produtivos e nutricionais da palma forrageira**

A avaliação morfológica da palma forrageira é utilizada de forma muito ampla, principalmente para caracterizar a diversidade genética da planta (NEFZAOUÍ et al., 2017), pois as particularidades estruturais e morfológicas podem afetar a produção da cultura (ROCHA et al., 2017). Diante dessa informação, Pinheiro et al. (2014) constataram que algumas características estruturais apresentam correlação com o índice de área do cladódio da palma forrageira como, por exemplo, a altura e largura da planta, assim baixos valores para estas características tendem a resultar em menor produtividade.

Segundo Marques et al. (2017), as dimensões dos cladódios estão muito relacionadas com as variações climáticas, outro fator de grande importância que também pode afetar na produção. Então vários são os fatores que podem influenciar na produtividade da palma forrageira, a exemplo de precipitação, densidade de plantio, fertilidade do solo, vigor das mudas, ataque de pragas e doenças, entre outros (SILVA et al., 2014). Nesse sentido, a adubação orgânica é uma alternativa muito usada pelos produtores de palma forrageira do nordeste brasileiro, que influencia positivamente na sua morfologia (DUBEUX JÚNIOR et al., 2013), visto que, vários trabalhos na literatura mostram que a extração de nutrientes é alta, uma vez que a cultura é exigente em fertilidade do solo.

As características anatômicas e fisiológicas da palma forrageira podem ser responsáveis por diferenças em sua capacidade fotossintética e no seu rendimento (SILVA et al., 2010). Porém, informações relacionadas a indicadores de eficiência do uso

da água são raros na literatura (CONSOLI et al., 2013), sobretudo para as condições edafoclimáticas do semiárido brasileiro.

Santos et al. (2013) avaliaram 12 genótipos de palma aos dois anos de crescimento em Arcoverde-PE e obtiveram 5,7 e 12,1 t de MS/ha/ano para os cultivares Orelha de elefante Africana (*Opuntia undulata* Griffiths) e IPA Sertânia (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck). Os autores evidenciaram que o genótipo IPA Sertânia esteve entre os mais produtivos. Neste mesmo trabalho, ao avaliarem vacas 5/8 Girolando consumindo dietas com diferentes genótipos de palma foi obtido produção de 12,96 kg leite/dia, consumo de 13,63 kg MS/dia e digestibilidade da MS de 651,5 g/kg.

Em relação a suas características nutricionais, a palma forrageira é rica em minerais e nutrientes digestíveis totais (WANDERLEY et al., 2002), apresenta alta digestibilidade e teor de carboidratos solúveis, porém os teores de proteína bruta (PB) e a efetividade da fibra são baixos, necessitando, portanto, que a dieta dos animais alimentados com esta forragem seja suplementada com fontes de fibra e proteína (DUBEUX JÚNIOR et al., 2010). Estes autores ressaltam que a composição química pode variar em função da época do ano, idade da planta, ordem de cladódio, cultivar, adubação, espaçamento de plantio, entre outros fatores.

Silva (2016) avaliando características nutricionais de variedades de palma forrageira coletadas na estação experimental do IPA em São Bento do Una-PE, verificou que a IPA Sertânia apresentou 70,1 g kg<sup>-1</sup> de MS, 55,8 g kg<sup>-1</sup> de PB, 167,3 g kg<sup>-1</sup> de MM, 166,4 g kg<sup>-1</sup> de FDN e 140,1 g kg<sup>-1</sup> de FDA. Já Cunha (2017) avaliando progênies do clone de palma forrageira Orelha de Elefante Africana na estação experimental do IPA em Arcoverde-PE, obteve valores médios de 107,5 g kg<sup>-1</sup> de MS, 51,3 g kg<sup>-1</sup> de PB, 244,3 g kg<sup>-1</sup> de FDN e 202,5 g kg<sup>-1</sup> de FDA.

Aliado as características nutricionais, deve-se destacar a importância da água presente no material *in natura*. Dietas formuladas com elevada proporção de palma forrageira são interessantes para as regiões Semiáridas do Nordeste, pois o baixo teor de matéria seca deste alimento incrementa o consumo de água dos animais, tornando-se relevante em algumas épocas do ano (MAGALHÃES et al., 2004). Trabalhos demonstram redução linear no consumo de água via bebedouro, à medida que se elevaram

os níveis de palma na dieta, em função da maior ingestão via palma (BISPO et al., 2007; ABIDI et al., 2009).

### **3. Palma forrageira na alimentação de ruminantes**

A palma forrageira apresenta vários benefícios para a alimentação de ruminantes. Devido a sua alta aceitabilidade, grandes quantidades podem ser consumidas voluntariamente (FERREIRA et al., 2009). Aliado a esse ponto, a elevada quantidade de água (em torno de 90%) é importante para atender às necessidades hídricas dos animais via palma, fator limitante em regiões Semiáridas (DUBEX JÚNIOR et al., 2010).

A palma contém altos teores de minerais, vitaminas, carboidratos não fibrosos e elevada digestibilidade (BEZERRA et al., 2015; JARDIM et al., 2020; SILVA et al., 2021), resultando em elevada quantidade de nutrientes digestíveis totais (AGUILAR et al., 2015). Em contrapartida, apresenta baixos teores de MS, PB e fibra fisicamente efetiva, podendo promover distúrbios gastrointestinais nos ruminantes (CARDOSO et al., 2019) quando fornecida exclusivamente. Aguiar et al. (2015) citam timpanismo, acidose, diarreia e redução nos teores de gordura do leite como consequência dessa prática.

O elevado teor de CNF da palma forrageira é uma característica extremamente importante, pois, trata-se da fração de maior degradação ruminal e, conseqüentemente, maior aproveitamento pelos ruminantes. Essa elevada quantidade de CNF e baixa de fibras (FDN e FDA) geralmente propiciam elevada fermentação ruminal e produção de gás *in vitro* com inclusão da palma forrageira (PESSOA et al., 2020), resultando em maior aproveitamento, como consequência da maior digestibilidade das fibras. Ferreira et al. (2020) relatam esse alto teor de CNF como a característica mais importante da palma forrageira. Assim, estas características fazem com que a palma também seja um ingrediente potencial para utilização na nutrição dos animais de alta produção (MARQUES et al., 2017).

Em função da baixa efetividade da fibra presente na palma forrageira, seu fornecimento deve ser realizado associado a uma fonte de fibra fisicamente efetiva (FERREIRA et al., 2020), visando minimizar os riscos de ocorrência dos distúrbios metabólicos. Já em relação ao baixo teor de PB, a alta concentração de carboidratos

solúveis permite a utilização de fontes de nitrogênio não proteico (NNP) visando aumentar a quantidade de proteína (FERREIRA et al., 2009). Nesse sentido, Ferreira et al. (2020) relatam a associação da palma a fontes proteicas ou ao NNP, como a ureia, como prática essencial para o desempenho adequado do rúmen e, conseqüentemente, dos animais. É importante frisar que o baixo teor de PB é uma característica inerente às cactáceas e, segundo Van Soest (1994), são necessários  $70 \text{ g kg}^{-1}$  MS para atender as exigências mínimas de PB para crescimento e desenvolvimento da microbiota ruminal, responsável pela degradação dos alimentos.

Quando analisado o uso da palma forrageira na alimentação de ruminantes nos últimos anos, as cultivares Gigante, Miúda e Orelha de Elefante Mexicana são as mais amplamente utilizadas (LOPES et al., 2019), sempre utilizando a mesma mistura aos demais ingredientes da dieta, na forma de ração completa, o que favorece o consumo de fibras e aumenta o consumo efetivo dos nutrientes (SOUZA et al., 2010). Vários trabalhos (Melo et al., 2003; Bispo et al., 2007; Galeano et al., 2022) têm demonstrado a possibilidade de utilização da palma forrageira em substituição aos alimentos tradicionalmente utilizados, visando manter a produção e reduzir os custos de produção.

Assim, diante da sua qualidade do ponto de vista nutricional, a utilização da palma forrageira na alimentação de ruminantes vai além de suprir a redução quantitativa e qualitativa das plantas forrageiras, durante o período seco, em regiões áridas e semiáridas, como comumente é relatado na literatura, ela é capaz de promover melhoria nos índices produtivos dos animais. Tais resultados têm levado produtores a utilizar a palma como base da alimentação de ruminantes ao longo de todo o ano. Vale ressaltar que esta estratégia necessita de avaliação mais profunda no que se refere aos custos de produção, visto que a palma forrageira ainda se apresenta com um custo de produção e utilização elevado nas condições do semiárido nordestino.

#### **4. Seleção de progênies de palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) resistentes à Cochonilha do Carmim**

A palma forrageira vem se destacando como a principal cultura forrageira da região Semiárida do Nordeste, não apenas por sua extrema adaptação às condições dessa região, mas também por apresentar elevadas produtividade, além da reserva de água, a qual é

composta por cerca de 90% de água em sua biomassa (CUNHA et al., 2020). Ainda assim, a quantidade de cultivares é limitada, visto que grande quantidade de palmais foram acometidos por pragas em anos recentes, a exemplo da cochonilha do carmim, que afetaram o cultivo e conseqüentemente a alimentação animal, crescendo a demanda por novas cultivares, bem como cultivares que possuam menos espinhos para facilitar o manejo (CUNHA et al., 2020).

Assim, a seleção de novas cultivares é de grande relevância para a região Nordeste do Brasil, o que demanda aos programas de melhoramento genético da palma forrageira obter novas cultivares para incrementar os sistemas de produção de pequenos e médios produtores, predominantes na região (PAIXÃO et al., 2011).

Neste contexto, a palma pode ser propagada de forma vegetativa ou por sementes, embora a forma vegetativa seja a mais utilizada devido à baixa viabilidade das sementes. Portanto, o modo de reprodução determina qual método pode ser utilizado no melhoramento de uma espécie, sendo a introdução de genótipos no Banco Ativo de Germoplasma (introdução de genótipos com fenótipos diferenciados), cruzamentos dirigidos ou polinização livre. Os cruzamentos dirigidos são realizados artificialmente, onde é feita a emasculação da flor na fase de botão floral, já o cruzamento por polinização livre ocorre de forma natural, com um maior número de genótipos, são mais frequentes onde existe mais cultivares de palma e os principais polinizadores são aves, insetos e o vento. A autofecundação, quando o cruzamento acontece por polinização livre de um clone isolado, também pode gerar segregação e oportunidade de seleção, estes são os principais métodos de melhoramento da palma forrageira (CUNHA et al., 2020).

As sementes são obtidas em frutos com aproximadamente dois meses pós fecundação. Após o beneficiamento das sementes, realiza-se o plantio e pré-seleção na Fase I do melhoramento. Nesta etapa, quando a plântula emitiu os primeiros cladódios, inicia o período de avaliações com duração de oito a 12 meses, relacionada ao ataque de pragas, doenças, pilosidade e espinhos. Em seguida, as plantas selecionadas são multiplicadas para entrar nos ensaios preliminares e seguir os mesmos processos de outras culturas, competição, avaliações com animais e teste de recomendação (CUNHA et al., 2020).

Relacionado ao ataque de pragas na palma forrageira, pode-se destacar duas espécies de cochonilhas, ambas da ordem Hemiptera: a de escamas (*Diaspis Echinocacti* Bouché), um inseto da família Diaspididae, e a do carmim (*Dactylopius opuntiae* Cockerell), pertencente à família Dactylopiidae (SANTOS et al., 2011). A cochonilha do carmim corresponde às diversas espécies do gênero *Dactylopius* da família *Dactylopiidae*. Estas espécies infestam preferencialmente cactáceas do gênero *Opuntia*, e podem ser consideradas pragas quando em grandes quantidades, ocasionado principalmente devido à falta de tratamentos culturais ou se forem espalhadas livremente nas plantas cultivadas (WARUMBY et al., 2005).

Atualmente, a cochonilha do carmim é a principal praga que acomete a palma forrageira no Semiárido nordestino, atacando os palmais desde os anos 60, quando identificada, pela primeira vez, no município de Sertânia-PE e, mais recentemente, desde 2001, vem devastando as áreas cultivadas com palma na região nordeste do Brasil (SANTOS et al., 2006), dizimando os palmais rapidamente em função da alta proliferação e disseminação, afetando as criações de ruminantes e, conseqüentemente, causando prejuízo econômico (LOPES et al., 2009b; VASCONCELOS et al., 2009). Os palmais são mais acometidos pela espécie *D. opuntiae*, que está entre as 10 espécies do gênero *Dactylopius* que são reconhecidas (VAN DAM e MAY, 2012), pois, esses insetos inoculam toxinas ao se alimentarem, causando amarelecimento e queda dos cladódios, podendo ocorrer até a morte da planta (VASCONCELOS et al., 2009).

A principal forma de propagação deste inseto ocorre quando se realiza o transporte dos cladódios, bem como, disseminação via roupas dos trabalhadores e/ou corpo dos animais (SANTOS et al., 2006). Lopes et al. (2009a) citam a presença dessa praga nos estados da Paraíba e de Pernambuco desde 2001, momento a partir do qual vem comprometendo o cultivo das cultivares de palma gigante em mais de 50 municípios paraibanos. Lopes et al. (2009b) estimam que a cochonilha já destruiu mais de 100 mil hectares de palma em Pernambuco e na Paraíba e, em menor escala, nos Estados do Rio Grande do Norte e Ceará. Como sintomas do ataque, pode-se observar clorose em cladódios e frutos, debilitando a planta e favorecendo a infecção por agentes fitopatogênicos, causando a abscisão prematura (VANEGAS-RICO et al., 2010).

A proliferação e disseminação deste gênero de cochonilha no Brasil são favorecidas pela ausência de inimigos naturais, além do clima quente, que estimula a velocidade dos



ciclos reprodutivos durante o ano (LOPES et al., 2009b). As fêmeas adultas são inertes e sugam a seiva, já as migrantes tendem a se locomover para o ápice da planta e serem dispersas pelo vento, enquanto os machos são alados (sobrevivem somente três dias, morrendo após o acasalamento) (RODRIGO et al., 2010).

No Brasil, mais precisamente por meio do acordo UFRPE/IPA, foi iniciado o primeiro programa de melhoramento genético da palma forrageira, na década de 1980, com objetivo de aumentar a diversificação genética através da introdução e geração de novos clones, somando um banco de germoplasma com cerca de 1.400 acessos (SANTOS et al., 2005). O programa de melhoramento da palma utiliza basicamente métodos de seleção e hibridação, com a utilização do máximo de genes favoráveis e eliminar a maior quantidade de genes que expressam características desfavoráveis, visando o seguinte ideotipo: 1. Plantas com baixa presença de pelos e espinhos; 2. Plantas resistentes às cochonilhas (do Carmim e de Escamas); 3. Plantas com pouco ou nenhum sintoma das principais doenças; 4. Elevada produção de forragem; 5. Elevada persistência e 6. Qualidade da forragem similar as atualmente cultivadas (LIRA et al., 2006). Na tentativa de identificar genótipos resistentes à cochonilha do carmim, essa seleção foi intensificada nos últimos anos, visando a sua utilização na alimentação de ruminantes, assim, após avaliações de campo e de laboratório, foram identificados, em 2005, dentre outros, os genótipos IPA-200174/Orelha de elefante Africana e IPA-200205/IPA Sertânia como resistentes (SANTOS et al., 2013).

Segundo Paixão et al. (2011), a seleção é estudada e praticada em todas as etapas do programa de melhoramento genético da palma forrageira, onde abrange a seleção de genitores, a escolha dos cruzamentos, seleção de indivíduos originários de cruzamentos realizados nas etapas subsequentes com seleção clonal e na fase final, os clones são validados nos ambientes de produção, permitindo a identificação dos indivíduos com elevado valor genético. Lira et al. (2006) relataram que pesquisas relacionadas ao melhoramento da palma forrageira em Pernambuco, podem contribuir para aumentar a produtividade da cultura em até 300%, pois, além do aumento da produtividade em si, pode-se ampliar a área de adaptação e obter clones mais resistentes a pragas e doenças, tendo potencial de disseminação de cultivares superiores em todo o Semiárido do Brasil.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIDI, S. et al. Supplementation with barley or spineless cactus (*Opuntia ficus indica* f. *inermis*) cladodes on digestion, growth and intramuscular fatty acid composition in sheep and goats receiving oaten hay. **Small Ruminant Research**, v. 87, n. 1-3, p. 9-16, 2009.
- AGUILAR, P. et al. Palma forrageira e bagaço de cana tratado com ureia e amônia na dieta de ruminantes. **Revista Nutritime**, v. 12, n. 1, p. 3936–3951, 2015.
- ARAÚJO FILHO, J.A. **Manejo pastoril sustentável da caatinga**. – Recife, PE: Projeto Dom Helder Câmara, 2013. 200p.
- BEZERRA, S.A.F. et al. Demanda hídrica bruta da Palma Forrageira em cenários futuros de mudanças climáticas no Estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, p. 1628–1643, 2015.
- BISPO, S. V. et al. Palma forrageira em substituição ao feno de capim-elefante: Efeito sobre consumo, digestibilidade e características de fermentação ruminal em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 6, p. 1902-1909, 2007.
- CARDOSO, D.B. et al. Levels of inclusion of spineless cactus (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) in the diet of lambs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 247, p. 23–31, 2019.
- CONSOLI, S. et al. Determination of evapotranspiration and annual biomass productivity of a cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L. (Mill.)) orchard in a Semi-arid Environment. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.139, p.680-690, 2013.
- CUNHA, J. T. S. F da. **Avaliação de progênies do clone de palma Orelha de Elefante Africana (*Opuntia undulata* Griffithis)**. 2017. 69 p. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Zootecnia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE, 2017.
- CUNHA, M. V. et al. Melhoramento da palma forrageira. In: Santos, M. V. F., Carvalho, F. F. R., Ferreira, M. A., 2020. **Palma forrageira: potencial e perspectivas**, 1. ed. Recife, PE, 378 p.
- 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. Productivity of *Opuntia ficus-indica* (L) Miller under different N and P fertilization and plant population in north-east Brasil. **Journal of Arid Enviroments**, v. 67, p. 357-372, 2006.
- DUBEUX JÚNIOR, J.C.B. et al. Organic fertilization and plant population affect shoot and root biomass of forage cactus pear (*Opuntia ficus-indica* Mill.). **Acta Horticulturae**, v. 995, p.221-224, 2013.

- EDVAN, R. L. et al. Resilience of cactus pear genotypes in a tropical semi-arid region subject to climatic cultivation restriction. **Scientific Reports**, v. 10, p. 1–10, 2020.
- FERREIRA, M. A. et al. Estratégias na suplementação de vacas leiteiras no Semiárido do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, p. 322-329, 2009.
- FERREIRA, M. A. et al. Utilização da Palma Forrageira na Alimentação de Bovinos Leiteiros. In: Santos, M. V. F., Carvalho, F. F. R., Ferreira, M. A., 2020. **Palma forrageira: potencial e perspectivas**, 1. ed. Recife, PE, p. 255-296, 378 p.
- GALEANO, V. J. L. et al. Productive responses of dairy goats fed on diets containing elephant grass (*Pennisetum purpureum*) associated or not with cactus (*Opuntia stricta*) cladodes, and extra-fat whole corn germ as a substitute for corn. **Small Ruminant Research**, v. 207, p. 106609, 2022.
- IBGE 2017. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/>.
- IBGE, 2019. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <https://brasilemsintese.ibge.gov.br/territorio/dados-geograficos.html>.
- JARDIM, A.M.R.F. et al. Interaction of agroecosystem intercropped with forage cactus-sorghum in the semi-arid environment: a review. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 5, n. 1, p. 069-087, 2020.
- LIMA, C. B. et al. Comportamento ingestivo e respostas fisiológicas de ovinos em pastejo no Semiárido. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v.2, n.1, p.26-34 (2014). (Revisão).
- LIRA, M. A. et al. **Meio século de pesquisa com a palma forrageira (*Opuntia e Nopalea*): ênfase em manejo**. In: Congresso Brasileiro De Zootecnia, Recife. Anais... Recife: ABZ; UFRPE, 2006.
- LOPES, E. B. et al. Velocidade de infestação e dispersão de *Dactylopius opuntiae* Cockerell, 1896 em palma gigante na Paraíba. **Engenharia Ambiental**, v. 6, n. 1, p. 196-205, 2009b.
- LOPES, E. D. et al. Desempenho do óleo de laranja no controle da cochonilha do carmim em palma gigante. **Engenharia Ambiental**, v. 6, n. 1, p. 252-258, 2009a.
- LOPES, L. A. et al. Palma forrageira na alimentação de ruminantes. **PUBVET**, v.13, n.2, 277, p. 1-10, 2019.
- MAGALHÃES, A. L. R. et al. Chemical and Mineral Composition, Kinetics of Degradation and *in vitro* Gas Production of Native Cactus. **Journal of Agricultural Studies**, v. 7, n. 4, p. 119-137, 2019.
- MAGALHÃES, M. C. S. et al. Inclusão de cama de frango em dietas à base de palma forrageira (*Opuntia fícus-indica* Mill) para vacas mestiças em lactação. 1. Consumo e produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, p. 1897-1908, 2004.

- MARQUES, O. F. C. et al. Palma forrageira: cultivo e utilização na alimentação de bovino. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 1, p. 75-93, 2017.
- MARQUES, T. V. et al. Environmental and biophysical controls of evapotranspiration from Seasonally Dry Tropical Forests (Caatinga) in the Brazilian Semiarid. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 287, 107957, 2020.
- MELO, A. A. S. et al. Substituição parcial do farelo de soja por uréia e palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) em dietas para vacas em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.727-736, 2003.
- NEFZAOU, A. et al. Cactus as a tool to mitigate drought and to combat desertification. **Journal of Arid Land Studies**. V. 24, p.121-124, 2014.
- PAIXÃO, S. L. et al. Estimativas de Parâmetros Genéticos em Clones de Palma Forrageira no Município de São Bento do Una. **Revista Científica Produção Animal**, v. 13, n. 1, p. 28-32, 2011.
- PESSOA, D. V. et al. Forage cactus of the genus *Opuntia* in different with the phenological phase: Nutritional value. **Journal of Arid Environments**, v. 181, 104243, 2020.
- PINHEIRO, K. M. et al. Correlações do índice de área do cladódio com características morfogênicas e produtivas da palma forrageira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, p. 939-947. 2014.
- ROCHA, R. S. et al. Características produtivas e estruturais de genótipos de palma forrageira irrigada em diferentes intervalos de corte. **Arquivo de Zootecnia**, v. 66, n.255, p. 363-371, 2017.
- RODRIGO, E. et al. Estudio comparativo de la morfología y biología de *Dactylopius coccus* Costa y *D. opuntiae* (Cockerell) (Hemiptera: Dactylopiidae), dos especies presentes en la Comunidad Valenciana. **Boletim de Sanidade Vegetal**, v. 36, p. 23-35, 2010.
- SANTOS, D. C. et al. (eds). **A Palma no Nordeste do Brasil conhecimento atual e novas perspectivas de uso**. 2º ed. Recife: ed. universitária da UFPE. p. 129-141, 2005.
- SANTOS, D. C. et al. **Convivência com a cochonilha do carmim em palma forrageira no Estado de Pernambuco**. In: 2º Congresso Brasileiro de Palma e Outras Cactáceas, 2011. Anais... Garanhuns-PE, 2011. (CD-ROM).
- SANTOS, D. C. et al. Estratégias para Uso de Cactáceas em Zonas Semiáridas: Novas Cultivares e Uso Sustentável das Espécies Nativas. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 15, n. 2, p. 111-121, 2013.
- SANTOS, D. C. et al. **Manejo e utilização da palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) em Pernambuco**. Recife: Instituto Agronômico de Pernambuco, 48p. (Documentos, 30). 2006.

- SILVA, L.M. et al. Produtividade da palma forrageira cultivada em diferentes densidades de plantio. **Ciência Rural**, v. 44, n. 11, p. 2064-2071, 2014.
- SILVA, M.V. et al. 2021. Spatio-temporal monitoring of soil and plant indicators under forage cactus cultivation by geoprocessing in Brazilian semi-arid region. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 107, 103155, 2021.
- SILVA, N. G. de M. et al. Relação entre características morfológicas e produtivas de clones de palma-forrageira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 2389-2397, 2010.
- SILVA, W. A. da. **Atributos químico-bromatológicos, cinética de degradação e produção de gás de variedades de palma forrageira**. 2016. 70 p. Dissertação (Ciência Animal e Pastagens) – Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Garanhuns, Garanhuns-PE, 2016.
- SIQUEIRA, M. C. B. et al. Optimizing the use of spineless cactus in the diets of cattle: Total and partial digestibility, fiber dynamics and ruminal parameters. **Animal Feed Science and Technology**. v. 226, p. 56- 64, 2017.
- SOUZA, C.M.S. et al. Desempenho de ovelhas nativas em confinamento recebendo palma-forrageira na dieta na região do Semiárido nordestino. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 39, n. 5, p. 1146-1156, 2010.
- SUDENE, 2017. **Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste**, Nova delimitação Semiárido. Disponível em: [http://www.sudene.gov.br/images/arquivos/semiario/arquivos/Rela%C3%A7%C3%A3o\\_de\\_Munic%C3%ADpios\\_Semi%C3%A1rido.pdf](http://www.sudene.gov.br/images/arquivos/semiario/arquivos/Rela%C3%A7%C3%A3o_de_Munic%C3%ADpios_Semi%C3%A1rido.pdf).
- VAN DAM, A. R.; MAY, B. A new species of *Dactylopius Costa* (*Dactylopius gracilipilus* sp. nov.) (Hemiptera: Coccoidea: Dactylopiidae) from the Chihuahuan Desert, Texas, U.S.A. **Zootaxa**, p. 33-39, 2012.
- VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2ed. New York: Cornell University Press, 1994. 476 p.
- VANEGAS-RICO, J. M. et al. Enemigos naturales de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) en *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller en el centro de México. **Acta Zoológica Mexicana**, v. 26, n. 2, p. 415-433, 2010.
- VASCONCELOS, A. G. V. et al. Seleção de clones de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmim (*Dactylopius* sp). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 5, p. 827-831, 2009.
- WANDERLEY, W. L. et al. Palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) em substituição à silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) na alimentação de vacas leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 1, p. 273-281, 2002.
- WARUMBY, J. F. et al. **Pragas da palma** p. 71-72. 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: Ed. Universitária da UFPE, 258p, 2005.

## **CAPÍTULO II**

---

### **SELEÇÃO DE PROGÊNIES DE PALMA FORRAGEIRA IPA SERTÂNIA (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck) NO SERTÃO DE PERNAMBUCO**

## SELEÇÃO DE PROGÊNIES DE PALMA FORRAGEIRA IPA SERTÂNIA (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck) NO SERTÃO DE PERNAMBUCO

### RESUMO

O melhoramento genético da palma forrageira em prol da alimentação animal pode gerar ganhos consideráveis à pecuária na região Semiárida. Assim, objetivou-se selecionar progênies de palma IPA Sertânia por meio da avaliação de caracteres morfológicos, produtivos e nutricionais, bem como, pelo ganho genético e estimativa da repetibilidade dessas variáveis. O experimento foi conduzido no Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), em Arcoverde – PE. Foi utilizado delineamento inteiramente ao acaso, com seis repetições. Os tratamentos experimentais consistiram de 16 progênies da cultivar IPA Sertânia (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck), mais três cultivares (IPA Sertânia - progenitora, F21 e Miúda), totalizando 19 tratamentos, avaliados ao longo de duas colheitas de 14 meses de intervalo. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias das variáveis morfológicas e valor nutritivo comparadas à 5% de significância pelo teste Scott-Knott. As progênies apresentaram baixo índice de área de cladódio (0,83). Foi observada relação da altura e largura de planta com a produção de matéria seca (PMS), o que direcionou selecionar progênies morfológicamente mais altas e largas, visando produtividade. Houve variação de até 17,2 t MS ha<sup>-1</sup> aos 14 meses na PMS, destacando-se o grupo formado pelas progênies 8, 13, 14, F21, 19, 21 e 23, com a 19 produzindo 20,4 t MS ha<sup>-1</sup> aos 14 meses. Para o ganho genético, a progênie 19 se destacou, sendo selecionada em quatro variáveis morfológicas e na PMS. Foram observados coeficientes de repetibilidade (r) e determinação (R<sup>2</sup>) de alta magnitude para todas as características morfológicas avaliadas. Porém, estimativas com R<sup>2</sup> de 0,99 em vez de 0,90, tornou-se inviável em função do número de avaliações necessárias. Foi observada diferença (P<0,05) entre progênies para as variáveis matéria seca, matéria mineral, matéria orgânica, extrato etéreo, proteína bruta, proteína insolúvel em detergente neutro, hemicelulose, celulose, teor de carboidratos totais e digestibilidade *in vitro* da matéria seca. O grupo das progênies 8, 13, 14, F21, 19, 21 e 23 são superiores à progenitora e as mais promissoras nas variáveis produtivas, sendo recomendadas a seguirem para as próximas etapas do programa de melhoramento. Bem como, há variabilidade com possibilidade de seleção, aumentando o número de cladódio por planta com as progênies F21, 19 e 23.

**Palavras-chave:** cactácea, diversidade genética, morfologia, produção de forragem, semiárido

## SELECTION OF CACTUS PEAR PROGENIES IPA SERTANIA (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck) IN THE SERTÃO OF PERNAMBUCO

### ABSTRACT

The genetic improvement of forage cactus in order to animal feed can promote considerable gains for livestock in the semiarid region. The objective was to select IPA Sertânia forage cactus progenies through morphological, productive and nutritional characters, as well as the genetic gain and repeatability estimative of these variables. The experiment was performed at Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA), in Arcoverde - PE. A completely randomized design with six replications was applied. The experimental treatments consisted of 16 progenies of IPA Sertânia cultivar (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck) and three cultivars (IPA Sertânia - progenitor, F21, and Miúda), totaling 19 treatments, evaluated over two harvests with 14 months interval. Data were submitted to analysis of variance and the means of morphological variables and nutritional value were compared at 5% significance by Scott-Knott test. The progenies had a low cladode area index (0.83). There was a relationship between plant height and width and dry matter production (DMP), which led to select taller and wider morphologically progenies, aiming great productivity. There was variation up to 17.2 t DM ha<sup>-1</sup> in 14 months for DMP, highlighting the group formed by the progenies 8, 13, 14, F21, 19, 21, and 23, with the progenie 19 producing 20.4 t DM ha<sup>-1</sup> in 14 months. For the genetic gain, the progenie 19 also stood out, being selected in four morphological variables and for DMP. High magnitude repeatability (r) and determination (R<sup>2</sup>) coefficients were observed for all morphological characteristics evaluated. However, estimative with R<sup>2</sup> of 0.99 instead of 0.90 became unfeasible due to the number of evaluations required. Difference (P<0.05) was observed between progenies for dry matter, mineral matter, organic matter, ether extract, crude protein, neutral detergent insoluble protein, hemicellulose, cellulose, total carbohydrate content, and *in vitro* digestibility of the matter dry. The group of progenies 8, 13, 14, F21, 19, 21, and 23 are superior to the progenitor and more promising for productive variables, being recommended for the next stages of a breeding program. Furthermore, there is variability with the possibility of selection, increasing the number of cladodes per plant with progenies F21, 19, and 23.

**Keywords:** cactus, genetic diversity, morphology, forage production, semiarid



## 1. INTRODUÇÃO

O território brasileiro cobre uma área equivalente a 8.515.767,0 km<sup>2</sup> (IBGE, 2019), destes 1.128.697 km<sup>2</sup> abrange o Semiárido (SUDENE, 2017), correspondendo a 13,3% do total nacional e estendendo-se por nove estados da União, oito pertencentes a região Nordeste. O Semiárido do Brasil apresenta, como uma das características mais marcantes da região, precipitação pluvial ao longo do ano altamente variada, devido a mudanças temporais e espaciais das chuvas, na forma de eventos descontínuos, como pulsos de curta duração que ocorrem distribuídos em poucos meses durante o ano (MAGALHÃES et al., 2019). Estas características limitam a produção de forragem, sobretudo pelo elevado déficit hídrico nos solos, decorrente de valores de evapotranspiração superiores aos de precipitação anual (MARQUES et al., 2020).

Em função da sazonalidade climática, a atividade de sequeiro apresenta elevado risco para os produtores. O sistema fotossintético dos cactos, denominado CAM (“Crassulacean acid metabolism”), propicia maior capacidade de adaptação ao estresse hídrico, calor e radiação solar (ABIDI et al., 2009), de forma que o cultivo de espécies da família *Cactaceae* surge como importante alternativa para alimentação de animais ruminantes, sobretudo, algumas exóticas, como a palma forrageira, por apresentar maior produtividade em relação às espécies nativas.

Os avanços significativos obtidos através do melhoramento genético da palma em relação à produtividade, resistência e tolerância a pragas importantes que acometem a cultura, como a cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae* Cockerell), foram relatados por VASCONCELOS et al. (2009) e SANTOS et al. (2013). Muitos desses avanços ocorreram em função dos métodos de seleção utilizando características morfológicas, produtivas e fitossanitárias. Neste sentido, Freire et al. (2021) trabalharam com clones de diferentes espécies e níveis de resistência a cochonilha do carmim, dentre eles a IPA Sertânia (*Nopalea Cochenillifera* Salm-Dyck), classificada pelos autores como de alta resistência.

No melhoramento de plantas forrageiras, visando selecionar genótipos superiores, é necessária a avaliação de muitas características, processo que envolve muitas etapas e aumenta o custo com mão de obra e tempo, pela necessidade de se realizar muitas colheitas sucessivas, dada a variabilidade temporal no campo. Assim, a análise de

repetibilidade surge como alternativa essencial no melhoramento de plantas perenes, pois elevados coeficientes de repetibilidade demonstram confiabilidade na estimativa do número de medições necessárias para prever o valor verdadeiro das características avaliadas, além de contribuir positivamente para minimizar o custo com mão de obra e tempo na seleção de indivíduos promissores (RODRIGUES et al., 2020).

A avaliação morfológica da palma é crucial na identificação das espécies com melhores características agronômicas, tais como área do cladódio (CASAS et al., 2017) e produção (ROCHA et al., 2017). As dimensões dos cladódios estão muito relacionadas com as variações climáticas (MARQUES et al., 2017), outro fator de grande importância que também pode afetar a produção. Nesse sentido, Pinheiro et al. (2014) constataram que algumas características estruturais apresentam correlação com o índice de área do cladódio (IAC) da palma, como por exemplo a altura e largura da planta.

Em relação a suas características nutricionais, existe variação na composição química em função da idade da planta, época do ano, densidade de plantio, cultivar, adubação, manejo da colheita e fatores ambientais (DUBEUX JÚNIOR et al., 2010; SOUZA et al. al., 2017; PESSOA et al., 2020). Porém, algumas características, como os baixos teores de matéria seca, proteína bruta e fibras, e elevada digestibilidade (BATISTA et al., 2009; INÁCIO et al., 2020) são inerentes à própria palma forrageira.

Vários fatores podem influenciar a produtividade da palma, entre eles o ambiente e as práticas de manejo, tais como o espaçamento entre plantas, estação do ano, manejo de colheita, fertilização e cultivar (DUBEUX JÚNIOR et al., 2021). Santos et al. (2013), avaliando cultivares de palma aos dois anos de crescimento, em Arcoverde-PE, obtiveram 12,1 t de MS ha ano<sup>-1</sup> para a IPA Sertânia, sendo essa cultivar evidenciada entre as mais produtivas. Dubeux Júnior et al. (2015) relataram produtividade de até 30 t de MS ha ano<sup>-1</sup> em condições de sequeiro, além de 180 t de água ha ano<sup>-1</sup> armazenada nos cladódios.

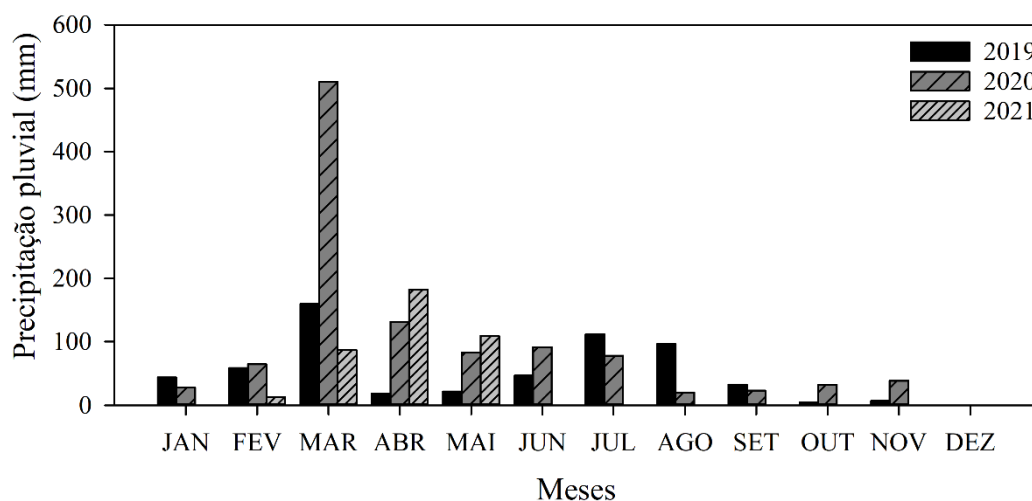
Diante desse contexto, Rezende et al. (2020) ressaltam a importância de várias espécies desta família como fonte de forragem para alimentação animal, desempenhando papel relevante na nutrição dos rebanhos, sobretudo durante a estação seca. DUBEUX JÚNIOR et al. (2010) ressaltam o cultivo da palma em larga escala nas propriedades destinadas a produção de leite no Nordeste brasileiro, sobretudo nas bacias leiteiras dos estados de Pernambuco e Alagoas.

Tendo em vista a importância da seleção de novas cultivares de palma forrageira, objetivou-se selecionar progênies de palma IPA Sertânia por meio da avaliação de caracteres morfológicos, nutricionais e produtivos.

## 2. MATERIAL E METÓDOS

O experimento foi realizado na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), de janeiro 2019 a maio de 2021 (28 meses), na Mesorregião do Sertão e Microrregião Sertão do Moxotó (8°25' S, 37°02' W; 750 m), localizado no município de Arcoverde, estado de Pernambuco, Brasil.

O clima é classificado como Semiárido (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, 2005), altitude de 750 m, precipitação pluvial média anual e temperatura média de 680 mm e 23,7 °C, respectivamente (IBGE, 2015). A precipitação pluvial registrada no período experimental foi de 599,8 (2019); 1.099,0 (2020) e 390,7 mm (janeiro a maio de 2021) (Figura 1). O solo é classificado como Neossolo Regolítico.



**Figura 1.** Precipitação pluvial mensal (mm) durante o período experimental (janeiro de 2019 à maio de 2021), em Arcoverde – PE.

Fonte: APAC, 2022. <http://old.apac.pe.gov.br>

As progênies avaliadas foram geradas pelo programa de melhoramento genético de palma forrageira do IPA na própria estação experimental. Essas progênies são resultante de hibridação natural da variedade IPA Sertânia (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck), popularmente conhecida como “mão de moça”, via polinização livre. Para isso foram gerados 800 genótipos, inicialmente, multiplicadas via sementes, as quais passaram por uma pré-seleção que permitiu obter as progênies do presente experimento. As progênies pré-selecionadas, consideradas como resistentes a cochonilha do carmim, foram plantadas em uma área de multiplicação para produção dos cladódios-sementes a serem utilizados no experimento.

O plantio foi realizado em 09 de janeiro de 2019, utilizando-se cladódios maduros, plantados em cova, no sentido vertical, com espaçamento 1,2 x 0,4 m, equivalente à densidade de 20.833 plantas ha<sup>-1</sup>. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com seis repetições e três plantas por parcela (planta central considerada como área útil e as demais como bordadura). Os tratamentos foram constituídos de 16 progênies, mais três cultivares (prováveis pais: IPA Sertânia (progenitora), F21 e Miúda), totalizando 19 tratamentos. As progênies foram nomeadas de P1 a P23. Vale ressaltar que as 23 foram pré-selecionadas entre 800 genótipos, porém, resultaram em 19, com a remoção das progênies P11, P15, P16 e P20 por terem apresentado algum nível de infestação por cochonilha do carmim. Antes do plantio, amostras de solo (0 a 20 cm de profundidade) foram coletadas para análise de fertilidade (Tabela 1). No plantio, foi realizada adubação orgânica com 20 t de esterco bovino e, periodicamente, realizadas capinas manuais para eliminação de plantas invasoras.

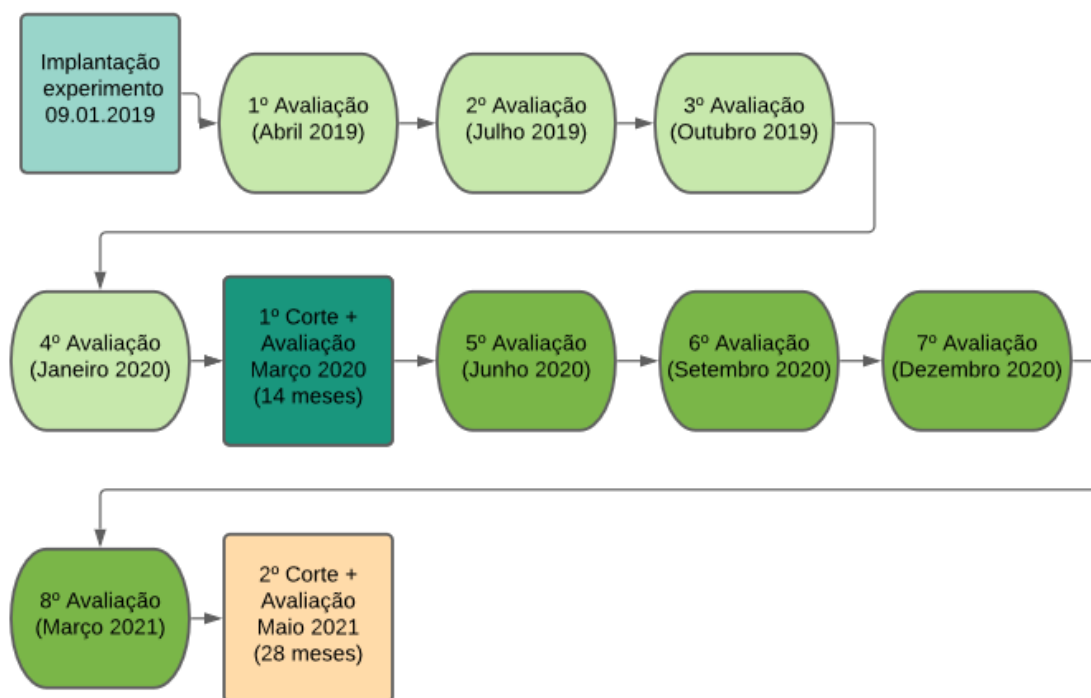
**Tabela 1.** Características químicas do solo experimental, Arcoverde-PE

pH (H <sub>2</sub> O)	P	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup>	H	SB	CTC	V
	mg/dm <sup>3</sup>	----- cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> -----								%
5,1	56	1,75	1,0	0,03	0,34	0,35	6,74	3,1	10,2	31

Amostra de solo coletadas na camada de 0 – 20 cm. SB = saturação por bases, CTC = capacidade de troca de cátions, V% = percentagem por saturação de bases.

A avaliação da curva do crescimento vegetativo foi realizada durante 28 meses, por meio de avaliações morfológicas (não destrutivas), a cada três meses, bem como duas colheitas experimentais, a cada 14 meses, totalizando oito avaliações com medidas

repetidas no tempo a cada três meses e mais duas avaliações com dois meses de intervalo, após a quarta e oitava avaliações de três meses e os cortes experimentais (Figura 2).



**Figura 2.** Linha do tempo durante o período experimental (janeiro de 2019 à maio de 2021), em Arcoverde – PE.

Por meio de fita métrica e paquímetro foram avaliadas as seguintes variáveis: altura da planta (AP), largura da planta (LP), largura do cladódio (LC), comprimento do cladódio (CC), perímetro do cladódio (PC) e espessura de cladódio (EC). Além disso, foram quantificados os números de cladódios por planta (NCP), e estimados as áreas de cladódio (AC) e o índice de área de cladódio (IAC).

Para a estimativa da área de cladódios (AC) foi utilizada a equação específica para a palma IPA Sertânia, sugerida por SILVA et al. (2014):

$$AC = 1,6691(1 - \exp(0,0243 \times PC)) / (-0,0243)$$

em que:

PC = Perímetro do cladódio.

Para o índice de área de cladódios, utilizou-se a seguinte equação:

$$IAC = \left( \frac{AC * NCP}{4800} \right) * 2$$

em que:

AC = Área do cladódio; NCP = número de cladódios por planta; 4800 = área ocupada por planta (cm<sup>2</sup>).

Para estimativa da altura média das plantas, foi considerado o comprimento do solo até o ápice do cladódio mais alto e, para a largura da planta, a média do comprimento de duas medidas entre os cladódios mais extremos. Para as avaliações referentes aos cladódios, utilizou-se o valor médio obtido na avaliação de dois cladódios representativos por ordem, sendo considerada até a quarta ordem. O perímetro foi obtido pelo contorno do cladódio com fita métrica.

A produção de matéria verde foi obtida da pesagem do material *in natura* de todos os cladódios (a partir da segunda ordem), e esta quando multiplicada pelo teor de matéria seca (MS) obteve-se a produção de matéria seca. A porcentagem de MS foi obtida pela secagem em estufa com circulação forçada de ar, a 55 °C, até peso constante. A estimativa da PMS por hectare levou em consideração a produção individual e a densidade de plantas por hectare (t de MS ha<sup>-1</sup> por 14 meses).

Foram estimados os coeficientes de repetibilidade ( $r$ ) pela análise de variância (ANOVA) (CRUZ; CARNEIRO e REGAZZI, 2014), para as características morfológicas, objetivando a determinação do número de avaliações necessárias para uma seleção fenotípica mais eficiente. O modelo estatístico foi:  $Y_{ij} = \mu + g_i + \varepsilon_{ij}$ , onde:  $Y_{ij}$ : observação referente ao  $i$ -ésimo tratamento no  $j$ -ésimo repetição;  $\mu$ : média geral;  $g_i$ : efeito de genótipo  $i$  sob influência permanente do ambiente; e  $\varepsilon_{ij}$ : erro aleatório envolvendo outras causas de variação não incluídas no modelo. Neste modelo, o coeficiente de repetibilidade para cada característica foi obtido por:

$$r = \frac{C\hat{o}v(Y_{ij}, Y_{ij'})}{\sqrt{\hat{V}(Y_{ij})\hat{V}(Y_{ij'})}} = \frac{\hat{\sigma}_G^2}{\hat{\sigma}_Y^2} = \frac{\hat{\sigma}_G^2}{\hat{\sigma}^2 + \hat{\sigma}_E^2}$$

Resende (2015) classificou os coeficientes de repetibilidade em três categorias, baixo ( $r \leq 0,3$ ); médio ( $0,3 < r < 0,6$ ) e alto ( $r \geq 0,6$ ). A quantidade mínima de medições necessárias nas características avaliadas para estimar seu valor real ( $\eta_0$ ), com base em coeficientes de determinação ( $R^2$ ) pré-estabelecidos (0,80, 0,85, 0,90, 0,95 e 0,99), foi obtido por:  $\eta_0 = [R^2(1 - r)] / [(1 - R^2)r]$ . Com base na média de  $\eta$  avaliações ( $\eta = 8$ ) e na estimativa de  $r$ , o  $R^2$  foi calculado de acordo com a expressão:  $R^2 = \eta r / [1 + r(\eta - 1)]$ , onde  $\eta$  é o número de medições necessárias e  $r$  é o coeficiente de repetibilidade.

Foi realizada seleção direta e indireta para as variáveis NCP, AP, LP, LC, CC, PC, EC, AC, IAC e PMS. Os valores de ganho de seleção foram estimados segundo metodologia Falconer (1981) e Vencovsky (1969) de acordo com o parâmetro de seleção 10% segundo tabela XX de Fisher & Yates (1971), selecionando-se os três melhores genótipos entre as progênies avaliadas.

Para a seleção direta, a predição do ganho de seleção para cada variável foi obtida por:

$$RS = DS \frac{\hat{\sigma}_G^2}{\hat{\sigma}_F^2}$$

em que,

RS é a resposta à seleção;

DS é o diferencial de seleção;

$\hat{\sigma}_G^2$  é a variância genotípica;

$\hat{\sigma}_F^2$  é a variância fenotípica ao nível de médias.

As análises químicas bromatológicas foram realizadas nos Laboratórios de Forragicultura Prof. Iderval Farias e Nutrição Animal Prof. Silvio Parente Viana, pertencentes ao Departamento de Zootecnia, da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Visando uma melhor representatividade, as amostras referentes a cada

progênie foram compostas, obedecendo à proporção de cada ordem de cladódio na planta *in natura*.

Foram realizadas análises de matéria seca (MS) (930.15), matéria orgânica (MO) (942.05), matéria mineral (MM) (942.05), proteína bruta (PB) (954.01) e extrato etéreo (EE) (Sohxlet) (920.39), de acordo com a metodologia descrita pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2019). As análises de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e FDN corrigida para cinzas e proteína (FDNcp) foram realizadas de acordo com VAN SOEST et al. (1963a), com modificações propostas por SENGER et al. (2008), no qual foi utilizada autoclave com temperatura a 110 °C por 40 minutos. Para estimativa dos teores de lignina, as amostras foram imersas em ácido sulfúrico a 72%, visando à solubilização da celulose, e obtendo a lignina digerida em ácido (LDA), conforme metodologia proposta por VAN SOEST et al. (1963b), e as frações de hemicelulose (HEM) e celulose (CEL) foram estimadas pelas equações:  $HEM = FDN - FDA$  e  $CEL = FDA - LDA$ , respectivamente. A proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) foi calculada por meio da multiplicação dos valores de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) por 6,25.

Os carboidratos totais (CHOT) foram calculados conforme SNIFFEN et al. (1992), em que  $CHOT = 100 - (PB + EE + MM)$ , e fracionados em A+B1, B2 e C, sendo os carboidratos não-fibrosos (CNF), que correspondem às frações A+B1, pela diferença entre os CHOT e a FDNcp. A fração B2, que corresponde à fração disponível da fibra, foi obtida pela diferença entre a FDNcp e a fração C. Já a fração C, representada pela fibra indigestível, foi obtida pela equação:  $C = FDN * 0,01 * LIG * 2,4/CHOT$ .

Para a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), seguiu-se a metodologia descrita por TILLEY & TERRY (1963), seguindo as modificações descritas por HOLDEN (1999), com a solução tampão proposta por McDOUGALL (1948), com o uso do rúmen artificial DAISY<sup>II</sup> Incubator (ANKOM<sup>®</sup> Technology) e líquido ruminal de bovino. A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foi obtida por meio da seguinte equação:



$$\text{DIVMS (\%)} = \left[ 100 - \left( \frac{w3 - (w1*w4)}{w2} \right) \right] * 100$$

Onde:

W1 = peso da tara dos sacos TNT;

W2 = peso das amostras;

W3 = peso dos sacos TNT final após as 24 h de digestão com Pepsina + HCL;

W4 = correção dos sacos TNT em branco (peso do saco TNT em branco após as 24 h de digestão com Pepsina + HCL /peso do saco TNT inicial).

Para análise dos dados, inicialmente foi verificada as premissas da análise de variância (ANOVA). As variáveis morfológicas, altura de planta, perímetro de cladódio e espessura de cladódio não atenderam as premissas de normalidade (Teste Cramer-von Mises  $p \leq 0,05$ ) e homocedasticidade (teste de Bartlett). AP, PC e EC foram transformadas seguindo a recomendação de Boxcox para Raiz de x. Foi realizada a média para as características de comprimento, largura e espessura do cladódio. Em seguida, os dados de morfologia e composição foram submetidos a ANOVA. Quando o teste F na ANOVA foi significativo, as médias das características foram submetidas ao teste de Scott-Knott. O nível de significância adotado foi de 5% de probabilidade. Foi utilizando o software RStudio, versão 1.4.1717 (RSTUDIO TEAM, 2020).

Foi realizada análise de repetibilidade, bem como, seleção direta e indireta para cada característica, aplicando intensidade de seleção de 10% na identificação dos três melhores genótipos de palma forrageira, ambas análises com auxílio do software Genes - Aplicativo Computacional em Genética e Estatística (CRUZ, 2016).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre as progênies quanto ao número de cladódios por planta (NCP), altura da planta (AP), largura da planta (LP), largura de cladódio (LC), comprimento de cladódio (CC), área de cladódio (AC), índice de área de cladódio (IAC), produção de massa verde (PMV) e produção de matéria seca (PMS)

(Tabela 2). Não houve diferença significativa ( $P>0,05$ ) para perímetro de cladódio (PC) e espessura de cladódio (EC).

Em relação às variáveis morfológicas das plantas, a AP variou entre 100,08 e 50,90 cm (Tabela 2), sendo as progênies 8, 13, 14, F21, 19, 21 e 23 no grupo de maior altura. Dentre estas, três progênies (F21, 19 e 21) também apresentaram as maiores larguras de planta. Assim, pode-se observar a relação entre AP e LP, de modo que as plantas maiores também tendem a ser mais largas. No presente trabalho observa-se uma grande variação em relação à altura de planta (Tabela 2). Contudo, esta variável sofre influência das condições climáticas e valores superiores aos 69,4 cm foram obtidos por SILVA et al. (2015), em avaliação do crescimento da IPA Sertânia em função das variáveis meteorológicas.

As maiores LP foram encontradas nas progênies F21 (99,8 cm), 19 (106,7 cm) e 21 (98,8 cm), valores estes superiores ao intervalo de 76,3 a 95,5 cm obtidos por AMORIM et al. (2015), após caracterizar morfológicamente variedades de *Nopalea*, visando identificar características morfológicas que podem ser foco em programas de melhoramento genético. Por outro lado, plantas mais estreitas (48,9 cm) foi obtida para IPA Sertânia por PEREIRA et al. (2015), até mesmo sob condições de irrigação, ao avaliarem diferentes condições hídricas. A característica largura da planta é de suma importância para dimensionar o espaçamento de plantio. Assim, um maior adensamento poderá ser utilizado nas variedades com menor desenvolvimento horizontal, a exemplo da IPA Sertânia. Por outro lado, maiores espaçamentos devem ser destinados para genótipos de maior desenvolvimento lateral, tendo em vista favorecer seu desenvolvimento e a adoção de práticas culturais, tais como adubações, capinas e colheitas (FERRAZ, 2018).

**Tabela 2.** Características morfológicas e produtivas de progênies de palma forrageira IPA Sertânia (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck), Arcoverde - PE

Tratamento	NCP	AP (cm)	LP (cm)	LC (cm)	CC (cm)	AC (cm <sup>2</sup> )	IAC	PMS (t MS ha <sup>-1</sup> 14 meses)
Progênie 1	14,0B	67,4B	69,0C	7,9B	15,4B	107,3B	0,7B	8,8B
Progênie 2	11,4C	75,9B	87,6B	11,8A	22,6A	195,7A	1,0A	10,9B
Progênie 3	12,4C	70,6B	75,8C	9,4B	18,0B	135,5B	0,7B	11,5B
Progênie 4	8,5C	60,2C	74,4C	10,9A	16,8B	125,6B	0,4B	8,5B
Progênie 5	15,5B	62,5C	66,5C	9,6B	15,8B	118,5B	0,9A	10,1B
IPA Sertânia*	3,3D	51,3C	57,1C	10,3A	20,6A	204,1A	0,4B	3,2B
Progênie 7	10,0C	74,5B	74,4C	8,7B	20,0A	149,1B	0,6B	6,4B
Progênie 8	15,8B	80,5A	90,7B	8,9B	20,4A	155,4B	1,0A	12,6A
Progênie 9	10,4C	72,1B	63,9C	10,2A	16,1B	119,6B	0,5B	7,5B
Progênie 10	16,5B	61,9C	76,4C	8,7B	17,0B	127,2B	0,9A	9,3B
Miúda	9,4C	50,9C	61,6C	7,6B	14,7B	101,6B	0,4B	7,5B
Progênie 13	16,9B	89,6A	87,9B	9,5B	18,2B	137,9B	1,0A	13,8A
Progênie 14	17,7B	91,4A	89,3B	9,2B	17,8B	134,4B	1,0A	15,2A
Progênie 17	12,7C	66,6B	69,8C	10,2A	18,2B	139,1B	0,8B	9,6B
F21	19,8A	85,8A	99,8A	9,3B	19,1A	141,5B	1,2A	13,4A
Progênie 19	20,4A	100,1A	106,7A	9,3B	17,9B	132,7B	1,1A	20,4A
Progênie 21	15,8B	96,6A	98,8A	9,6B	18,2B	136,4B	0,9A	17,6A
Progênie 22	14,9B	69,8B	77,5C	9,7B	18,7A	142,2B	0,9A	9,6B
Progênie 23	22,3A	87,7A	84,0B	9,2B	17,5B	126,6B	1,2A	15,0A
CV (%)	45,0	20,7	23,8	20,8	21,0	30,7	53,6	61,5

NCP=número de cladódios por planta; AP=altura da planta; LP=largura da planta; LC=largura de cladódio; CC=comprimento de cladódio; AC=área de cladódio; IAC=índice de área de cladódio; PMS=produção de matéria seca; CV=coeficiente de variação. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). \*Progenitora IPA SERTÂNIA. Média de oito avaliações com seis repetições.

As progênies F21, 19 e 23 apresentaram as maiores brotações, com médias de 20, 20 e 22 cladódios por planta, respectivamente, enquanto que, a IPA Sertânia emitiu a menor brotação (NCP=3). O NCP é uma característica extremamente importante para a produção de forragem e propagação da palma forrageira (PAIXÃO, 2012), visto que se trata de uma cultura propagada vegetativamente via cladódios.

A progênie 2 e a IPA Sertânia se destacaram em relação LC e CC, resultando também em maior AC (Tabela 2), embora não tenha sido observada diferença significativa ( $P>0,05$ ) para o PC. Em relação à morfologia dos cladódios, EDVAN et al. (2020), mensurando largura e comprimento de cladódios obtiveram 19,2 e 42,8 cm para IPA Sertânia, valores superiores aos obtidos no presente estudo. É importante frisar que ocorre variações nas dimensões em função do gênero, espécie e tipo de manejo utilizado. Segundo CUNHA et al. (2020), comprimento e largura de cladódio são as características morfológicas que apresentam maior potencial para seleção em programas de melhoramento da palma.

Os valores de IAC obtidos (Tabela 2) podem ser considerados baixos, pois, cultivos com 20.000 plantas por hectare normalmente encontram-se entre 2 e 3, aumentando para 4 a 6 em cultivos mais adensados, entre 35.000 e 60.000 plantas  $ha^{-1}$  (SAMPAIO et al. 2020). Segundo os autores, esse maior adensamento resulta em menor fotossíntese por planta, porém, há compensação na produção em função do aumento da densidade de plantas. As variáveis NCP e AC são utilizadas para calcular o IAC, porém, pode-se observar a grande influência do NCP sobre o IAC, como ocorreu para a progenitora IPA Sertânia que, embora, juntamente a progênie 2, tenham apresentado as maiores AC, seu IAC foi limitado pelo menor NCP (3).

Para a produção de matéria seca, destaca-se o grupo formado pelas progênies 8, 13, 14, F21, 19, 21 e 23. Considerando a amplitude de variação, a progênie 19 com 20,4 e a IPA Sertânia com 3,2 t MS  $ha^{-1}$  14 meses, houve variação de até 84,5%, o que permite destacar genótipos mais promissores quanto a produtividade do ponto de vista seletivo.

As características estruturais da palma são importantes para adequar as práticas de manejo. Características como AP e LP estão fortemente relacionadas com a produção de matéria seca. Neste contexto, SILVA et al. (2010) relataram a importância da seleção de clones mais altos e mais largos, quando o principal objetivo do programa de

melhoramento for aumentar a PMS. Com relação ao arranjo das plantas, visando facilitar as práticas de manejo e colheita, SANTOS et al. (2010) recomendam que o adensamento seja feito na linha, deixando-se mais espaço entre linhas. Além disso, Dubeux Júnior et al. (2021) relataram que outras características e práticas de manejo também podem interferir na produtividade, manejo de colheita, fertilização e cultivar.

Dentre as dificuldades do melhoramento de plantas forrageiras, pode-se considerar o elevado número de características a serem avaliadas, bem como o elevado intervalo de tempo de avaliação, notadamente em plantas de velocidade de crescimento lenta, como plantas CAM. Assim, a estimativa do número de avaliações necessárias para a confiabilidade na acurácia das avaliações assume relevância em tais programas de melhoramento. A análise de repetibilidade permite esse tipo de avaliação com certa facilidade e precisão (TOEBE et al., 2020). Resende (2015) classificou as estimativas de coeficiente de repetibilidade ( $r$ ) como baixos ( $r \leq 0,3$ ), médios ( $0,3 < r < 0,6$ ) e altos ( $r \geq 0,6$ ).

Foram observados coeficientes de repetibilidade ( $r$ ) e determinação ( $R^2$ ) de alta magnitude para todas as características morfológicas das progênies e IPA Sertânia (Tabela 3). Neste sentido, estimou-se que entre uma a quatro avaliações foi possível prever o valor real de NCP, AP, LP, LC, PC e EC com  $R^2 = 0,90$ , já para alcançar  $R^2 = 0,95$ , necessitaria de duas a nove medições. O número de medições necessárias para um  $R^2 = 0,99$  foi considerado inviável, por ser um número de medições muito alto (de 12 a 47) para todas as características avaliadas com medidas repetidas no tempo, a cada três meses.

**Tabela 3.** Coeficiente de repetibilidade ( $r$ ) e de determinação ( $R^2$  %) e número de medições necessárias ( $\eta_0$ ) para características morfológicas de progênies da palma forrageira IPA Sertânia (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck), Arcoverde-PE

Características	Repetibilidade		$\eta_0$				
	$r$	$R^2$	0,80	0,85	0,90	0,95	0,99
Número de cladódios por planta (NCP)	0,74	95,74	2	2	3	7	35
Altura da planta (AP)	0,89	98,46	1	1	1	2	12
Largura da planta (LP)	0,86	97,97	1	1	1	3	16
Largura de cladódio (LC)	0,84	97,72	1	1	2	4	19
Comprimento de cladódio (CC)	0,83	97,55	1	1	2	4	20
Perímetro de cladódio (PC)	0,84	97,73	1	1	2	4	18
Espessura de cladódio (EC)	0,68	94,45	2	3	4	9	47

Segundo Rodrigues et al. (2020), altos coeficientes de repetibilidade demonstram confiabilidade na estimativa do número de medições necessárias para prever o valor verdadeiro das características avaliadas. Portanto, coeficientes de repetibilidade elevados são desejados, pois quanto maior o  $r$ , menor será o número de medições necessárias para atingir o valor genotípico de um indivíduo (SOARES et al., 2017; RODRIGUES et al., 2020). O coeficiente de repetibilidade demonstra características de um genótipo com capacidade de se repetir em medidas sucessivas de um indivíduo, enquanto que o  $R^2$  indica a precisão do valor real de um genótipo individual (FIGUEIREDO et al., 2019).

Entre uma e quatro observações seriam suficientes para predição do valor real das demais características avaliadas ( $R^2 = 0,90$ ). Ao considerar  $R^2 = 0,95$ , duas a nove medições satisfariam para predizer medições de todas as características, mas aumentando a precisão em 5% as medições para NCP e EC mais que duplicariam, o que não é vantajoso, visto que o objetivo é alcançar medições com precisões desejadas ( $\geq 80\%$ ) e que viabilizem o trabalho com mão de obra, recursos financeiros e principalmente tempo. Então, é possível manter uma precisão de 90% ( $R^2 = 0,90$ ), mesmo reduzindo o número de medições de sete para três para o NCP e de nove para quatro medições ao avaliar a EC.

Na avaliação de plantas forrageiras, a repetibilidade é um parâmetro genético de grande impacto em estudos com melhoramento (JANK et al., 2014). Esses resultados são muito importantes, visto que não foi encontrado na literatura informações com o número mínimo de medições necessárias, fazendo uso da análise de repetibilidade para características morfológicas da palma forrageira. Nesse contexto, Jank et al. (2014) citaram que o estudo com melhoramento genético de forrageiras tropicais ainda é muito recente, quando comparado a forrageiras temperadas.

Com intensidade de seleção de 10%, os valores da seleção direta para o ganho genético foram maiores comparados ao ganho indireto em todas as variáveis, o que resultou em melhores ganhos individuais, com possibilidade de seleção (Tabela 4).

As variáveis NCP, AP, LP e IAC apresentaram ganho positivo quando correlacionada com a PMS. Já para as demais variáveis o ganho foi negativo, visto que essas variáveis estão relacionadas aos cladódios em si e não a planta inteira, possivelmente, devido a uma forte herança genética da mãe (IPA SERTÂNIA) que apresenta cladódios com formato mais obovalados e largos, apresentou menor número de cladódios, maior comprimento de cladódio, menor altura de planta, crescimento lento e, conseqüentemente, menor produção do que as progênies, comprovando a eficiência no cruzamento com as demais progênies (Tabela 4).

**Tabela 4.** Estimativa de ganhos genéticos diretos e indiretos (%) e seleção de progênies de palma forrageira IPA Sertânia (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck), pelo método de seleção direta (valores na diagonal, em negrito) e indireta para as características morfológicas e produtivas, Arcoverde-PE

Variáveis	NCP	AP	LP	LC	CC	PC	EC	AC	IAC	PMS	Progênies selecionadas
NCP	<b>40,3</b>	20,3	18,3	-1,5	0,4	-0,2	1,8	-2,7	32,4	36,0	F21; 19; 23
AP	23,2	<b>26,2</b>	19,8	-0,8	-0,4	0,2	-0,8	-2,2	17,2	46,3	14; 19; 21
LP	27,4	23,9	<b>23,5</b>	-0,6	1,2	0,8	2,4	-0,9	23,5	42,0	F21; 19; 21
LC	-38,0	-14,6	-6,9	<b>10,9</b>	7,3	6,5	3,4	20,3	-20,1	-24,9	2; 4; IPA Sertânia*
CC	-23,2	-6,4	-1,2	6,0	<b>11,8</b>	9,1	4,3	25,8	-2,3	-15,5	2; IPA Sertânia*; 8
PC	-23,2	-6,4	-1,2	6,0	11,8	<b>9,1</b>	4,3	25,8	-2,3	-15,5	2; IPA Sertânia*; 8
EC	-6,6	-2,4	3,1	0,3	7,5	4,9	<b>5,0</b>	15,8	4,5	-9,6	IPA Sertânia*; 8; F21
AC	-23,2	-6,4	-1,2	6,0	11,8	9,1	4,3	<b>25,8</b>	-2,3	-15,5	2; IPA Sertânia*; 8
IAC	40,3	20,3	18,3	-1,5	0,4	-0,2	1,8	-2,7	<b>32,4</b>	36,0	F21; 19; 23
PMS	23,2	26,2	19,8	-0,8	-0,4	0,2	-0,8	-2,2	17,2	<b>46,3</b>	14; 19; 21

NCP=número de cladódios por planta; AP=altura da planta; LP=largura da planta; LC=largura de cladódio; CC=comprimento de cladódio; PC=perímetro de cladódio; EC=espessura de cladódio; AC=área de cladódio; IAC=índice de área de cladódio; PMS=produção de matéria seca. \*Progenitora IPA Sertânia.



Os maiores ganhos foram para NCP, IAC e PMS. A progênie 19 foi selecionada em cinco variáveis, entre elas quatro morfológicas e a PMS, com exceção da LC, CC, PC, EC e AC que se mostraram superiores na progenitora IPA Sertânia. O objetivo principal dos programas de melhoramento genético é a aquisição de progênies superiores com características de interesse econômico, apresentando ganhos genéticos significativos, utilizando métodos de seleção direta e indireta para determinadas características estratégicas, embora exista a possibilidade de correlações genéticas entre as características, principalmente se negativas, que podem resultar de forma indesejada (FERREIRA, 2012).

Foi observada diferença ( $P < 0,05$ ) entre progênies para as variáveis matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) (Tabela 5).

O maior teor de MS foi observado para a progenitora Miúda (124,7 g MS/kg MN). O teor de MS da palma pode ser altamente influenciado pelas condições ambientais, principalmente, devido à formação das raízes adventícias em resposta a umidade disponível no solo, sendo uma característica adaptativa importante para que as cactáceas respondam rapidamente a pequenos eventos de chuva. Em função dessa resposta, pode ser constatada uma redução no teor de MS em função do acúmulo de água nos tecidos. Snyman (2006) evidencia que, embora o sistema radicular da palma seja pouco profundo, este é extenso lateralmente, dando elevado volume de raízes.

**Tabela 5.** Valor nutritivo de progênies da palma forrageira IPA Sertânia (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck), Arcoverde - PE

Tratamento	MS <sup>1</sup>	MM <sup>2</sup>	MO <sup>2</sup>	EE <sup>2</sup>	PB <sup>2</sup>	PIDN <sup>3</sup>	DIVMS <sup>2</sup>
Progênie 1	92,8B	104,8B	895,2A	23,7B	46,2B	120,4B	950,1A
Progênie 2	82,8C	123,1A	876,9B	31,2A	64,0A	110,4B	947,0A
Progênie 3	102,5B	115,7A	884,3B	28,3A	54,3A	121,8B	951,3A
Progênie 4	91,9B	123,1A	876,9B	21,3B	53,5A	154,2A	944,2A
Progênie 5	94,4B	95,5B	904,5A	27,2A	60,2A	123,8B	950,9A
IPA Sertânia*	88,4C	121,0A	879,0B	19,9B	60,1A	114,0B	945,4A
Progênie 7	80,3C	115,2A	884,8B	32,1A	53,6A	116,7B	920,9B
Progênie 8	77,9C	107,2B	892,8A	28,1A	52,0A	110,7B	936,8A
Progênie 9	86,9C	121,8A	894,2A	21,6B	53,1A	100,5B	937,6A
Progênie 10	96,2B	106,7B	893,3A	20,8B	57,2A	110,0B	938,8A
Miúda	124,7A	101,1B	898,9A	17,1B	42,7B	161,2A	947,3A
Progênie 13	81,4C	111,6A	888,4B	22,4B	47,6B	116,6B	918,0B
Progênie 14	97,7B	110,9A	889,1B	26,9A	42,9B	125,2B	927,6B
Progênie 17	76,4C	109,2B	890,8A	21,7B	48,2B	146,8A	934,2B
F21	74,0C	112,0A	888,0B	29,4A	51,0B	131,7B	933,7B
Progênie 19	81,8C	103,6B	896,4A	23,8B	47,9B	112,7B	933,9B
Progênie 21	77,6C	105,6B	894,4A	27,0A	53,0A	103,3B	938,8A
Progênie 22	78,4C	105,4B	894,6A	21,2B	54,2A	90,5B	922,1B
Progênie 23	82,7C	95,6B	904,4A	22,6B	47,8B	115,8B	926,8B
Média Geral	87,8	110,0	890,9	24,5	52,1	120,3	937,1
CV (%)	9,5	10,5	1,0	17,5	14,3	13,1	1,1

MS=matéria seca; MM=matéria mineral; MO=matéria orgânica; EE=extrato etéreo; PB=proteína bruta; PIDN=proteína insolúvel em detergente neutro. <sup>1</sup>g MS/kg Matéria Natural; <sup>2</sup>g/kg MS; <sup>3</sup>g/kg PB. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ( $P<0,05$ ). \*Progenitora IPA Sertânia.

Os valores de MO obtidos para as progênies, em média 890,9 g/kg MS, foram superiores as 789 e 860 g/kg MS quantificados por Lopes et al. (2017) e Siqueira et al. (2018) ao avaliarem a *Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck na alimentação de ruminantes. Apesar do elevado teor de MM ser uma característica da palma forrageira, progênies que apresentem maior MO (fração composta por carboidratos, lipídios, proteínas e vitaminas) são interessantes para atender a demanda nutricional dos animais.

Teores de PB abaixo dos 7% mínimos para a manutenção da microbiota ruminal (Van Soest, 1994) é uma característica inerente à própria palma forrageira. Entre as progênies, o teor médio foi de 52,1 g PB/kg MS com os maiores valores quantificados para as progênies 2, 3, 4, 5, IPA Sertânia, 7, 8, 9, 10, 21 e 22. Plantas jovens tendem a apresentar maiores teores de PB, nesse sentido, Astello-García et al. (2015) relataram que diferenças no teor de PB entre cladódios mais jovens e maduros podem estar relacionadas ao espessamento da cutícula, de forma que cladódios mais maduros apresentam expansão do parênquima de armazenamento de água em relação ao conteúdo celular. Porém, independente da progênie os valores obtidos são considerados baixos para atender o mínimo de 70 g/kg MS, e semelhante as 59 g/kg MS registrado por Rocha Filho et al. (2021).

Não foi observada diferença ( $P>0,05$ ) para as variáveis fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), fibra em detergente ácido (FDA), lignina digerida em ácido (LDA), carboidratos não fibrosos (CNF) e carboidratos fibrosos (CF) (Tabela 6). Houve diferença ( $P<0,05$ ) para hemicelulose (HEM) e celulose (CEL) (Tabela 6).

**Tabela 6.** Compostos fibrosos de progênies da palma forrageira IPA Sertânia (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck), Arcoverde - PE

Tratamento	FDN <sup>2</sup>	FDNcp <sup>2</sup>	FDA <sup>2</sup>	LDA <sup>2</sup>	HEM <sup>2</sup>	CEL <sup>2</sup>	CNF <sup>2</sup>	CF <sup>2</sup>
Progênie 1	308,8A	218,2A	124,4A	11,1A	184,1B	111,7A	609,1A	218,2A
Progênie 2	294,0A	180,9A	137,1A	13,4A	168,5B	123,8A	594,2A	180,9A
Progênie 3	361,7A	192,3A	119,2A	16,0A	243,4A	103,2B	609,4A	192,3A
Progênie 4	310,4A	168,5A	131,6A	14,3A	178,1B	117,3A	600,1A	196,7A
Progênie 5	315,7A	174,6A	126,8A	15,7A	162,7B	110,1B	635,8A	174,6A
IPA Sertânia*	317,7A	157,6A	118,2A	11,2A	202,6A	106,9B	549,1A	205,6A
Progênie 7	335,2A	187,5A	131,9A	18,7A	187,8B	113,2A	611,6A	187,5A
Progênie 8	304,9A	174,6A	159,6A	14,8A	145,3B	118,0A	624,8A	191,8A
Progênie 9	320,3A	204,1A	148,4A	13,8A	171,9B	128,4A	599,5A	204,1A
Progênie 10	318,7A	209,5A	127,8A	13,0A	209,4A	114,8A	605,9A	209,5A
Miúda	313,5A	190,9A	89,2A	8,1A	228,3A	81,1C	665,2A	177,9A
Progênie 13	282,5A	188,5A	148,3A	16,8A	172,8B	131,5A	629,9A	188,5A
Progênie 14	307,0A	166,6A	132,6A	13,6A	174,4B	119,0A	640,4A	180,3A
Progênie 17	260,0A	116,3A	131,3A	13,4A	135,0B	117,8A	705,6A	116,3A
F21	298,6A	160,6A	125,0A	13,9A	203,2A	106,5B	632,5A	160,6A
Progênie 19	288,2A	176,0A	135,4A	16,0A	170,2B	119,4A	648,6A	176,0A
Progênie 21	301,1A	186,7A	138,6A	15,8A	163,7B	119,2A	623,8A	186,7A
Progênie 22	299,4A	219,4A	125,4A	14,4A	173,7B	108,0B	599,8A	219,4A
Progênie 23	283,1A	170,8A	127,6A	9,8A	155,6B	120,4A	658,0A	170,8A
Média Geral	306,3	181,2	130,4	13,9	180,6	114,2	623,3	186,2
CV (%)	9,6	28,6	13,1	31,9	18,7	8,8	8,7	29,0

FDN=fibra em detergente neutro; FDNcp=fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; FDA=fibra em detergente ácido; LDA=lignina digerida em ácido; HEM=hemicelulose; CEL=celulose; CNF=carboidratos não fibrosos; CF=carboidratos fibrosos. <sup>1</sup>g MS/kg Matéria Natural; <sup>2</sup>g/kg MS; <sup>3</sup>g/kg PB. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ( $P<0,05$ ). \*Progenitora IPA Sertânia.

Embora não houve diferença ( $P>0,05$ ), a elevada quantidade de CNF é uma importante característica nutricional da palma forrageira. O teor obtido no presente estudo foi superior aos 504 g de CNF/kg MS obtidos por Rocha Filho et al. (2021). Assim, como esta fração apresenta maior degradação ruminal, esse maior teor provavelmente resulta em maior aproveitamento pelos ruminantes. Avaliando a composição nutricional da

palma forrageira, Silva et al. (2022) não observaram variação no teor de CNF com a maturação dos cladódios. Assim, o elevado teor de CNF aliado a pequena variação em função do estágio fisiológico da planta demonstra o potencial da palma forrageira, inclusive, para substituir outras fontes de concentrado energético ao longo do ano.

Foi observada diferença ( $P < 0,05$ ) entre progênies para o teor de carboidratos totais (CHOT) e não houve diferença ( $P < 0,05$ ) para as frações A+B1, B2 e C. O teor de CHOT foi menor na progênie 2 (775,1 g/kg MS) e IPA Sertânia (754,8 g/kg MS), e apresentou média de 809,5 g/kg MS considerando todas as progênies (Tabela 7). Valores semelhantes foram obtidos por Rocha Filho et al. (2021) ao avaliarem diferentes genótipos de palma forrageira, sendo quantificado 740 g de CHOT kg de MS para a cultivar IPA Sertânia.

**Tabela 7.** Concentrações de carboidratos totais (CHOT) e suas frações na palma forrageira IPA Sertânia (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck), Arcoverde - PE

Tratamento	CHOT <sup>1</sup>	A+B1 <sup>2</sup>	B2 <sup>2</sup>	C <sup>2</sup>
Progênie 1	827,2A	736,5A	257,6A	13,8A
Progênie 2	775,1C	767,1A	216,4A	16,5A
Progênie 3	801,7B	761,5A	220,0A	18,5A
Progênie 4	796,7B	753,8A	225,5A	13,0A
Progênie 5	810,4A	781,6A	200,1A	20,1A
IPA Sertânia*	754,8C	722,2A	260,5A	17,3A
Progênie 7	799,1B	768,0A	212,1A	19,9A
Progênie 8	816,5A	765,5A	211,3A	14,3A
Progênie 9	803,6B	743,9A	247,1A	18,1A
Progênie 10	815,4A	743,0A	241,5A	15,5A
Miúda	843,1A	793,5A	198,8A	7,8A
Progênie 13	818,3A	771,0A	209,1A	19,9A
Progênie 14	820,7A	779,0A	204,5A	16,5A
Progênie 17	821,9A	798,2A	180,5A	11,9A
F21	793,0B	799,9A	190,8A	18,2A
Progênie 19	824,6A	786,9A	195,5A	17,6A
Progênie 21	810,5A	744,9A	229,6A	18,1A
Progênie 22	819,2A	730,2A	249,1A	15,8A
Progênie 23	828,8A	792,2A	196,1A	9,8A
Média Geral	809,5	765,2	218,2	15,9
CV (%)	2,59	9,5	31,8	34,9

CHOT=carboidratos totais. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ( $P < 0,05$ ). <sup>1</sup>g/kg MS; <sup>2</sup>g/kg CHOT.

#### 4. CONCLUSÕES

O grupo das progênes 8, 13, 14, F21, 19, 21 e 23 são superiores à progenitora e as mais promissoras nas variáveis produtivas, sendo recomendadas a seguirem para as próximas etapas do programa de melhoramento.

Há variabilidade com possibilidade de seleção, aumentando o número de cladódio por planta com as progênes F21, 19 e 23.

As características morfológicas da palma forrageira apresentam alta repetibilidade, sendo possível manter uma precisão de 90%.

A seleção direta foi efetiva para selecionar genótipos superiores para as variáveis estudadas, sendo a progênie 19 selecionada em cinco variáveis, quatro morfológicas e a produção de matéria seca.

Progênes de IPA Sertânia (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck) apresentam baixa variabilidade na composição química e fracionamento de carboidratos.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIDI, S. et al. Supplementation with barley or spineless cactus (*Opuntia ficus indica* f. *inermis*) cladodes on digestion, growth and intramuscular fatty acid composition in sheep and goats receiving oaten hay. **Small Ruminant Research**, v. 87, p. 9–16, 2009.
- AMORIM, P. L. et al. Morphological and productive characterization of forage cactus varieties. **Revista Caatinga**, v. 28, p. 230–238, 2015.
- AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis**. 21st ed. USA: AOAC International, 2019. 3290 p.
- APAC, 2022. **Agência Pernambucana de águas e clima**. Disponível em: <http://old.apac.pe.gov.br/>
- ASTELLO-GARCÍA, M.G. et al. Chemical composition and phenolic compounds profile of cladodes from *Opuntia* spp. cultivars with different domestication gradient, **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 43, p. 119–130, 2015.
- BATISTA, A.M.V. et al. Chemical composition and ruminal degradability of spineless cactus grown in Northeastern Brazil. **Rangeland Ecology & Management**, 62, 297–301, 2009.

- BRASIL, 2005. **Ministério da Integração Nacional**. Nova delimitação do Semi-árido brasileiro. Brasília: Ministério da Integração Nacional. Disponível em: [https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNPU/Biblioteca/publicacoes/cartilha\\_delimitacao\\_semi\\_arido.pdf](https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNPU/Biblioteca/publicacoes/cartilha_delimitacao_semi_arido.pdf).
- CASAS, G. L. et al. Genetic diversity in *Opuntia* spp. Cultivated for forage production. **Journal of the Professional Association for Cactus Development**, v. 19, p. 1–10, 2017.
- CRUZ, C. D. Genes Software – extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum**, v. 38, n. 4, p. 547-552, 2016.
- CRUZ, C.D. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.35, p.271-276, 2013.
- CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**, 3.ed. Viçosa: Ed. da UFV, 2014. 668p.
- CUNHA, M. V. et al. Melhoramento da palma forrageira. In: Santos, M. V. F., Carvalho, F. F. R., Ferreira, M. A., 2020. **Palma forrageira: potencial e perspectivas**, 1. ed. Recife, PE, 378 p.
- DUBEUX JÚNIOR, J. C. B. et al. Adubação mineral no crescimento e composição mineral da palma forrageira-Clone IPA-201. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, p. 129–135, 2010.
- DUBEUX JÚNIOR, J. C. B. et al. Cactus (*Opuntia* and *Nopalea*) nutritive value: A review. **Animal Feed Science and Technology**, v. 275, 114890, 2021.
- DUBEUX JÚNIOR, J. C. B. et al. Forage potential of cacti on drylands. **Acta Horticulturæ**, p. 181-186, 2015.
- EDVAN, R. L. et al. Resilience of cactus pear genotypes in a tropical semi-arid region subject to climatic cultivation restriction. **Scientific Reports**, v. 10, p. 1–10, 2020.
- FALCONER, D.S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1987. 279p.
- FERRAZ, A. P. F. **Avaliação de clones de palma forrageira no agreste e sertão de Pernambuco**. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Zootecnia, Recife, 150 p. 2018.
- FERREIRA, J. C. C. **Melhoramento genético aplicado à produção animal**. Belo Horizonte: UFMG, 2012. 758 p.
- FIGUEIREDO, U. J. et al. Evaluating early selection in perennial tropical forages. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.19, n.3, p.291-299, 2019.
- FISHER, R. A.; YATEES, F.; **Tabela estatística para pesquisa em biologia medicina e agricultura**. São Paulo. Polígono 1971, 150p.



- FREIRE, J. L. et al. Evaluation of cactus pear clones subjected to salt stress. **Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales**, v. 9, n. 2, p. 235–242, 2021.
- HOLDEN, L. A. Comparison of methods of *in vitro* dry matter digestibility for ten feeds. **Journal of Dairy Science**, v. 82, n. 8, p. 1791-1794, 1999.
- IBGE, 2015. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/arcoverde/panorama>
- IBGE, 2019. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <https://brasilemsintese.ibge.gov.br/territorio/dados-geograficos.html>.
- INÁCIO, J.G. et al. Nutritional and performance viability of cactus *Opuntia*-based diets with different concentrate levels for Girolando lactating dairy cows. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, 33, 35–43, 2020.
- JANK, L. et al. The value of improved pastures to Brazilian beef production. **Crop & Pasture Science**, v. 65, n. 11, p. 1132-1137, 2014.
- LOPES, L. A. et al. Replacement of tifton hay with alfalfa hay in diets containing spineless cactus (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck) for dairy goats. **Small Ruminant Research**, v. 156, p. 7-11, 2017.
- MAGALHÃES, A. L. R. et al. Chemical and mineral composition, kinetics of degradation and *in vitro* gas production of native cactus. **Journal of Agricultural Studies**, v. 7, n. 4, p. 119-137, 2019.
- MARQUES, O. F. C. et al. Palma forrageira: cultivo e utilização na alimentação de bovinos. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 9, p. 75-93, 2017.
- MARQUES, T. V. et al. Environmental and biophysical controls of evapotranspiration from Seasonally Dry Tropical Forests (Caatinga) in the Brazilian Semiarid. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 287, 107957, 2020.
- McDOUGALL, E.I. The composition and output of sheep's saliva. **Biochemical Journal**, v. 43, p. 99-109, 1948.
- PAIXÃO, E. L. **Avaliação morfológica de clones e Progênes de palma forrageira**. Recife - PE, 70 p. 2012. Tese, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2012.
- PEREIRA, P. D. C. et al. Morfogênese da palma forrageira irrigada por gotejamento. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 3, p. 184–195, 2015.
- PESSOA, D.V. et al. Forage cactus of the genus *Opuntia* in different with the phenological phase: nutritional value. **Journal of Arid Environments**, 181, 104243, 2020.
- PINHEIRO, K. M. et al. Correlações do índice de área do cladódio com características morfológicas e produtivas da palma forrageira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 12, p. 939-947, 2014.

- R CORE TEAM, 2020. **RStudio**: Integrated Development for R. RStudio, PBC, Boston, MA. Disponível em: <http://www.rstudio.com/>
- RESENDE, M. D. V. **Genética quantitativa e de populações**. Viçosa, MG: Suprema. 463p., 2015.
- REZENDE, F. M. et al. Nutritional effects of using cactus cladodes (*Opuntia stricta* Haw) to replace sorghum silage in sheep diet. **Tropical Animal Health and Production**, v. 52, n. 4, p. 1875-1880, 2020.
- ROCHA FILHO, R. R. et al. Can spineless forage cactus be the queen of forage crops in dryland areas? **Journal of Arid Environments**, v. 186, 2021.
- 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. **Arquivo de Zootecnia**, v. 66, n. 255, p. 365-373, 2017.
- RODRIGUES, E.V. et al. Repeatability estimates and minimum number of evaluations for selection of elephant-grass genotypes for herbage production. **Bioscience Journal**, v. 36, n. 1, 2020.
- SAMPAIO, E. V. S. B. et al. Melhoramento da palma forrageira. In: Santos, M. V. F., Carvalho, F. F. R., Ferreira, M. A., 2020. **Palma forrageira: potencial e perspectivas**. 1. ed. Recife, PE, 378 p.
- SANTOS, D. C. et al. Estratégias para uso de cactáceas em zonas semiáridas: novas cultivares e uso sustentável das espécies nativas. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 15, p. 111–121, 2013.
- SANTOS, M. V. F. et al. Palma forrageira. In: Fonseca, D. M., Martuscello, J. A. **Plantas forrageiras**. Viçosa, MG, UFV, p. 459-493, 2010.
- SENGER, C. C. D. et al. Evaluation of autoclave procedures for fibre analysis in forage and concentrate feedstuffs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 146, n. 1-2, p. 169–174, 2008.
- SILVA, D. D. et al. Nutritional Quality of *Opuntia* spp. at Different Phenological Stages: Implications for Forage Purposes. **Journal of Agricultural Studies**, v. 10, n. 1, 2022.
- SILVA, N. G. de M. et al. Relação entre características morfológicas e produtivas de clones de palma-forrageira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 2389-2397, 2010.
- 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, p. 10-18, 2015.
- SILVA, T. G. F. et al. Área do cladódio de clones de palma forrageira: modelagem, análise e aplicabilidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, p. 633-641, 2014.

- SIQUEIRA, M. C. B. et al. Nutritional performance and metabolic characteristics of cattle fed spineless cactus. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 20, n. 1, p. 13-22, 2018.
- SNIFFEN, C. J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 7, p. 446 3562–3577, 1992.
- SNYMAN, H. A. A greenhouse study on root dynamics of cactus pears, *Opuntia ficus indica* and *O. robusta*. **Journal of Arid Environments**, v. 65, p. 529-542, 2006.
- SOARES, B. C. et al. Repetibilidade de características físicas e químicas em frutos de pequi. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 39, n. 2, 2017.
- SOUZA, T.C. et al. Productivity and nutrient concentration in spineless cactus under different fertilizations and plant densities. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, 12, 555–560, 2017.
- SUDENE, 2017. **Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste**, Nova delimitação Semiárido. Disponível em: [http://www.sudene.gov.br/images/arquivos/semiariado/arquivos/Rela%C3%A7%C3%A3o\\_de\\_Munic%C3%ADpios\\_Semi%C3%A1rido.pdf](http://www.sudene.gov.br/images/arquivos/semiariado/arquivos/Rela%C3%A7%C3%A3o_de_Munic%C3%ADpios_Semi%C3%A1rido.pdf).
- TILLEY, J. M. A.; TERRY, R. A. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. **Journal British of Grassland Society**, v. 18, n. 2, p. 104-111, 1963.
- TOEBE, M. et al. Plot size and replications number for triticale experiments. **Ciência Rural**, v. 50, e20200222, 2020.
- VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994.
- VAN SOEST, P. J. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. I. Preparation of fiber residues of low nitrogen content. **Journal of the Association of Official Agricultural Chemists**, v. 46, p. 825-829, 1963a.
- VAN SOEST, P. J. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. **Journal of the Association of Official Agricultural Chemists**, v. 46, p. 829-835, 1963b.
- VASCONCELOS, A. G. V. et al. Seleção de clones de palma forrageira resistentes à cochonilha-do-carmim (*Dactylopius* sp.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 827-831, 2009.
- VENCOVSKY, R. **Genética quantitativa**, In: KERR, W.E. Genética e melhoramento. São Paulo USP.1969, p17-18.

### **CAPÍTULO III**

---

**SELEÇÃO DE PROGÊNIES DE PALMA FORRAGEIRA ORELHA  
DE ELEFANTE AFRICANA (*Opuntia undulata* Griffiths) NO  
AGRESTE DE PERNAMBUCO**

## SELEÇÃO DE PROGÊNIES DE PALMA FORRAGEIRA ORELHA DE ELEFANTE AFRICANA (*Opuntia undulata* Griffiths) NO AGRESTE DE PERNAMBUCO

### RESUMO

Palmas forrageiras do gênero *Opuntia* representam importante recurso alimentar para ruminantes nas condições do Semiárido brasileiro, contudo, algumas espécies ainda são pouco exploradas, a exemplo da Orelha de Elefante Africana (*Opuntia undulata* Griffiths), que assume importância por se tratar de uma espécie resistente a cochonilha do carmim. Objetivou-se selecionar progênies de Orelha de Elefante Africana através da avaliação de caracteres morfológicos, produtivos e nutricionais. O experimento foi conduzido entre 2018 e 2020, no Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), em Caruaru – PE. Foi utilizado delineamento experimental inteiramente ao acaso, com dez repetições. Os tratamentos foram constituídos de 12 progênies de Orelha de Elefante Africana (OEA). Foram avaliadas características morfológicas, produtivas e nutricionais, bem como, estimado o ganho genético e a repetibilidade. Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias das variáveis morfológicas e valor nutritivo comparadas à 5% de significância pelo teste Scott-Knott. Foram observados elevados índices de área de cladódio (IAC), sendo os maiores valores registrados para as progênies 6 (3,55) e 7 (4,18). Houve variação de até 11,2 t MS ha<sup>-1</sup> 28 meses, sendo o grupo formado pelas progênies 6, 7, 9 e 12 o mais produtivo. Com exceção de espessura de cladódio (EC) e espinhos, todas as demais variáveis apresentaram ganho positivo, quando correlacionadas com a produção de matéria seca (PMS). As progênies 6 e 7 se destacaram quanto ao ganho genético. Apenas para EC observou-se baixa magnitude do  $r$  (0,17) com  $R^2 = 67,91\%$ , pois, coeficiente de repetibilidade  $\leq 0,3$  são considerados baixos e são indicados  $R^2 \geq 80\%$  para maior confiabilidade. Também com exceção da EC, o número de medições necessárias para  $R^2 = 0,99$  foi considerado baixo e possível para todas as características avaliadas. Houve diferença significativa ( $P < 0,05$ ) nas variáveis matéria mineral, matéria orgânica, proteína bruta, fibra em detergente ácido, carboidratos totais (CHOT) e fração C dos CHOT entre as progênies. As progênies 6, 7, 9 e 12 são as mais promissoras para produção de matéria seca. Quanto ao ganho genético, a progênie 6 se destacou na produção de matéria seca e espinhosidade, características de maior interesse no melhoramento da palma forrageira Orelha de Elefante Africana.

**Palavras-chave:** cactácea, morfologia, produção de forragem, repetibilidade, xerófila

**SELECTION OF AFRICAN ELEPHANT EAR (*Opuntia undulata* Griffiths)  
CACTUS PEAR PROGENES IN THE AGRESTE OF PERNAMBUCO**

**ABSTRACT**

Cactus pear of *Opuntia* genus represents an important food resource for ruminants in the Brazilian semiarid conditions, some species are still poorly explored such as the African Elephant Ear (*Opuntia undulata* Griffiths), important due to its resistance to carmine cochoneal. The objective was to select the African Elephant Ear progenies through the evaluation of morphological, productive and nutritional characters. The experiment was performed between 2018 and 2020, at Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA), in Caruaru - PE. In a completely randomized design, the treatments consisted of 12 African Elephant Ear (AEO) progenies, with 10 replications. Morphological, productive, and nutritional characteristics were evaluated, as well as estimated genetic gain and repeatability. Data were selected for analysis of variance, and the means of morphological and nutritive value compared by the Scott-Knott test at 5% significance. Great cladode area index (IAC) were observed, with the greater values recorded for progenies 6 (3.55) and 7 (4.18). There was a variation up to 11.2 t DM ha<sup>-1</sup> in 28 months, with the group formed by progenies 6, 7, 9 and 12 the most productive. With the exception of cladode thickness (EC) and spines, all other variables showed a positive gain when correlated with dry matter production (DMP). The progenies 6 and 7 stood out for genetic gain. Only for EC, there was a low magnitude of  $r$  (0.17) with  $R^2 = 67.91\%$ , since repeatability coefficient  $\leq 0.3$  is considered low, and  $R^2 \geq 80\%$  is indicated for greater reliability. Also with the exception of EC, the number of measurements required for  $R^2 = 0.99$  was considered low and possible for all characteristics evaluated. There was a significant difference ( $P < 0.05$ ) was observed between progenies for mineral matter, organic matter, crude protein, acid detergent fiber, total carbohydrates, and fraction C of the CHOT among the progenies. Progenies 6, 7, 9, and 12 are the most promising for dry matter production. Regarding genetic gain, progenie 6 stood out in the production of dry matter and thorn, characteristics of greatest interest in the improvement of the forage cactus Orelha de Elefante Africana.

**Keywords:** cactus pear, morphology, forage production, repeatability, xerophytic

## 1. INTRODUÇÃO

A palma forrageira (*Opuntia* e *Napalea*) representa uma importante alternativa alimentar para a pecuária em regiões áridas e semiáridas (EDVAN et al., 2020). O semiárido Brasileiro apresenta precipitação pluvial altamente variável, ocorrendo geralmente em eventos descontínuos, na forma de pulsos de curta duração, distribuídos em poucos meses durante o ano (MAGALHÃES et al., 2019), baixa variação anual em termos de temperatura e radiação solar, bem como uma evapotranspiração muito superior a precipitação pluvial, o que tem gerado um déficit hídrico relevante nessa região.

Cardoso et al. (2019) relataram que características anatômicas e morfológicas da palma favorecem sua adaptação às regiões secas, bem como, contribuem para o cultivo dessa cultura nestas condições. Dessa forma, a palma forrageira tornou-se a base alimentar dos rebanhos em várias localidades no Nordeste Semiárido do Brasil. De acordo com Louhaichi et al. (2018), essa ampla utilização está associada a seu elevado teor de energia, água, minerais, adaptabilidade às condições edafoclimáticas e alto potencial para produção de biomassa em regiões semiáridas.

Espécies de palma forrageira do gênero *Opuntia* têm sido bastante utilizada como suplemento alimentar de ruminantes nos períodos mais críticos do ano (LOPES et al., 2010), e essas cactáceas apresentam características importantes como alta digestibilidade da matéria seca (MS) e alta proporção de carboidratos não fibrosos (CNF) (OLIVEIRA et al., 2011).

Embora sejam escassos na literatura dados sobre cultivo e utilização como forragem da palma forrageira Orelha de Elefante Africana (OEA) (*Opuntia undulata* Griffiths), esta foi classificada como de alta resistência (FREIRE et al., 2021) a praga cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae* Cockerell), assim, representando uma alternativa de cultivo para o Semiárido, podendo ser utilizada na pecuária nordestina. Porém, as poucas informações existentes sobre esta variedade indicam a presença de espinhos e baixa produtividade como os principais pontos negativos para sua utilização. Neste sentido, progênies de OEA foram geradas pelo Programa de melhoramento genético do Instituto Agrônomo de Pernambuco-IPA e Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE, com vistas à seleção de novos materiais promissores.

Diante do exposto, a seleção de progênies da OEA através de características morfológicas, produtivas, nutricionais e fitossanitárias podem contribuir para obter genótipos melhorados geneticamente (CUNHA, 2017). Neste sentido, avaliações estruturais, tais como altura e largura da planta, são de extrema importância porque estão relacionadas com a produção de forragem (SANTOS et al., 2016).

Há indícios de que existe variabilidade quanto à composição química bromatológica da OEA. Moura (2012) quantificou 115 g de PB/kg MS e 230 g de FDN/kg MS, enquanto que, Cunha (2017) trabalhando com a mesma espécie e na mesma localidade quantificaram 51,3; 244,3 e 202,5 g/kg de PB, FDN e FDA, respectivamente.

A seleção de genótipos em programas de melhoramento genético é aprimorada a partir da expressão das características do indivíduo ao longo do tempo (SOARES et al., 2017), e a análise de repetibilidade é uma alternativa utilizada para observar as características de um genótipo com capacidade de se repetir em várias medidas sucessivas de um indivíduo (COÊLHO et al., 2018). Esta análise tem como principal contribuição a informação do número de medidas necessárias para prever o valor real de características das plantas, visando minimizar o custo com mão de obra e tempo nas avaliações (FLÔRES JÚNIOR et al., 2018).

Diante do exposto, objetivou-se selecionar progênies de palma forrageira Orelha de Elefante Africana por meio da avaliação de caracteres morfológicos, produtivos e nutricionais, bem como estimar parâmetros genéticos das características.

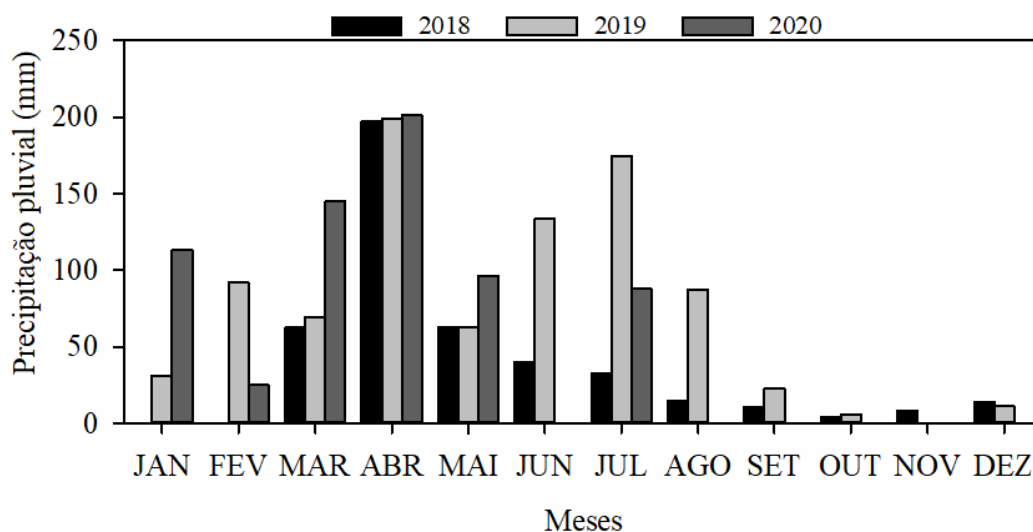
## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi realizado na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), localizada a 8°14' S, 35°55' W e 575 m de altitude, no município de Caruaru, região Agreste do estado de Pernambuco no período de março de 2018 a julho de 2020.

O clima da região é do tipo BSh, de acordo com a classificação de Koppen, caracterizado como semiárido seco e quente, com precipitação pluvial média anual e temperatura média de 679,2 mm e 22,5 °C, respectivamente. A precipitação pluvial registrada no período experimental durante os anos de 2018 (março a dezembro), 2019 e



2020 (janeiro a julho) foram de 447,3; 890,9 e 668,3 mm, respectivamente (Figura 1). O solo é classificado como Neossolo Regolítico.



**Figura 1.** Precipitação pluviométrica mensal (mm) durante o período experimental (março de 2018 a julho de 2020), em Caruaru - PE.

Fonte: APAC, 2022. <http://old.apac.pe.gov.br>

Os genótipos avaliados foram progênies de Orelha de elefante africana (*Opuntia undulata* Griffiths) obtidas via sementes. Uma pré-seleção em 600 genótipos foi realizada, sendo selecionadas 10 progênies. O clone seis, advindo da Estação Experimental - IPA de Arcoverde, por ter se destacado em termos de produtividade, também foi inserido no experimento.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com 10 repetições e uma planta útil por parcela. Os tratamentos foram constituídos de 12 progênies (10 pré-selecionadas em 2018, a Orelha de elefante africana (progenitora) e o clone seis). As progênies foram enumeradas de 1 a 10, além da OEA – Tratamento 11 e o Clone 6 – tratamento 12.

O plantio foi realizado em 15 de março de 2018, utilizando cladódios maduros, plantados em cova, no sentido vertical, com espaçamento de 1,5 x 0,5 m, equivalendo-se a uma densidade de 13.333 plantas ha<sup>-1</sup>. Obedecendo o mesmo espaçamento, uma bordadura externa com a palma IPA Sertânia (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck), cultivar também resistente à cochonilha do carmim, foi estabelecida. Antes do plantio foi

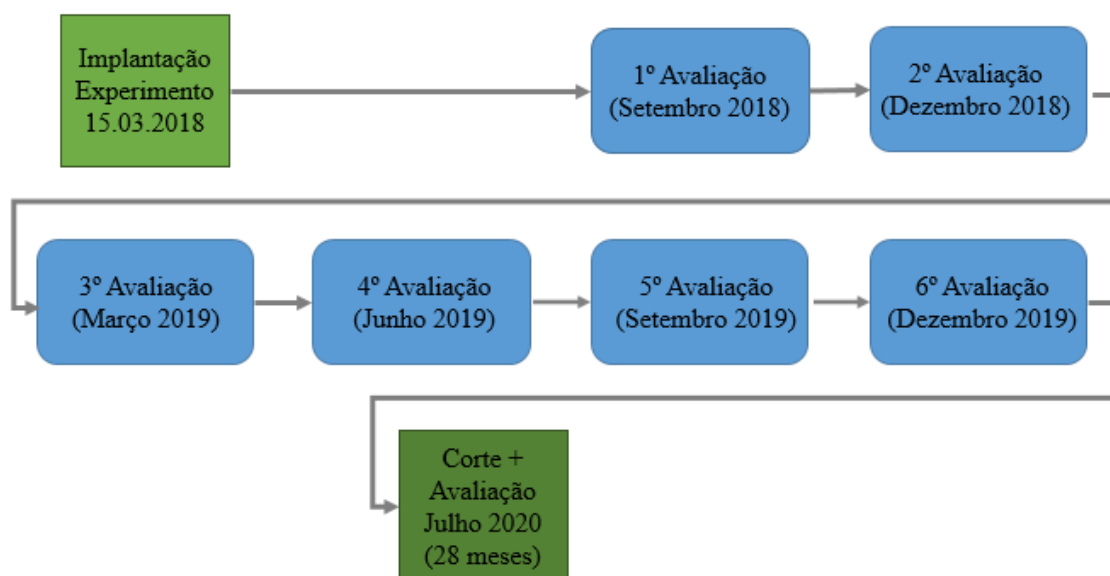
realizada coleta de solo na camada de 0 a 20 cm de profundidade para posterior análise de fertilidade (Tabela 1), e realizada adubação orgânica com 40 t de esterco bovino por hectare, bem como periodicamente foram realizadas capinas mecânicas para eliminação de plantas invasoras.

**Tabela 1.** Características químicas do solo experimental, Caruaru-PE

pH (H <sub>2</sub> O)	P	Ca	Mg	Na	K	Al	H	S	CTC	V
	mg/dm <sup>3</sup>	-----				cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	-----			%
5,2	68	1,00	0,8	0,02	0,21	0,15	2,57	2,0	4,8	43

Amostras de solo coletadas na camada de 0 – 20 cm. S = saturação por bases, CTC = capacidade de troca de cátions, V% = percentagem por saturação de bases.

A curva do crescimento vegetativo foi realizada no período de 28 meses, por meio de sucessivas avaliações morfológicas (não destrutivas). A primeira avaliação foi realizada seis meses após o estabelecimento do experimento, a partir desta, foram realizadas mais cinco avaliações com intervalos de três meses. Em março de 2020, com o avanço da Pandemia da Covid-19, não foi possível realizar as avaliações na mesma frequência, sendo assim, a última avaliação foi realizada no momento do corte (sete meses após a 6ª avaliação, que ocorreu em dezembro 2019) (Figura 2).



**Figura 2.** Linha do tempo do período experimental (março de 2018 a julho de 2020); Caruaru - PE.

Foram avaliadas as seguintes características: altura da planta (AP), largura da planta (LP), largura do cladódio (LC), comprimento do cladódio (CC), perímetro do cladódio (PC) e espessura de cladódio (EC), bem como, foram quantificados o número de cladódios por planta (NCP) e calculado a área de cladódio (AC) e o índice de área de cladódio (IAC), por meio da utilização de fita métrica e paquímetro.

A presença de espinhos foi avaliada por meio da seguinte escala de notas: 1 - Ausência; 2 - Planta com até 25% das áreas dos cladódios com espinhos; 3 - 26 a 50% das áreas dos cladódios com espinhos; 4 - 51 a 75% das áreas dos cladódios com espinhos e 5 - Acima de 76% das áreas dos cladódios com espinhos.

Para a estimativa da área de cladódios (AC) foi utilizada a equação específica para Orelha de Elefante Africana, sugerida por SILVA et al. (2014):

$$AC = 0,7515 * CC * LC$$

O índice de área de cladódios foi calculado utilizando a seguinte equação:

$$IAC = \left( \frac{AC * NCP}{7500} \right) * 2$$

Em que:

AC = Área de cladódio; NCP = Número de cladódio por planta; 7500 = área ocupada por planta (cm<sup>2</sup>).

A altura da planta foi obtida pela medida entre o nível do solo e o ápice do cladódio mais alto, a largura da planta pela média de duas medidas obtidas entre cladódios de extremidades opostas da planta. Nas mensurações realizadas nos cladódios, utilizou-se o valor médio obtido na avaliação de todos os cladódios por ordem, sendo considerado até a quarta ordem. O perímetro foi obtido pela medida do contorno do cladódio com fita métrica.

A colheita foi realizada preservando os cladódios secundários. Para obter os teores de matéria seca (MS), subamostras foram fracionadas manualmente, visando aumentar a superfície de contato, secas em estufa de circulação forçada de ar, a 55 °C, até peso

constante. Posteriormente, a produção em matéria seca (PMS) por planta foi determinada multiplicando-se a produção de matéria verde pelo teor de MS de cada tratamento experimental. A estimativa da PMS por hectare levou em consideração a produção individual e a densidade de plantas por hectare, sendo o resultado expresso em toneladas de matéria seca por hectare e pelo intervalo de tempo decorrido ( $t$  de MS.ha<sup>-1</sup>. 28 meses).

O coeficiente de repetibilidade ( $r$ ) para as características morfológicas foi estimado por meio da análise de variância (ANOVA) (CRUZ et al., 2014). O modelo estatístico utilizado foi:  $Y_{ij} = \mu + g_i + \varepsilon_{ij}$ , onde:  $Y_{ij}$ : observação referente ao  $i$ -ésimo tratamento no  $j$ -ésimo repetição;  $\mu$ : média geral;  $g_i$ : efeito de genótipo  $i$  sob influência permanente do ambiente; e  $\varepsilon_{ij}$ : erro aleatório envolvendo outras causas de variação não incluídas no modelo. Neste modelo, o coeficiente de repetibilidade para cada característica foi obtido por:

$$r = \frac{C\hat{O}v(Y_{ij}, Y_{ij'})}{\sqrt{\hat{V}(Y_{ij})\hat{V}(Y_{ij'})}} = \frac{\hat{\sigma}_g^2}{\hat{\sigma}_Y^2} = \frac{\hat{\sigma}_g^2}{\hat{\sigma}^2 + \hat{\sigma}_g^2}$$

Resende (2015) classificou os coeficientes de repetibilidade como baixos ( $r \leq 0,3$ ); médios ( $0,3 < r < 0,6$ ) e altos ( $r \geq 0,6$ ). A quantidade mínima de avaliações necessárias para estimar o valor real ( $\eta_0$ ) das características avaliadas, com base em coeficientes de determinação ( $R^2$ ) pré estabelecidos (0,80, 0,85, 0,90, 0,95 e 0,99), foi obtido por:  $\eta_0 = [R^2(1 - r)] / [(1 - R^2)r]$ . Com base na média de  $\eta$  avaliações ( $\eta = 6$ ) e na estimativa de  $r$ , o  $R^2$  foi calculado de acordo com a expressão:  $R^2 = \eta r / [1 + r(\eta - 1)]$ , onde  $\eta$  é o número de medições necessárias e  $r$  é o coeficiente de repetibilidade.

Foram realizadas seleções direta e indireta para as variáveis NCP, AP, LP, LC, CC, PC, EC, AC, IAC, ESP e PMS. Os valores de ganho de seleção foram estimados segundo metodologia Falconer (1981) e Vencovsky (1969) de acordo com o parâmetro de seleção 10% segundo tabela XX de Fisher & Yates (1971), selecionando-se os três melhores genótipos entre as progênies avaliadas.

Para a seleção direta, a predição do ganho de seleção para cada variável foi obtida por:

$$RS = DS \frac{\hat{\sigma}_G^2}{\hat{\sigma}_F^2}$$

Em que:

RS é a resposta à seleção;

DS é o diferencial de seleção;

$\hat{\sigma}_G^2$  é a variância genotípica;

$\hat{\sigma}_F^2$  é a variância fenotípica ao nível de médias.

As análises químicas bromatológicas foram realizadas nos Laboratórios de Forragicultura Prof. Iderval Farias e Nutrição Animal Prof. Silvio Parente Viana, pertencentes ao Departamento de Zootecnia, da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Visando uma melhor representatividade, as amostras referentes a cada progênie foram compostas, obedecendo a proporção de cada ordem de cladódio na planta *in natura*.

As análises referentes à composição química foram matéria seca (MS) (930.15), matéria orgânica (MO) (942.05), matéria mineral (MM) (942.05), proteína bruta (PB) (954.01) e extrato etéreo (EE) (Sohxlet) (920.39), de acordo com a metodologia descrita pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2019); fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e FDN corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), de acordo com VAN SOEST et al. (1963a), com modificações propostas por SENGER et al. (2008), no qual foi utilizada autoclave com temperatura a 110 °C por 40 minutos. Na estimativa dos teores de lignina, as amostras foram imersas em ácido sulfúrico a 72%, visando à solubilização da celulose, e obtendo a lignina digerida em ácido (LDA), conforme metodologia proposta por VAN SOEST et al. (1963b), e as frações de hemicelulose (HEM) e celulose (CEL) foram estimadas pelas equações: HEM = FDN – FDA e CEL = FDA – LDA, respectivamente. A proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) foi calculada por meio da multiplicação dos valores de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) por 6,25.

Os carboidratos totais (CHOT) foram calculados de acordo com SNIFFEN et al. (1992), por meio da fórmula  $CHOT = 100 - (PB + EE + MM)$ , e fracionados em A+B1, B2 e C, sendo os carboidratos não-fibrosos (CNF), que correspondem às frações A+B1, pela diferença entre os CHOT e a FDNcp. A fração B2, que corresponde à fração disponível da fibra, foi obtida pela diferença entre a FDNcp e a fração C. Já a fração C, representada pela fibra indigestível, foi obtida pela equação:  $C = FDN * 0,01 * LIG * 2,4/CHOT$ .

Para a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), seguiu-se a metodologia descrita por TILLEY & TERRY (1963), seguindo as modificações descritas por HOLDEN (1999), com a solução tampão proposta por McDOUGALL (1948), com o uso do rúmen artificial DAISY<sup>II</sup> Incubator (ANKOM<sup>®</sup> Technology), utilizando líquido ruminal de bovino. A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foi obtida por meio da seguinte equação:

$$DIVMS (\%) = \left[ 100 - \left( \frac{w3 - (w1 * w4)}{w2} \right) \right] * 100$$

Em que:

W1 = peso da tara dos sacos TNT;

W2 = peso das amostras;

W3 = peso dos sacos TNT final após as 24 h de digestão com Pepsina + HCL;

W4 = correção dos sacos TNT em branco (peso do saco TNT em branco após as 24 h de digestão com Pepsina + HCL / peso do saco TNT inicial).

Na análise dos dados, inicialmente foram verificadas as premissas de homocedasticidade e normalidade dos dados, para a análise de variância (ANOVA). As variáveis morfológicas altura de planta, largura de cladódio, comprimento de cladódio, espessura de cladódio, bem como a presença de espinhos não atenderam as premissas de normalidade (Teste Cramer-von Mises  $P \leq 0,05$ ) e homocedasticidade (teste de Bartlett). AP, LC, CC e EC foram transformadas seguindo a recomendação de Boxcox para Raiz de x e ESP transformada para Log de x. Foram calculadas as médias das ordens para as

características de CC, LC e EC. Em seguida, os dados de morfologia e composição foram submetidos à ANOVA. Quando o teste F na ANOVA foi significativo, as médias das características foram submetidas ao teste de Scott-Knott. O nível de significância adotado foi de 5% de probabilidade. Essas análises estatísticas foram realizadas utilizando o software RStudio, versão 1.4.1717 (RSTUDIO TEAM, 2020).

Foram realizadas seleções direta e indireta para cada característica, aplicando intensidades de seleção de 10%, selecionando-se os três melhores genótipos, além da análise de repetibilidade, ambos com auxílio do software Genes - Aplicativo Computacional em Genética e Estatística (CRUZ, 2016).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferença significativa ( $P<0,05$ ) entre as progênes para as variáveis número de cladódios por planta (NCP), largura da planta (LP), largura de cladódio (LC), comprimento de cladódio (CC), perímetro de cladódio (PC), área de cladódio (AC), índice da área de cladódio (IAC) e produção de matéria seca (PMS) (Tabela 2). Não houve diferença significativa ( $P>0,05$ ) entre as progênes para altura de planta (AP) e espessura de cladódio (EC).

**Tabela 2.** Características morfológicas e produtivas de progênes de palma (*Opuntia undulata* Griffiths), Caruaru - PE

Tratamento	NCP	LP (cm)	LC (cm)	CC (cm)	PC (cm)	AC (cm <sup>2</sup> )	IAC	PMS (t MS ha/28 meses)
Progênie 1	11,8C	78,9B	19,6B	29,4B	74,9B	434,8C	2,1C	7,9B
Progênie 2	16,6B	88,8B	18,9B	29,2B	74,0B	414,7C	2,9B	8,7B
Progênie 3	14,1C	99,1A	20,5B	32,7A	81,9B	505,47B	2,9B	6,8B
Progênie 4	9,0D	84,2B	18,9B	30,9B	76,5B	530,27B	2,4C	5,9B
Progênie 5	10,9D	86,8B	22,7B	36,0A	90,6A	617,0A	2,9B	6,1B
Progênie 6	13,7C	102,5A	24,9A	33,2A	89,6A	621,3A	3,6A	10,8A
Progênie 7	14,5C	105,8A	26,6A	35,1A	93,2A	702,9A	4,2A	10,5A
Progênie 8	9,1D	72,5B	22,3B	29,5B	77,7B	495,4B	1,8C	3,5C
Progênie 9	21,9A	111,8A	20,3B	29,8B	75,7B	455,6C	2,6B	14,1A
Progênie 10	13,1C	90,1B	22,3B	29,3B	77,7B	490,9B	1,7C	8,2B
OEA*	9,7D	91,4B	26,0A	34,7A	89,4A	681,9A	1,8C	3,4C
Progênie 12**	19,0B	122,7A	20,3B	35,7A	88,6A	542,8B	2,7B	12,4A
Média Geral	13,7	94,5	21,9	32,1	82,5	541,1	2,6	8,2
CV (%)	32,9	23,1	17,4	14,4	12,4	18,0	34,7	53,5

NCP=número de cladódios por planta; LP=largura da planta; LC=largura de cladódio; CC=comprimento de cladódio; PC=perímetro de cladódio; AC=área de cladódio; IAC=índice de área de cladódio; PMS=produção de matéria seca; CV=coeficiente de variação. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ( $p<0,05$ ). \*Progenitora Orelha de Elefante Africana; \*\*Clone seis (progênie selecionada no IPA-Arcoverde). Média de seis avaliações com dez repetições.



Os maiores valores de LP foram observados para o grupo formado pelas progênies 3, 6, 7, 9 e 12, com 99,1; 102,5; 105,8; 111,8 e 122,7 cm, respectivamente, enquanto as menores larguras foram 78,9 (1), 88,8 (2), 84,2 (4), 86,8 (5), 72,5 (8), 90,1 (10) e 91,4 cm (OEA). Assim, pode-se observar uma variação de até 50,2 cm de largura entre as progênies 8 e 12. Cunha et al. (2020) relataram a LP como a característica mais influenciada por fatores não genéticos. Já Santos et al. (2016) destacaram essa variável, juntamente com altura de planta, como sendo de extrema importância porque estão fortemente relacionadas com a produção de forragem.

O maior NCP foi observado para a progênie 9 (21,9). Além da relação com a produção, essa característica é extremamente importante para a propagação (assexuada) da palma forrageira, tanto em programas de melhoramento genético como para os produtores (PAIXÃO, 2012) e, no caso da OEA, que apresenta cladódios com elevado perímetro, o aumento no NCP pode ser crucial para aumentar o IAC e, conseqüentemente, a produtividade e sua disseminação entre os produtores.

Em relação às características morfológicas dos cladódios, Cunha et al. (2020) destacam o comprimento e a largura de cladódio como as que apresentam maior potencial para seleção em programas de melhoramento da palma. Os maiores valores ( $P < 0,05$ ) de LC foram observados para as progênies 6, 7 e OEA, de CC para as progênies 3, 5, 6, 7, OEA e 12 e de PC para progênies 5, 6, 7, OEA e 12.

As progênies 6 e 7 fizeram parte dos grupos que apresentaram os maiores valores para todas as variáveis analisadas, com exceção do NCP. Vale ressaltar que, mesmo sem apresentar o maior NCP, estas progênies compuseram o grupo com maior IAC, característica diretamente relacionada ao NCP. O grupo com maior AC foi composto pelas progênies 5, 6, 7 e OEA, enquanto que as menores AC foram obtidas nas progênies 1, 2 e 9.

O maior IAC foi observado nas progênies 6 (3,6) e 7 (4,2). Em contrapartida, o grupo com menor IAC foi representado pelas progênies 1 (2,1), 4 (2,4), 8 (1,8), 10 (1,7) e OEA (1,8). Em função da densidade de plantas (13.333 plantas  $ha^{-1}$ ), os valores de IAC podem ser considerados elevados, pois, para palma cultivada com 20.000 plantas por hectare, normalmente os valores médios de IAC encontram-se entre 2 e 3, aumentando para 4 a 6 em cultivos mais adensados, entre 35.000 e 60.000 plantas  $ha^{-1}$  (Sampaio et al.,

2020). É importante destacar que menores densidades tendem a aumentar a taxa fotossintética por planta, embora possa resultar em menores produções por área.

Em relação às características produtivas, o grupo formado pelas progênes 6, 7, 9 e 12 apresentou a maior produção de matéria seca (PMS). As menores PMS foram obtidas nas progênes 8 e OEA, com 3,5 e 3,4 t MS ha<sup>-1</sup> 28 meses<sup>-1</sup>, respectivamente. Considerando os dois extremos numéricos, progênie 9 com 14,6 e OEA com 3,4 t MS ha<sup>-1</sup> 28 meses<sup>-1</sup>, houve variação de 76,9% na PMS. As progênes mais produtivas se sobressaíram consideravelmente em comparação às 5,7 t de MS 24 meses<sup>-1</sup>, citado em revisão realizada por SANTOS et al. (2013) analisando 12 genótipos de Orelha de elefante Africana, em Arcoverde-PE.

É importante destacar que no manejo da palma é comum a colheita ser bienal e, quando manejada em condição de sequeiro, esta pode alterar o seu crescimento e desenvolvimento como resposta às alterações sazonais e interanuais das condições do ambiente (SILVA et al., 2015). Dubeux Júnior et al. (2021) relataram que algumas características e práticas de manejo também podem interferir na produtividade, como o espaçamento entre plantas, manejo de colheita, fertilização e cultivar.

Para as estimativas dos coeficientes de repetibilidade ( $r$ ) e determinação ( $R^2$ ) foram observados elevados valores de  $r$  para NCP, AP, LP, LC, CC e PC (Tabela 3). Apenas para EC verificou-se baixa magnitude de  $r$  (0,17), com  $R^2 = 67,91\%$ , abaixo do considerado adequado ( $R^2 \geq 80\%$ ) por RESENDE (2015). No entanto, apresentou baixos coeficientes de repetibilidade ( $r$ ) e de determinação. A análise demonstrou 19 observações necessárias ( $R^2=0,80$ ) para EC, número bem acima da quantidade de avaliações realizadas (seis).

A repetibilidade é uma ferramenta efetiva nos estudos de melhoramento que podem ser alteradas pelas propriedades genéticas da população, das características avaliadas e das condições ambientais (CRUZ; CARNEIRO; REGAZZI, 2014), é uma estimativa que apresenta à máxima herdabilidade, demonstrando proporção da variância fenotípica que é concedida às diferenças genéticas, trocadas por efeitos que atuam sobre o indivíduo (MARTUSCELLO et al., 2015). Portanto, quando os efeitos do ambiente forem reduzidos, o coeficiente de repetibilidade abordará o coeficiente de herdabilidade (MARTUSCELLO et al., 2015).

**Tabela 3.** Coeficiente de repetibilidade ( $r$ ) e de determinação ( $R^2$  %) e número de medições necessárias ( $\eta_0$ ) para características morfológicas em palma (*Opuntia undulata* Griffiths), Caruaru-PE

Característica	Repetibilidade		$\eta_0$				
	R	$R^2$	0,80	0,85	0,90	0,95	0,99
Número de cladódios por planta (NCP)	0,95	99,51	1	1	1	1	5
Altura da planta (AP)	0,97	99,74	1	1	1	1	3
Largura da planta (LP)	0,96	99,53	1	1	1	1	5
Largura de cladódio (LC)	0,99	99,88	1	1	1	1	1
Comprimento de cladódio (CC)	0,99	99,88	1	1	1	1	1
Perímetro de cladódio (PC)	0,99	99,89	1	1	1	1	1
Espessura de cladódio (EC)	0,17	67,91	19	27	43	90	468

Segundo Torres et al. (2016), variáveis com coeficiente de repetibilidade baixo ( $r \leq 0,3$ ), com forte influência das variações ambientais, como por exemplo a EC, geralmente necessitam de grande número de observações para atingir um número de determinação adequado. As demais variáveis, com  $R^2 = 0,80$  à  $0,95$ , só necessitariam de uma avaliação para predizer o seu valor verdadeiro. O número de observações necessárias para um  $R^2 = 0,99$  é considerado baixo e possível para todas as características avaliadas. A EC é a única exceção para os  $R^2$  de  $0,80$  a  $0,99$ , por ter apresentado um número de medições alto e inviável para avaliações que foram realizadas a cada três meses.

Com o maior número de avaliações para uma determinada característica, as variâncias fenotípica e do ambiente podem ser reduzidas, aumentando a precisão do coeficiente de repetibilidade (CUNHA et al., 2021). Em contrapartida, com a estimativa do coeficiente de repetibilidade alto ( $r \geq 0,6$ ), o aumento do número de avaliações pouco influenciará no resultado individual do genótipo (MARTUSCELLO et al., 2015). Diante do ocorrido com a variável EC, forte influência/efeito do ambiente (Figura 1), MARTUSCELLO et al. (2015) citam o aumento no número de medições e sua realização em diferentes épocas (seca e chuvosa), como duas estratégias para aumentar a confiança na seleção, obtendo-se um coeficiente de repetibilidade mais confiável ( $R^2 \geq 80\%$ ). Essas estratégias têm sido aplicadas por pecuaristas no Brasil (FERREIRA et al., 1999; BOTREL et al., 2000; MARTUSCELLO et al., 2009).

Por fim, a estimativa de repetibilidade como parâmetro de avaliações morfológicas em palma forrageira, pode contribuir de forma positiva para minimizar o custo com mão de obra e tempo. Contudo, as respostas podem variar, dentre outros fatores, com o ambiente, espécies, variedades, genótipos e idade das plantas. Neste contexto, caracteres que, mesmo diante desses fatores, ainda apresentem alta repetibilidade, pode-se afirmar que são de fácil predição em poucas avaliações.

Analisando o ganho genético, os valores da seleção direta foram superiores ao ganho indireto para todas as variáveis, com intensidade de seleção de 10%, promovendo melhores ganhos individuais para as variáveis morfológicas e PMS (Tabela 4).

Com exceção de EC e ESP, todas as demais variáveis apresentaram ganho positivo quando correlacionadas com a PMS. Atualmente são escassas na literatura informações mais aprofundadas para a OEA, sendo necessário seu melhoramento genético no intuito de reduzir a presença de espinhos e aumentar a produtividade, estando esses entre os principais pontos a serem melhorados para sua utilização em larga escala. Já a EC está relacionada com o conteúdo de água da planta, que está inversamente relacionado com a proporção de MS, motivo este que a EC não tem relação direta com a PMS.

**Tabela 4.** Estimativa de ganhos genéticos diretos e indiretos (%) e seleção de progênies de palma forrageira (*Opuntia undulata* Griffiths), pelo método de seleção direta (valores na diagonal, em negrito) e indireta para as características morfológicas e produtivas, Caruaru-PE

Variáveis	NCP	AP <sup>1</sup>	LP <sup>1</sup>	LC <sup>1</sup>	CC <sup>1</sup>	PC <sup>1</sup>	EC <sup>1</sup>	AC <sup>2</sup>	IAC	ESP	PMS <sup>3</sup>	Progênies selecionadas
NCP	<b>35,6</b>	1,9	10,7	-7,7	-1,3	-2,9	0,7	-11,6	3,6	-16,7	35,4	2; 9; 12**
AP <sup>1</sup>	7,6	<b>7,1</b>	8,6	4,6	7,7	8,0	0,9	13,2	20,5	-20,2	14,9	5; 7; 12**
LP <sup>1</sup>	31,1	7,1	<b>15,3</b>	1,7	3,1	3,3	0,0	4,3	17,9	-21,9	41,6	7; 9; 12**
LC <sup>1</sup>	-6,3	-0,5	4,3	<b>14,2</b>	4,9	8,0	0,4	21,1	18,1	14,5	0,2	6; 7; OEA*
CC <sup>1</sup>	7,6	7,1	8,6	4,6	<b>7,7</b>	8,0	0,9	13,2	20,5	-20,2	14,9	5; 7; 12**
PC <sup>1</sup>	-3,8	3,4	3,1	10,2	5,9	<b>8,4</b>	2,3	17,5	29,7	5,0	9,4	5; 6; 7
EC <sup>1</sup>	-19,4	-0,9	-12,3	-1,5	-1,0	-1,4	<b>11,5</b>	-4,2	-12,1	5,9	-23,5	1; 5; 8
AC <sup>2</sup>	-6,3	-0,5	4,3	14,2	4,9	8,0	0,4	<b>21,1</b>	18,1	14,5	0,2	6; 7; OEA*
IAC	3,1	2,8	6,4	7,6	3,4	5,6	-0,1	11,4	<b>30,2</b>	21,5	11,9	3; 6; 7
ESP	-8,5	-0,9	-2,6	2,3	-0,7	0,6	6,0	-0,1	4,0	<b>31,9</b>	-11,5	3; 6; 8
PMS <sup>3</sup>	29,4	5,6	14,4	-0,4	1,7	2,1	0,8	-0,2	11,1	-9,8	<b>42,4</b>	6; 9; 12**

NCP=número de cladódios por planta; AP=altura da planta; LP=largura da planta; LC=largura de cladódio; CC=comprimento de cladódio; PC=perímetro de cladódio; EC=espessura de cladódio; AC=área de cladódio; IAC=índice de área de cladódio; ESP= espinhos; PMS=produção de matéria seca. <sup>1</sup>cm; <sup>2</sup>cm<sup>2</sup>; <sup>3</sup>t MS ha<sup>-1</sup>. \*Progenitora Orelha de Elefante Africana; \*\*Clone seis (progênie selecionada no IPA-Arcoverde).

Os maiores ganhos foram para NCP, ESP e PMS. As progênies 7 (sete vezes) e 6 (seis vezes) se destacaram mais no processo de seleção, sendo todas em variáveis morfológicas para a progênie 7 e, na progênie 6, além das características morfológicas somou-se a PMS. Vale ressaltar que a progênie 12 (clone seis, advinda do IPA-Arcoverde) foi a terceira mais selecionada (cinco vezes), sendo uma delas na PMS, clone esse que obteve destaque de produção em pesquisa realizada por Cunha (2017), resultado que demonstra sua superioridade produtiva em relação a sua progenitora (OEA) já em dois ambientes. Apesar da importância das características morfológicas e nutricionais, o enfoque atual no Brasil, quanto ao melhoramento genético da palma forrageira, está sendo a seleção de indivíduos mais produtivos e resistentes às pragas e doenças (CUNHA, 2021), sobretudo a cochonilha do carmim.

Em relação à composição química, existe pouca variação entre progênies de palma forrageira. Não houve diferença significativa ( $P>0,05$ ) para os teores de matéria seca (MS), extrato etéreo (EE), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) (Tabela 5).

O baixo teor de MS é uma característica comum da palma forrageira, porém, alguns trabalhos indicam menor teor de matéria seca na palma forrageira Orelha de Elefante Africana, tais como 82, 94 e 65 g de MS/kg MN obtidos por Rocha Filho (2012), Santos (2012) e Silva et al. (2022), respectivamente. Para o teor de MS, foi quantificado, em média, 66,9 g/kg MN (Tabela 5), porém, pode-se observar pouca variação nesta variável entre as progênies avaliadas. O baixo teor de MS (66,9 g MS/kg MN), provavelmente ocorreu em função do volume de chuvas próximo ao corte, fazendo com que, nesse momento, os cladódios estivessem muito túrgidos, bem como, com maior presença de cladódios jovens nas plantas. Em contrapartida, essa elevada quantidade de água é importante para atender à necessidade hídrica dos animais via palma, fator limitante em regiões Semiáridas (DUBEX JÚNIOR et al, 2010).

Foi observado diferença significativa ( $P<0,05$ ) nas variáveis matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO) e proteína bruta (PB) entre as progênies (Tabela 5). Os teores médios de MM e MO foram 142,0 e 858,0 g kg MS, respectivamente (Tabela 5). Como estes teores são diretamente relacionados, os maiores valores de MM foram obtidos para as progênies 2, 6, 7, 9, 10 e 12, enquanto, 1, 3, 4, 5, 8 e OEA apresentaram maiores valores para a MO.

**Tabela 5.** Valor nutritivo de progênies de palma forrageira Orelha de Elefante Africana (*Opuntia undulata* Griffiths); Caruaru – PE

Tratamento	MS <sup>1</sup>	MM <sup>2</sup>	MO <sup>2</sup>	EE <sup>2</sup>	PB <sup>2</sup>	PIDN <sup>3</sup>	DIVMS
Progênie 1	65,6A	118,0B	882,0A	8,9A	45,0A	60,3A	896,6A
Progênie 2	68,9A	149,8A	850,2B	9,3A	44,9A	92,6A	901,9A
Progênie 3	62,8A	126,8B	873,3A	9,4A	41,6B	83,4A	891,2A
Progênie 4	75,4A	138,4B	861,6A	11,4A	40,4B	88,6A	889,7A
Progênie 5	75,4A	134,9B	865,1A	13,6A	39,7B	79,5A	911,4A
Progênie 6	62,1A	159,6A	840,4B	14,9A	41,1B	75,6A	901,6A
Progênie 7	59,2A	161,7A	838,3B	15,3A	48,3A	68,4A	916,3A
Progênie 8	54,3A	134,2B	865,8A	14,3A	44,8A	65,8A	911,1A
Progênie 9	66,8A	147,8A	852,2B	14,0A	40,0B	71,6A	916,9A
Progênie 10	67,9A	157,7A	842,3B	10,8A	45,7A	64,4A	900,6A
OEA*	73,4A	132,1B	867,9A	9,1A	49,8A	60,6A	916,6A
Progênie 12**	71,0A	143,0A	857,0B	8,7A	46,1A	75,8A	912,3A
Média Geral	66,9	142,0	858,0	11,6	44,0	73,9	905,5
CV (%)	16,87	12,56	2,08	44,05	10,48	23,33	2,49

MS=matéria seca; MM=matéria mineral; MO=matéria orgânica; EE=extrato etéreo; PB=proteína bruta; PIDN=proteína insolúvel em detergente neutro; DIVMS=digestibilidade *in vitro* da matéria seca. CV=coeficiente de variação. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ( $P < 0,05$ ). <sup>1</sup>g/kg MN; <sup>2</sup>g/kg MS; <sup>3</sup>g/kg PB. \*Progenitora Orelha de Elefante Africana; \*\*Clone seis (progênie selecionada no IPA-Arcoverde).

O baixo teor de PB é uma característica inerente a própria espécie, no presente estudo foi quantificado em média 44,0 g PB/kg MS, com as progênies 1, 2, 7, 8, 10, OEA e 12 apresentando os maiores valores. Estes resultados estão abaixo do valor (56,1 g de PB/kg MS) obtido por PESSOA et al. (2020), como média entre cladódios de OEA em diferentes fenofases. Vale ressaltar que os autores observaram baixa variação entre as fenofases (cladódios jovens, intermediários e maduros) avaliadas. Ressalta-se que independente da progênie, os valores são considerados baixos, pois, segundo VAN SOEST (1994), são necessários 70 g/kg MS para atender as exigências mínimas de PB para crescimento e desenvolvimento da microbiota ruminal responsável pela degradação dos alimentos.

Não houve diferença significativa ( $P>0,05$ ) para os teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), lignina digerida em ácido (LDA), hemicelulose (HEM) e celulose (CEL) (Tabela 6).

Foi observado diferença significativa ( $P<0,05$ ) para a variável fibra em detergente ácido (FDA) com as progênies 4, 7, 8, 10 e 11 apresentando os maiores valores (Tabela 6). Neste contexto, avaliando progênies de palma forrageira OEA na estação experimental do IPA em Arcoverde – PE, CUNHA (2017) obteve valores médios de 107,5 g kg<sup>-1</sup> de MS, 51,3 g kg<sup>-1</sup> de PB, 244,3 g kg<sup>-1</sup> de FDN e 202,5 g kg<sup>-1</sup> de FDA. Portanto, com exceção da FDN (340,3 g/kg MS), os valores observados no presente estudo foram menores em relação aos observado por esse autor. Vale salientar que embora exista pouca variação na composição entre progênies, os fatores bióticos e abióticos podem alterar essa composição.



**Tabela 6.** Compostos fibrosos de progênies de palma forrageira Orelha de Elefante Africana (*Opuntia undulata* Griffiths); Caruaru – PE

Tratamento	FDN <sup>1</sup>	FDNcp <sup>1</sup>	FDA <sup>1</sup>	LDA <sup>1</sup>	HEM <sup>1</sup>	CEL <sup>1</sup>	CNF <sup>1</sup>	CF <sup>1</sup>
Progênie 1	361,5A	272,6A	174,9B	14,4A	186,5A	160,5A	560,0A	272,6A
Progênie 2	350,6A	233,4A	171,9B	17,6A	178,7A	148,3A	562,6A	233,4A
Progênie 3	342,5A	238,9A	164,0B	17,4A	178,4A	146,6A	583,4A	238,9A
Progênie 4	350,5A	238,3A	185,0A	18,7A	165,4A	164,6A	597,8A	221,5A
Progênie 5	347,9A	242,8A	138,6B	14,8A	209,3A	123,9A	569,0A	242,8A
Progênie 6	344,1A	250,9A	166,7B	16,9A	177,4A	147,6A	530,0A	250,9A
Progênie 7	357,9A	255,7A	201,1A	21,4A	156,8A	179,7A	518,7A	255,7A
Progênie 8	383,8A	295,9A	186,2A	22,6A	197,5A	163,7A	510,9A	295,9A
Progênie 9	269,6A	174,7A	161,8B	16,0A	107,8A	145,7A	623,5A	174,7A
Progênie 10	343,7A	243,9A	202,5A	22,6A	141,2A	171,4A	542,2A	243,9A
OEA*	336,4A	246,7A	184,5A	20,1A	151,8A	164,4A	542,2A	246,7A
Progênie 12**	295,3A	183,3A	176,0B	21,8A	119,4A	249,8A	619,0A	183,3A
Média Geral	340,3	239,7	176,1	18,7	164,2	163,9	563,3	238,3
CV (%)	15,79	22,34	12,51	25,75	31,93	38,32	10,23	21,88

FDN=fibra em detergente neutro; FDNcp=fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; FDA=fibra em detergente ácido; LDA=lignina digerida em ácido; HEM=hemicelulose; CEL=celulose; CNF= carboidratos não fibrosos; CF=carboidratos fibrosos. CV=coeficiente de variação. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ( $P<0,05$ ). <sup>1</sup>g/kg MS. \*Progenitora Orelha de Elefante Africana; \*\*Clone seis (progênie selecionada no IPA-Arcoverde).

Para os carboidratos, houve diferença significativa ( $P<0,05$ ) nos teores de CHOT e em sua fração C, com médias de 803,2 g CHOT/kg MS e 24,1 g C/kg CHOT. Estes resultados demonstram que a diferença em carboidratos está na sua fração indigestível, ou seja, que não fornece energia, e as progênies 7, 8 e 10 apresentaram os maiores valores, 30,6; 32,4 e 32,2 g/kg CHOT, respectivamente (Tabela 7). Vale ressaltar que esta diferença na fração C não foi suficiente para causar diferença na DIVMS (Tabela 5).

Avaliando seis clones de palma forrageira, JARDIM et al. (2021) observaram maior teor de carboidratos no clone OEA, sendo 59% a mais em relação aos clones Orelha de Elefante Mexicana (OEM) e F8, que apresentaram os menores valores. Demonstrando assim o potencial da OEA como fonte de energia para alimentação de ruminantes.

**Tabela 7.** Concentrações de carboidratos totais (CHOT) e suas frações em progênies de palma forrageira Orelha de Elefante Africana (*Opuntia undulata* Griffiths); Caruaru – PE

Tratamento	CHOT <sup>1</sup>	A+B1 <sup>2</sup>	B2 <sup>2</sup>	C <sup>2</sup>
Progênie 1	828,1A	671,9A	311,0A	18,6B
Progênie 2	796,0B	708,1A	259,8A	22,3B
Progênie 3	822,3A	709,5A	269,3A	21,2B
Progênie 4	819,3A	729,2A	248,6A	22,2B
Progênie 5	811,8A	701,0A	280,2A	18,8B
Progênie 6	784,4B	675,0A	328,9A	25,9B
Progênie 7	774,7B	670,1A	299,7A	30,6A
Progênie 8	806,7A	632,7A	334,9A	32,4A
Progênie 9	798,2B	781,1A	202,7A	16,2B
Progênie 10	786,1B	688,2A	275,9A	32,2A
OEA*	809,0A	695,9A	279,6A	24,5B
Progênie 12**	802,3A	771,2A	216,0A	24,0B
Média Geral	803,2	702,8	275,6	24,1
CV (%)	2,46	9,57	22,11	33,83

CHOT=carboidratos totais; CNF=carboidratos não fibrosos; CF=carboidratos fibrosos. CV=coeficiente de variação. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ( $P<0,05$ ). <sup>1</sup>g/kg MS; <sup>2</sup>g/kg CHOT. \*Progenitora Orelha de Elefante Africana; \*\*Clone seis (progênie selecionada no IPA-Arcoverde).

#### 4. CONCLUSÕES

As progênies 6, 7, 9 e 12 são as mais promissoras para produção de matéria seca.

Poucas avaliações são suficientes para predizer o valor verdadeiro para características morfológicas e produção de matéria seca em *Opuntia undulata* Griffiths com bom grau de confiabilidade por apresentar alta repetibilidade, com exceção para a variável espessura de cladódio.

Quanto ao ganho genético, a progênie 6 se destacou na produção de matéria seca e espinhosidade, características de maior interesse no melhoramento da palma forrageira Orelha de Elefante Africana.

Progênies de palma Orelha de Elefante Africana apresentam elevada digestibilidade *in vitro* da matéria seca.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis**. 21st ed. USA: AOAC International, 2019. 3290 p.
- APAC, 2022. **Agência Pernambucana de águas e clima**. Disponível em: <http://old.apac.pe.gov.br/>
- BOTREL, M. A. et al. Estimativas de coeficientes de repetibilidade para produção de matéria seca em cultivares de alfafa sob diferentes ambientes. **Revista Ceres**, v.47, n.274, p. 651-663, 2000.
- CARDOSO, D. B. et al. Levels of inclusion of spineless cactus (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) in the diet of lambs. **Animal Feed Science and Technology**, v.247, p.23–31, 2019.
- COÊLHO, J.J. et al. Prediction of the nutritional value of grass species in the semiarid region by repeatability analysis. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.53, n.3, p.378-385, 2018.
- CRUZ, C. D. Genes Software – extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum**. v. 38, n. 4, p. 547-552, 2016
- CRUZ, C.D. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.35, p.271-276, 2013
- CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3.ed. Viçosa: Ed. da UFV, 2014. 668p.
- CUNHA, J. T.S. F da. **Avaliação de progênies do clone de palma Orelha de Elefante Africana (*Opuntia undulata* Griffithis)**. 2017. 69 p. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Zootecnia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE, 2017.
- CUNHA, M. V. et al. Melhoramento da palma forrageira. In: Santos, M. V. F., Carvalho, F. F. R., Ferreira, M. A., 2020. **Palma forrageira: potencial e perspectivas**, 1. ed. Recife, PE, p. 43-62, 378 p.
- CUNHA, M.V. et al. Repeatability and divergence among genotypes of *Desmanthus* sp. in a semiarid region. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.56, e01937, 2021.
- DUBEUX JÚNIOR, J. C. B. et al. Cactus (*Opuntia* and *Nopalea*) nutritive value: A review: **Animal Feed Science and Technology**, v. 275, 114890, 2021.
- DUBEUX JÚNIOR, J.C.B. et al. Adubação mineral no crescimento e composição mineral da palma forrageira-Clone IPA-201. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.5, p.129-135, 2010.

- EDVAN, R. L. et al. Resilience of cactus pear genotypes in a tropical semi-arid region subject to climatic cultivation restriction. **Scientific Reports**, v.10, p.1–10, 2020.
- FALCONER, D.S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1987. 279p.
- FERREIRA, R.P. et al. Avaliação de cultivares de alfafa e estimativas de repetibilidade de caracteres forrageiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, p.994-1002, 1999.
- FISHER, R. A.; YATEES, F.; **Tabela estatística para pesquisa em biologia medicina e agricultura**. São Paulo. Polígono 1971, 150p.
- FLÔRES JUNIOR, P.C. et al. Repeatability and genetic dissimilarity using biometric traits of black wattle seeds. **Advances in Forestry Science**, v.5, n.2, p.333-337, 2018.
- FREIRE, J. L. et al. Evaluation of cactus pear clones subjected to salt stress. **Tropical Grasslands-Forrajões Tropicais**, v. 9, n. 2, p. 235–242, 2021.
- HOLDEN, L. A. Comparison of methods of *in vitro* dry matter digestibility for ten feeds. **Journal of Dairy Science**, v. 82, n. 8, p. 1791-1794, 1999.
- JARDIM, A. M. R. F. et al. Genotypic differences relative photochemical activity, inorganic and organic solutes and yield performance in clones of the forage cactus under semi-arid environment. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.162, p.421–430, 2021.
- LOPES, E. B. et al. Seleção de genótipos de palma forrageira (*Opuntia* spp.) e (*Nopalea* spp.) resistentes à cochonilha-do-carmim (*Dactylopius opuntiae* Cockerell, 1929) na Paraíba, Brasil. **Engenharia Ambiental**, v.7, n.1, p. 204-215, 2010.
- LOUHAICHI, M. et al. Adoption and utilization of cactus pear in South Asia—Smallholder farmers’ perceptions. **Sustainability**, v.10, n.10, p.1-15, 2018.
- MAGALHÃES, A. L. R. et al. Chemical and Mineral Composition, Kinetics of Degradation and *in vitro* Gas Production of Native Cactus. **Journal of Agricultural Studies**, v. 7, n. 4, p. 119-137, 2019.
- MARTUSCELLO, J. A. et al. Among and within family selection and combined half-sib family selection in *Panicum maximum* Jacq. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.10, p.1870-1877, 2009.
- MARTUSCELLO, J. A. et al. Repeatability and phenotypic stabilization of *Panicum maximum* accessions. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.37, n.1, p.15-21, 2015.
- McDOUGALL, E.I. The composition and output of sheep’s saliva. **Biochemical Journal**, v.43, p.99-109, 1948.

- MOURA, J. G. **Valor nutritivo e características anatômicas de variedades de palma forrageira (*Nopalea* sp. e *Opuntia* sp.) com diferentes níveis de resistência à cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae* Cockerell).** Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Zootecnia, Recife, 97 f. 2012.
- PAIXÃO, E. L. **Avaliação morfológica de clones e Progênes de palma forrageira.** Recife - PE, 70 p. 2012. Tese, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2012.
- PESSOA, D. V. et al. Forage cactus of the genus *Opuntia* in different with the phenological phase: Nutritional value. **Journal of Arid Environments**, v.181, 2020.
- R CORE TEAM, 2020. **RStudio: Integrated Development for R.** RStudio, PBC, Boston, MA. Disponível em: <http://www.rstudio.com/>
- RESENDE, M.D.V. **Genética quantitativa e de populações.** Viçosa, MG: Suprema. 463p., 2015.
- ROCHA FILHO, R. R. 2012. **Palma gigante e genótipos resistentes à cochonilha do carmim em dietas para ruminantes.** Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, 74p.
- SANTOS, A. L. A. 2012. **Utilização de nutrientes, parâmetros de fermentação ruminal, comportamento ingestivo e preferencial de ovinos recebendo dietas a base de palma forrageira.** Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, 80p.
- SANTOS, D. C. et al. Estratégias para uso de cactáceas em zonas semiáridas: novas cultivares e uso sustentável das espécies nativas. **Revista Científica de Produção Animal**, v.15, p.111–121, 2013.
- SANTOS, D. C. et al. Forage dry mass accumulation and structural characteristics of Piatã grass in silvopastoral systems in the Brazilian savannah. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.233, p.16-24, 2016.
- SENGER, C. C. D. et al. Evaluation of autoclave procedures for fibre analysis in forage and concentrate feedstuffs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 146, n. 1-2, p. 169–174, 2008.
- SILVA, D. D. et al. Nutritional Quality of *Opuntia* ssp. at Different Phenological Stages: Implications for Forage Purposes. **Journal of Agricultural Studies**, v.10, n.1, 2022.
- 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, p.10-18, 2015.

- SILVA, T. G. F. et al. Área do cladódio de clones de palma forrageira: modelagem, análise e aplicabilidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.9, p.633-641, 2014.
- SNIFFEN, C. J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 7, p. 446 3562–3577, 1992.
- SOARES, B. C. et al. Repetibilidade de características físicas e químicas em frutos de pequi. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.39, n.2, 2017.
- TILLEY, J. M. A.; TERRY, R. A. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. **Journal British of Grassland Society**, v.18, n.2, p.104-111, 1963.
- TORRES, F. E. et al. Number of cuts for estimating forage productivity in *P. maximum*. **Bioscience Journal**, v.32, n.1, 2016.
- VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2ed. New York: Cornell University Press, 1994. 476 p.
- VAN SOEST, P. J. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. I. Preparation of fiber residues of low nitrogen content. **Journal of the Association of Official Agricultural Chemists**, v.46, p.825-829, 1963a.
- VAN SOEST, P. J. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. **Journal of the Association of Official Agricultural Chemists**, v. 46, p. 829-835, 1963b.
- VENCOVSKY, R. **Genética quantitativa**, In: KERR, W.E. Genética e melhoramento. São Paulo USP.1969, p17-18.

## APÊNDICES

---







**Figura 3.** Implantação da área experimental no Instituto Agrônomo de Pernambuco, Estação Experimental de Arcoverde.



**Figura 4.** Competição das progênies de palma forrageira no Instituto Agrônomo de Pernambuco, na Estação Experimental de Arcoverde.



**Figura 5.** Segundo corte de 14 meses das progênies de palma forrageira no Instituto Agrônomo de Pernambuco, na Estação Experimental de Arcoverde.



**Figura 6.** Croqui da área experimental no Instituto Agrônomo de Pernambuco, na Estação Experimental de Caruaru.





**Figura 7.** Progenitora Orelha de Elefante Africana (*Opuntia undulata* Griffiths ).



**Figura 8.** Início do período experimental no Instituto Agronômico de Pernambuco, na Estação Experimental de Caruaru.



**Figura 9.** Competição das progênes de palma forrageira no Instituto Agrônomo de Pernambuco, na Estação Experimental de Caruaru.



**Figura 10.** Corte aos 28 meses das progênes de palma forrageira no Instituto Agrônomo de Pernambuco, na Estação Experimental de Caruaru.