

NALÍGIA GOMES DE MIRANDA E SILVA

**AVALIAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS E COMPARAÇÃO
DE MÉTODOS DE ESTIMATIVAS DE ÍNDICE DE ÁREA DE CLADÓDIO NA
PALMA FORRAGEIRA**

RECIFE-PE
FEVEREIRO – 2009

NALÍGIA GOMES DE MIRANDA E SILVA

**AVALIAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS E COMPARAÇÃO
DE MÉTODOS DE ESTIMATIVAS DE ÍNDICE DE ÁREA DE CLADÓDIO NA
PALMA FORRAGEIRA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Zootecnia (Área de concentração: Forragicultura).

Orientador: Dr. Mário de Andrade Lira

Co-orientadores: Prof^a Mércia Virginia Ferreira dos Santos

Prof^o José Carlos Batista Dubeux Júnior

RECIFE-PE

FEVEREIRO – 2009

FICHA CATALOGRÁFICA

S586a Silva, Nalígia Gomes de Miranda e
Avaliação de características morfológicas e comparação de métodos de estimativas de índice de área de cladódio na palma forrageira / Nalígia Gomes de Miranda e Silva. -- 2009.
67 f. : il.

Orientador : Mário de Andrade Lira
Dissertação (Mestrado em Zootecnia – área de Forragicultura) - Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de Zootecnia.
Inclui bibliografia.

CDD 633.39

1. Palma forrageira
2. Análise de trilha
2. Produtividade
3. Artículos
4. Características morfológicas
5. Equação de regressão
6. Avaliação
 - I. Lira, Mário de Andrade
 - II. Título

**Avaliação de Características Morfológicas e Comparação de Métodos de
Estimativas de Índice de Área de Cladódio na Palma Forrageira**

NALÍGIA GOMES DE MIRANDA E SILVA

Dissertação definida e aprovada em 09/02/2009 pela Banca Examinadora:

Orientador:

Mário de Andrade Lira, Ph. D.
Pesquisador do IPA

Examinadores:

Alexandre Carneiro Leão de Mello, D. Sc.
Prof^o Adjunto da UFRPE

José Carlos Batista Dubeux Júnior, Ph. D.
Prof^o Adjunto da UFRPE

James P. Muir, Ph. D.
Prof^o do Texas A & M University e Texas Agrilife Research

A Deus.

A minha Mãe Cecília pelo carinho e amor incondicional que me impulsiona a lutar por meus objetivos.

OFEREÇO

À minha irmã Nerielle pelo apoio e incentivo, obrigada por tudo que tens feito por mim.
A meu pai Bonifácio, a quem tudo devo, pelo sacrifício e estímulo na minha formação escolar.

À Minha tia Nerine, pela atenção e por estar sempre ao meu lado em todos os momentos difíceis da minha vida.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que contribuíram de maneira direta ou indireta para a execução deste trabalho, bem como, de maneira especial as seguintes pessoas e instituições.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, por meio do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pelo curso recebido.

Ao Instituto Agronômico de Pernambuco – IPA, pela disponibilização dos recursos para a concretização deste trabalho.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pela concessão da bolsa de estudo.

A Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Professores Marcílio e Marcelo e aos funcionários do programa, em especial Nicácio e Cristina, pela atenção recebida durante essa jornada.

Aos funcionários da Pós-Graduação, na pessoa de Nicácio e Cristina, obrigada pela atenção dada durante a minha jornada.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal, Sr. Antônio, Dona Helena e Raquel, pelos ensinamentos nos momentos de realização das análises.

Ao professor Mário de Andrade Lira, pela orientação e apoio durante a realização deste trabalho.

Aos professores Mércia Santos e José Carlos Dubeux, pelo acompanhamento e orientação deste trabalho.

Aos professores Levy Paes Barreto e Egidio Bezerra Neto pelos ensinamentos recebidos.

Ao professor Alexandre Mello pelos ensinamentos e sugestões que colaboraram para o enriquecimento do trabalho.

A Zootecnista Maria da Conceição Silva do Instituto Agrônomo de Pernambuco, pela valorosa colaboração na execução da parte de campo.

A todos da estação experimental de Caruaru, em especial a Ivan Ferraz pela atenção.

A Djalma Santos por ter permitido a utilização do seu banco de Germoplasma para a realização deste trabalho.

Aos colegas de curso Tatiana, Iran, Andrezza, Keila, Renaldo, Clenilson (Sairé), Bruno, Rerisson, Adeneide, Felipe, Amanda, Laura, Fabiana, Eulália, Florisval, Aline, Júnior, Marcos, Márcio, Marcelo, Francisco, Jânio, Vicente, Wellington, Waleska, pelo apoio e pelos momentos que dividimos juntos que deixaram grandes lembranças.

Aos amigos da graduação em especial Marcílio, Eric, Renata, Janete, Váldson e Priscila por acreditar em mim, além do apoio concedido.

A todos os professores do Departamento de Zootecnia e do Programa de Pós-graduação, pelos ensinamentos e atenção.

SUMÁRIO

	Pág.
LISTA DE TABELAS	8
LISTA DE FIGURAS	11
1.0 RESUMO	13
2.0 ABSTRACT	15
2.1 INTRODUÇÃO	17
BIBLIOGRAFIA	22
CAPÍTULO 1 – Avaliação de características morfológicas de clones de palma forrageira	26
Resumo.....	27
Abstract.....	28
1.0 Introdução.....	29
2.0 Material e Métodos.....	30
3.0 Resultados e Discussão.....	37
4.0 Conclusões.....	50

Referências Bibliográficas.....	51
---------------------------------	----

CAPÍTULO 2 – Comparação de dois métodos indiretos para a estimativa do índice

de área de cladódio da palma forrageira.....	53
Resumo.....	54
Abstract.....	55
1.0 Introdução.....	56
2.0 Material e Métodos.....	57
3.0 Resultados e Discussão.....	60
4.0 Conclusões.....	65
Referências Bibliográficas.....	66

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabelas		Página
1	Resultados da análise de amostras de solo provenientes da área experimental antes do plantio.....	32
2	Resultados da análise de amostras do solo proveniente da área experimental após a coleta de dados.....	32
3	Clones avaliados no experimento no período de julho de 2007 a julho de 2008.....	33
4	Notas atribuídas a clones de palma forrageira para hábito de crescimento da planta, presença de pêlos no cladódio e presença de espinhos na planta.....	34

5	Estatística descritiva para produtividade e características morfológicas de clones de palma forrageira, médias de três avaliações.....	40
6	Coefficiente de correlação fenotípica de Pearson entre as características morfológicas de clones de palma forrageira, médias de três avaliações.....	44
7	Desdobramento das correlações fenotípicas de características da palma forrageira em efeitos diretos e indiretos sobre a produção de matéria seca (t/ha/2anos) pela análise de trilha, médias de três avaliações.....	47
8	Desdobramento das correlações fenotípicas de características associados da palma forrageira em efeitos diretos e indiretos sobre a produção de matéria seca (t/ha/2anos) pela análise de trilha, médias de três avaliações.....	49

CAPÍTULO 2

Tabela		Página
1	Clones de palma forrageira avaliados por duas metodologias indiretas de índice de área de cladódio.....	58
2	Teste t e equação de regressão com as metodologias indiretas de IAC correlacionadas e os seus respectivos coeficientes de determinação para as diferentes idades	64

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura		Página
1	Precipitação mensal durante o período experimental, Caruaru-PE.....	31

CAPÍTULO 2

Figuras		Página
1	Índice de área de cladódio obtido aos 7 meses de idade pelas diferentes metodologias.....	61
2	Índice de área de cladódio obtido aos 12 meses de idade pelas diferentes metodologias.....	62

RESUMO

O experimento foi realizado na Estação Experimental de Caruaru, pertencente ao Instituto Agrônomo de Pernambuco, objetivando avaliar a relação entre as características morfológicas e produtivas de clones de palma forrageira, para identificação de características que contribuam diretamente com a produção, bem como verificar o método indireto mais indicado para estimativa do índice de área de cladódio (IAC). O experimento foi realizado utilizando clones provenientes do banco de Germoplasma constituído por 441 clones, dos quais, por meio de sorteio, avaliaram-se características morfológicas de 50 clones de palma forrageira. Foram avaliadas as seguintes variáveis relativas à planta: largura, altura, IAC (equação de regressão e contornos realizados em papéis), hábito de crescimento, presença de pêlos e de espinhos. Nos cladódios observaram-se as medidas de comprimento, largura, perímetro, espessura, ângulo, número e tamanho de espinhos. Utilizou-se a estatística descritiva dos dados obtidos, bem como a análise de trilha, sendo considerada variável dependente principal a produção de matéria seca (t/ha/2anos). Como variáveis independentes explicativas, utilizaram-se as seguintes variáveis: altura média da planta (AP), largura da planta (LP), largura do artigo primário (LA1), largura do artigo secundário (LA2), comprimento do artigo primário (CA1), comprimento do artigo secundário (CA2) e espessura do artigo terciário (EA3). As variáveis apresentaram correlações

positivas e de baixa a alta magnitude, entre si, entretanto, significativa apenas para altura da planta, largura da planta, largura do artículo primário e comprimento do artículo primário. A altura da planta apresentou maior correlação com a produção de matéria seca $r = 0,61$. No entanto, sua contribuição para a produção de matéria seca via efeito direto demonstrou ser de baixa magnitude, indicando existir outras características influenciando a correlação, sendo necessário à associação da altura da planta com outras características, visando explicar a produção de matéria seca. A associação das características altura com largura da planta promoveu alta correlação fenotípica (0,71) e maior efeito direto (0,69) na produção de matéria seca, exibindo forte influência na expressão desta característica. A metodologia mais eficiente para a obtenção do IAC foi pelo contorno dos cladódios em folhas de papel, porém, requer tempo para execução do trabalho. Pesquisadores que desejam agilizar o trabalho podem utilizar a metodologia de equação de regressão por mensurar o IAC de forma satisfatória.

ABSTRACT

The experiment was accomplished at the Experimental station of Caruaru belonging at Instituto Agronômico de Pernambuco, aiming to evaluate the relationship among the morphologic and productive characteristics of cactus forage clones, for identification of characteristics related directly to production, as well as to verify the best indirect method for estimating the cladode area index (IAC). The experiment was accomplished using clones from a germplasm bank with a total of 441 cactus clones. A random selection of 50 clones was performed for evaluation in this study. The following plant characteristics were evaluated: plant width, plant height, cladode area index (IAC) by two methods (regression equation and contours accomplished in papers), growth habit, presence of hair and thorns. The following measures were performed on the cladodes: cladode length, cladode width, cladode perimeter, cladode thickness, angle, number and size of thorns. It was performed a descriptive statistics analysis of the data as well as path analysis, being considered main dependent variable the dry matter production (t/ha/2years). As explanatory independent variables, the following variables were used: average plants height (AP), plant width (LP), width of the primary article (LA1), width of the secondary article (LA2), length of the primary article (CA1), length of the secondary article (CA2) and thickness of the tertiary article (EA3). The variables presented positive correlations, ranging from low to high magnitude; however, significant results were obtained just for plant height, plant width, width of the primary

article and length of the primary article. The plant height presented larger correlation with the dry matter production ($r = 0,61$), however, its contribution for the dry matter production through direct effect showed low magnitude. This fact indicates that other characteristics are influencing the correlation, being necessary to the association of plant height with other characteristics seeking to the production of dry matter. The association of the characteristic plant height with plant width promoted high correlation phenotypic (0,71) and larger direct effect (0,69) in the production of dry matter exhibiting strong influence in the expression of this characteristic. The most efficient methodology for the obtaining the IAC was for the contour of the cladodes in paper leaves, even so, it requests time for execution of the work. Researchers that want to activate the work can use the methodology of regression equation to measure IAC in a satisfactory way.

INTRODUÇÃO

A palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill e *Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck) é uma cultura originária do México, sendo hoje encontrada em todo o mundo (Silva et al., 2008). Segundo Simões et al. (2005), existem muitas controvérsias sobre a chegada da palma no Brasil. Há relatos que a mesma foi cultivada primeiramente na cidade do Rio de Janeiro, pelo frei José Mariano da Conceição Veloso, que reunia informações sobre técnicas de cultivo e manejo sobre a planta para a produção do carmim, pelo inseto *Dactylopius coccus*.

Posteriormente, a palma foi introduzida no Nordeste brasileiro, no início do século XX, sendo disseminada por ordem do governo, após a seca de 1932 (Lima et al., 2001). No entanto, percebeu-se que as pequenas plantações já estabelecidas eram insistentemente procuradas por bovinos, caprinos e ovinos que as comiam. Assim, a planta passou a ser utilizada por criadores de animais (SEBRAE-PE, 2003). Atualmente, acredita-se que existam 500.000 hectares cultivados de palma forrageira no Nordeste, dos quais, encontram-se 100.000 em Pernambuco (Santos et al., 2001).

Em se tratando de criação animal, em Pernambuco a pecuária concentra-se nas Zonas do Agreste e Sertão, onde, o fenômeno natural da seca, é caracterizado pela ausência, pouca frequência, limitada quantidade e distribuição irregular da precipitação pluviométrica durante o período chuvoso (Ramos et al., 2008).

Nessa região os animais estão sujeitos a déficit alimentar, pois a pastagem nativa apresenta baixa produtividade, reduzida capacidade de suporte e baixo valor nutritivo em virtude da lignificação da parede celular e do decréscimo de proteína bruta das plantas, restringindo a produção de carne e leite (Bispo et al., 2007; Madruga et al., 2005).

O uso da palma forrageira na alimentação dos ruminantes é uma importante alternativa não somente pelo fornecimento de nutrientes, mas também por aliviar o problema do suprimento de água aos mesmos. Conforme Santos et al. (2005), a palma contém, em média, 90% de água, exibindo variação no teor de umidade, conforme a época do ano, entre 76%, em plena estiagem, e 95%, no período de chuva.

Esta planta possui uma eficiência de uso de água de aproximadamente 50:1, ou seja, consome 50 kg de água para cada quilograma de matéria seca formada, enquanto

que as plantas C_3 e C_4 apresentam eficiência por volta de 1000:1 e 500:1, respectivamente (Alves et al., 2007). Sua fisiologia é caracterizada pelo processo fotossintético MAC (Metabolismo Ácido da Crassulácea), que assimila CO_2 durante a noite, devido às restrições na disponibilidade de água e pressão ambiental, que resulta em baixa transpiração, fechando os estômatos durante o dia, a fim de manter a hidratação dos tecidos (Chiacchio et al., 2006).

Além disso, há outras vantagens no cultivo da palma forrageira, podendo-se destacar o período de armazenamento após colheita de até 16 dias sem perdas significativas de matéria seca e carboidratos solúveis. Outra característica que chama atenção é que esta pode ser armazenada no próprio campo, sendo colhida apenas no momento necessário sem perdas significativas da qualidade da forragem (Santos et al., 1998).

Entretanto, a palma apresenta limitações em relação ao teor de proteína e fibra, porém, elevado teor de minerais. Sua composição química varia conforme a espécie, cultivar, idade da planta e do cladódio, adubação, espaçamento e época do ano (Teles et al., 2004). Bispo et al. (2008) relatam que a palma forrageira, apresenta alta taxa de digestão ruminal, sendo a matéria seca degradada de forma extensa e rápida, favorecendo maior taxa de passagem no rúmen.

Segundo Santos et al. (2005), esta forrageira apresenta também baixo nível de matéria seca e quantidade reduzida de fibra, com aproximadamente 26% de FDN e 20% de FDA. Essas características implicam em baixa ingestão de matéria seca, queda no teor de gordura do leite, diarreia e perdas de peso dos animais, quando a planta é oferecida como alimento exclusivo.

Outra característica que pode variar conforme o cultivo e o ambiente é a produtividade, que está associada à captação atmosférica diária do CO_2 e é resultante dos efeitos integrados do ambiente sobre o crescimento (temperatura, luminosidade, umidade do solo, etc.). Com o aumento da área de superfície dos cladódios por unidade de solo, conhecido como índice de área de cladódios (IAC), aumenta a produção de matéria seca (Nobel, 2001). Santos et al. (2008) ressaltam que o aperfeiçoamento do manejo e o melhoramento genético, são os principais fatores responsáveis pelos ganhos produtivos obtido ao longo dos anos no Nordeste do Brasil.

No entanto, a produtividade pode ser influenciada pela densidade de plantio, ou seja, à medida que se aumenta a quantidade de plantas por área, aumenta a produtividade. A densidade comumente sugerida é de 40.000 plantas/ha, que pode

umentar a produtividade para cerca de 20 t MS/ha/ano, quando manejada e adubada adequadamente. Porém, o espaçamento vai depender das necessidades e preferências específicas de cada agricultor (Menezes et al., 2005), pois o mesmo está diretamente associado a interceptação da luz e, conseqüentemente, a eficiência fotossintética (Farias et al., 2000).

Quanto ao aspecto sanitário, existe registro de ocorrência de praga da cochonilha de escama e de carmim. A cochonilha trata-se de um inseto pertencente à ordem hemíptera, subordem Homóptera, que forma a grande superfamília *Coccoidea*, que infesta a palma causando danos diretos e indiretos (Vasconcelos et al., 2007). Tanto as formas jovens como a adulta, sugam a seiva para se alimentar, causando inicialmente um dano direto pela ação espoliadora, quando as raquetes começam a mostrar clorose. Logo após vem o dano indireto, que por se tratar de um inseto picador-sugador, abre orifícios por onde penetram os microorganismos que causam o apodrecimento e queda dos cladódios (Waeumby et al., 2005).

Para o combate da praga utilizam-se inimigos naturais conhecidos vulgarmente por joaninhas (*Calloenseis*), pois as mesmas combatem a cochonilha em todas as suas fases evolutivas. Outra medida preventiva é não cultivar artigos infestados de cochonilha e evitar aqueles que estão em fase de apodrecimento (Andrade, 1990). Além da joaninha, pode-se utilizar outro inimigo natural que são as vespinhas (*Plagiomerus cyaneus*) (Santos et al., 2006).

O controle químico se torna inviável, devido às condições socioeconômicas dos pequenos produtores rurais, que utilizam a palma como reserva estratégica alimentar para períodos de seca do ano. Além disso, a utilização de inseticidas torna-se um problema por afetar o equilíbrio natural das populações de insetos (Brito et al., 2008).

Embora a palma forrageira seja muito avaliada em termos de características morfológicas, raros são os estudos que as correlacionam com a produção. Vencovsky (1977) relata que algumas características fenotípicas, de uma dada espécie ou cultivar, pode estar intimamente relacionada com a produtividade agrícola. A identificação de tais características é importante para o melhoramento genético, por constituírem critérios para a seleção de plantas mais produtivas.

Desse modo, faz-se necessário a quantificação e o conhecimento da natureza das correlações entre a produtividade e características morfológicas que podem ser úteis no processo de seleção (Dhaliwal, 1968). A correlação mede a associação de duas

variáveis (Li, 1975), mas não determina a relação causa-efeito entre elas, a qual pode ser medida pela análise de trilha (Caierão et al., 2001).

A seleção objetivando maior disponibilidade de forragem assegura possibilidade real para o melhoramento de forrageiras tropicais. A importância da correlação entre características no melhoramento genético consiste em se poder avaliar o quanto da alteração de uma característica pode afetar os demais no decorrer da seleção (Silva et al., 2008).

A interpretação direta de suas magnitudes através da correlação isoladamente, sem os desdobramentos dos efeitos, pode resultar em equívocos na estratégia de seleção, pois correlação alta entre duas características podem ser resultados do efeito, sobre este, de um terceiro caráter ou de um grupo de caracteres. Assim, faz-se necessário o emprego de metodologias específicas como a análise de trilha (Daher et al., 2006).

A análise de trilha consiste no estudo dos efeitos diretos e indiretos de características sobre uma variável principal ou básica, cujas estimativas são obtidas por meio de equações de regressão, em que as variáveis são previamente padronizadas (Cruz e Regazzi, 1997).

Para fins de melhoramento, é importante identificar, dentre as características de alta correlação com a variável principal, aquelas de maior efeito direto, de tal forma que a resposta correlacionada por meio da seleção indireta seja eficiente. Assim, a análise de trilha ou “Path analysis” é um artifício que o melhorista dispõe para entender as causas envolvidas nas associações entre caracteres e decompor a correlação existente em efeitos diretos e indiretos (Kurek et al., 2001).

Considerando-se a importância do estudo das correlações entre as características da planta, o presente trabalho objetivou determinar as características morfológicas que influenciam direta e indiretamente a produtividade da palma forrageira, bem como identificar método indireto mais indicado para a estimativa do índice de área de cladódio.

BIBLIOGRAFIA

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

BISPO, S. V.; FERREIRA, M. A.; VÉRAS, A. S. C.; BATISTA, A. M. V.; PESSOA, R. A. S.; BLEUEL, M. P. Palma forrageira em substituição ao feno de capim-elefante. Efeito sobre consumo, digestibilidade e características de fermentação ruminal em ovinos. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.36, n.6, p. 1902-1909, 2007.

CAIERÃO, E.; CARVALHO, F. I. F.; PACHECO, M.T.; LONRECCETI, C.; MARCHIORO, V.S.; SILVA, J.G. Seleção indireta em aveia para o incremento no rendimento de grãos. **Ciência Rural**, v.31, n.2, p.231-236, 2001.

CHIACCHIO, F. P. B.; MESQUITA, A. S.; SANTOS, L. R. Palma forrageira: uma oportunidade econômica ainda desperdiçada para o semi-árido baiano. **Bahia Agrícola**, v.7, n.3, p.39-49, nov.2006.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético e estatístico**. Viçosa: Editora UFV, 1997.

DAHER, R. F.; PEREIRA, A. V.; PEREIRA, M. G.; LÉDO, F. J. S.; AMARAL JR., A. T.; ROCABADO, J. M. A.; FERREIRA, C. F.; TARDIN, F. D. Análise de trilha de caracteres de forrageiros de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum). **Ciência Rural**, v.34, n.5, 1531-1535, 2006.

DHALIWAL, T. S. Correlations between yield and morphological characters in Puerto Rican and Colummaris varieties of *Coffea Arabica* L. **Journal Agriculture University**, v.5, p. 29-37, 1968.

FARIAS, I.; LIRA, M.A.; SANTOS, D.C. et. al. Manejo de colheita e espaçamento da palma forrageira, em consórcio com o sorgo granífero, no agreste de pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.2, p.341-347, 2000.

KUREK, A. J.; CARVALHO, F. I. F.; ASSMANN, I. C.; MARCHIORO, V. S.; CRUZ, P. J. Análise de trilha como critério de seleção indireta para rendimentos de grãos em feijão. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.7, n.1, p. 29-32, 2001.

LI, C. C. Path analysis – a primer. Pacific Grove, CA: The Broxwood Press, 1975. 347p.

LIMA, I. M. M.; GAMA, N. S. Registro de plantas hospedeiras (cactaceae) e de nova forma de disseminação de *Diaspis echinocacti* (Bouché) (Hemíptera: Diaspididae), cochonilha-da-palma-forrageira, nos estudos de Pernambuco e Alagoas. **Neotropical Entomology**, v.30, n.3, p479-481, 2001.

MADRUGA, M. S.; SOUZA, W. H.; ROSALES, M. D.; CUNHA, M. G. G.; RAMOS, J. L. F. Qualidade da carne de cordeiros santa Inês terminados com diferentes dietas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.1, p. 309-315, 2005.

MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. S. B.; SALCEDO, I. H.; SOUZA, F. J. Produtividade de palma em propriedades rurais. In: MENEZES, R. S. C.; SIMÕES, D. A.; SAMPAIO, E. V. S. B. (eds). **A Palma no Nordeste do Brasil** conhecimento atual e novas perspectivas de uso. 2º ed. Recife: Ed universitária da UFPE. 2005, p.143-158.

NOBEL, P. S.; Biologia ambiental. In: INGLESE, G. B. P.; BARRIOS, E. P. (eds). **Agroecologia Cultivo e Usos da Palma Forrageira**. SEBRAE/PB, p.36-48. 2001.

RAMOS, J. P. F.; OLIVEIRA JUNIOR, S.; LEITE, M. L. M. V.; BRITO, E. A.; NASCIMENTO, J. P.; FREITAS, F. F.; MAGALHAES, T. Carboidratos fibrosos de (*Opuntia ficus-indica*) em função do espaçamento no semi-árido paraibano. In.: V

CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 36., 2008, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Sociedade Nordestina de Produção Animal, [2008] (CD-ROM).

SANTOS, D. C.; LIRA, M. A.; SILVA, M. C.; CUNHA, M. V.; DUBEUX JUNIOR, J. C. B.; FERRAZ, I.; VAZ, A. A. Produtividade da palma forrageira cv. Clone IPA-20 sob diferentes níveis de adubação orgânica e populações em duas regiões de Pernambuco. In.: V CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 36., 2008, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Sociedade Nordestina de Produção Animal, [2008] (CD-ROM).

SANTOS, D. C.; SANTOS, M. V. F.; FARIAS, I.; DIAS, F. M.; LIRA, M. A. Desempenho produtivo de vacas 5/8 holando/zebu alimentadas com diferentes cultivares de palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.1, p.12-17, 2001.

SANTOS, M. V. F.; FARIAS, I.; LIRA, M. A.; NASCIMENTO, M. M. A.; SANTOS, D. C.; TAVARES FILHO, J. J. Colheita da Palma Forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) cv. Gigante sobre o Desempenho de Vacas em Lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.1, p.33-39, 1998.

SANTOS, M. V. F.; FERREIRA, M.A.; BATISTA, A. M. V. Valor nutritivo e utilização da palma forrageira na alimentação de ruminantes. In: MENEZES, R. S. C.; SIMÕES, D. A.; SAMPAIO, E. V. S. B. (eds). **A Palma no Nordeste do Brasil** conhecimento atual e novas perspectivas de uso. 2º ed. Recife: ed universitária da UFPE. p.143-158, 2005.

SEBRAE-PE. **Projeto palma cadeia produtiva de alimentação tecnologia de adensamento**. Recife – FAEPE, 2003, 31p.

SILVA, A. M. A.; SANTOS, J. J.; COSTA, W. D.; BARROS, L. E. F.; SANTOS, A. P. M.; SILVA, R. A. C.; SILVA, W. C. M. Efeito do espaçamento e forma de plantio sobre a palma forrageira “*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck” no semi-árido alagoano. In.: V CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 36., 2008, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Sociedade Nordestina de Produção Animal, [2008] (CD-ROM).

SILVA, M. A.; LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F. análise de trilha em caracteres produtivos de *Pennisetum* sob corte em Itambé, Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.37, n.7, p.1185-1191, 2008.

SIMÕES, D. A.; SANTOS, D. C.; DIAS, F. M. Introdução da palma forrageira no Brasil. In: MENEZES, R. S. C.; SIMÕES, D. A.; SAMPAIO, E. V. S. B. (eds). **A Palma no Nordeste do Brasil** conhecimento atual e novas perspectivas de uso. 2ªed. Recife: ed universitária da UFPE. p.13-26, 2005.

TELES, M. M.; SANTOS, M. V. F.; DUBEUX JR., J. C. B.; LIRA, M. A.; FERREIRA, R. L. C.; BEZERRA NETO, E.; FARIAS, I. Efeito da adubação e do uso de nematicida na composição química da palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) cv. Gigante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1992-1998, 2004.

VENCOVSKY, R. **Princípios de genética quantitativa**. Piracicaba: ESALQ – Departamento de Genética, 1977. 97p. (ESALQ. Publicação Didática).

CAPÍTULO 1

Avaliação de características morfológicas de clones de palma forrageira

¹Capítulo elaborado baseado nas normas da Revista Brasileira de Zootecnia

Avaliação de características morfológicas de clones de palma forrageira

Resumo – Objetivou-se avaliar a relação entre as características morfológicas e produtivas de clones de palma forrageira, para identificação daquela que contribuem diretamente com a produção. Foram avaliados cinquenta clones de palma forrageira, pertencentes ao banco de Germoplasma do Instituto Agronômico de Pernambuco – IPA, na Estação Experimental de Caruaru. No palmar, com cinco anos de implantado, colhido dois anos antes. Foram realizadas avaliações das características da planta e do cladódio. Realizou-se a estatística descritiva, correlação de Pearson, bem como a análise de trilha das variáveis independentes explicativas, sobre a produção de matéria seca em t/ha/2anos (variável dependente principal). Observou-se através da estatística descritiva que a produção variou entre clones; sendo os clones mais produtivos: 8, 782 e 418 com produções de matéria seca de 40,8; 18,1 e 12,1 t MS/ha/2anos, respectivamente. Houve baixa correlação entre quase todas as variáveis explicativas com a produção, considerada como variável principal, sendo necessária a associação de características. A característica altura da planta associada à largura da planta explicou melhor o potencial de produção de matéria seca em t/ha/2anos por apresentar uma alta correlação com a mesma ($r = 0,71$) e maior efeito direto (0,69). A seleção indireta e não destrutiva para a produção deve ser baseada em plantas com maior altura e largura.

Palavras-chave: análise de trilha, características morfológicas, palma, produtividade

Evaluation of morphologic characteristics of cactus forage clones

Abstract – This research evaluated the relationship among the morphologic and productive characteristics of clones of cactus forage, for identification of characteristics that contribute directly with the production. It was evaluated fifty clones of cactus forage from the Germoplasma bank of the Instituto Agronômico de Pernambuco – (IPA) located in Caruaru. The cacti were planted five years and harvested two years before. It was evaluated characteristics of the plant and of the cladode. It was performed a descriptive statistics analysis, Pearson correlation, as well as a path analysis of the explanatory independent variables, with the dry matter production in t/ha/2years (main dependent variable). It was observed that the production varied among clones. The clones more productive were 8, 782 e 418 with dry matter production of 40.8; 18.1 e 12.1 tDM/ha/ 2years, respectively. There was low correlation between almost all the explanatory variables and the main variable. However, the characteristic plant height associated with plant width was capable explain better the potential of dry matter production because it presented a high correlation with dry matter production ($r = 0.71$) and the highest direct effect (0.69). Indirect and non destructive selection for yield can be achieved by the selection of plants higher and larger width.

Keys-words: Path analyses, morphologic characteristics, cactus, productivity

Introdução

A palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill e *Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck) tem sido largamente utilizada no Nordeste e vem sendo cultivada, há várias décadas, por possibilitar a alimentação animal em períodos críticos e ter características morfofisiológicas (metabolismo fotossintético MAC, estômatos distribuídos uniformemente, entre outros), que a torna tolerante a longas estiagens (Bispo et al., 2007).

Apesar da palma forrageira ser muito estudada, há poucos relatos dos efeitos diretos e indiretos das características morfológicas sobre a produção. Assim, faz-se necessário o conhecimento dos efeitos diretos, indiretos e das correlações entre a produtividade e características morfológicas, para identificação de características que influenciam de forma positiva e negativa sobre a produção.

A correlação entre características tem basicamente duas origens: genética e de ambiente. Segundo Falconer (1987), a correlação genética é ocasionada principalmente pelo pleiotropismo (propriedade pela qual um gene condiciona mais de uma característica simultaneamente) e pela ligação gênica (associação não aleatória entre alelos de diferentes locos). Conforme este mesmo autor, a correlação fenotípica é definida como a associação entre duas variáveis que podem ser observadas diretamente.

Os valores de coeficiente de correlação permitem ao pesquisador prever, de modo seguro, as alterações em uma determinada característica provocada pela pressão de seleção exercida sobre outra característica (Coimbra, 1999).

Apesar da correlação ser um parâmetro intrínseco a dois caracteres, sua decomposição é dependente do conjunto de caracteres estudados, que são avaliados através do conhecimento de sua importância e de possíveis inter-relações expressas em diagrama de trilha (Cruz et al, 2004).

A análise de trilha, que envolve princípios de regressão onde as variáveis são padronizadas é, em essência, um estudo da decomposição do coeficiente de correlação, permitindo avaliar se a relação entre duas variáveis é de causa e efeito ou determinada pela influência de outras variáveis (Cruz & Carneiro, 2003).

Considerando-se a importância do estudo das correlações entre as características da planta, o presente trabalho objetivou determinar as características morfológicas que influenciam direta e indiretamente na produtividade da palma forrageira.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Estação Experimental de Caruaru, pertencente ao Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), localizada na cidade de Caruaru, microrregião fisiográfica do Agreste do Estado de Pernambuco (08°14'18'' de latitude Sul e 35°55'20'' de longitude Oeste e 537 m de altitude). No período de julho de 2007 a julho de 2008. A precipitação pluvial no período experimental (Figura 1) foi em torno de 724 mm, com 70% deste total ocorrendo nos meses de março a julho. O clima é classificado como tropical do tipo semi-árido, com temperatura média anual de 22,5°C, podendo oscilar entre 25°C a 31°C, na estação seca e entre 16°C a 20°C na chuvosa (Anuário Estatístico de Pernambuco, 1991).

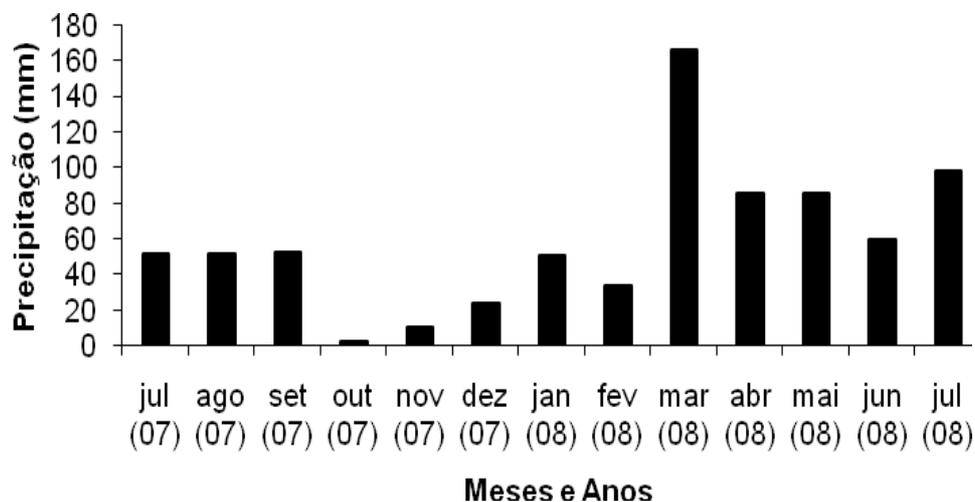


Figura 1 – Precipitação mensal durante o período experimental, Caruaru-PE

Foram avaliados clones de palma forrageira em um banco de germoplasma formado por 441 clones, sendo os materiais oriundos do IPA. O estabelecimento dos clones ocorreu no mês de maio de 2002 em área de 1200 m², utilizando-se artigos maduros, na posição inclinada, com espaçamento de 1,0 m x 0,50 m, sendo cada clone distribuído em linhas, com quatro plantas por entrada. Realizou-se a adubação orgânica com esterco bovino equivalente a 30.000 kg/ha, no momento do plantio e após cada corte. O primeiro corte do palmar se deve no ano de 2005 para a alimentação dos animais, o segundo corte foi realizado no mês de julho de 2007 após a coleta de dados da primeira avaliação.

Coletaram-se amostras de solo na profundidade de 0 a 20 cm antes do plantio, bem como ao término da coleta de dados, na profundidade de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm para determinação da análise química, no Laboratório de Fertilidade do solo do IPA (Tabela 2). Na Tabela 1 observa-se o resultado da análise do solo coletado antes do plantio.

Tabela 1 – Resultados da análise de amostras de solo proveniente da área experimental antes do plantio, maio de 2002

Resultados de Análise						
Identificação	P	pH	K ⁺	Al ⁺³	Ca ⁺²	Mg ⁺²
	mg/dm ³	H ₂ Ocmol/dm ³			
0 - 20 cm	>36	6,18	0,38	0,05	4,20	0,55

Tabela 2 – Resultados da análise de amostras do solo proveniente da área experimental após a coleta de dados, outubro de 2008

Resultados de Análise						
Identificação	P	pH	K ⁺	Al ⁺³	Ca ⁺²	Mg ⁺²
	mg/dm ³	H ₂ Ocmol/dm ³			
0 - 20 cm	>40	5,20	0,19	0,10	3,10	0,65
20 - 40 cm	24	5,20	0,19	0,10	2,30	0,70

Avaliaram-se, ao acaso, cinquenta clones de palma, onde 49 plantas são da espécie *Opuntia* e uma planta da espécie *Nopalea*, oriunda do Programa de Melhoramento Genético do IPA (Tabela 3), sendo realizadas três avaliações (julho de 2007, fevereiro de 2008 e julho de 2008). Na primeira avaliação, mensuraram-se as características morfológicas das plantas e dos cladódios. Nas plantas avaliou-se altura, largura, número de artículos, hábito de crescimento e presença de espinhos. As características analisadas nos cladódios, conforme a ordem e posição foram: largura, comprimento, perímetro, espessura, ângulo e presença de pêlos. Para a segunda e terceira avaliações estudaram-se todas as características descritas anteriormente, bem como o número e tamanho de espinhos. Após a avaliação das características citadas acima, foi realizada a colheita das plantas e, em seguida, coletou-se amostras de cladódios de diferentes ordens por clone, para a determinação da matéria seca.

Tabela 3 - Clones avaliados no experimento no período de julho de 2007 a julho de 2008

Clones avaliados				
Clone 2	Clone 285	Clone 495	Clone 773	Clone 1042
Clone 8	Clone 313	Clone 499	Clone 782	Clone 1043
Clone 32	Clone 315	Clone 501	Clone 796	Clone 1080
Clone 63	Clone 334	Clone 519	Clone 801	Clone 1098
Clone 205	Clone 394	Clone 520	Clone 823	Clone 1107
Clone 220	Clone 397	Clone 651	Clone 841	Clone 1153
Clone 224	Clone 404	Clone 652	Clone 852	Clone 1234
Clone 256	Clone 406	Clone 666	Clone 916	Clone 1235
Clone 264	Clone 418	Clone 686	Clone 993	IPA-20
Clone 274	Clone 485	Clone 725	Clone 1031	Miúda

Para medição de altura da planta, considerou-se o comprimento desde a extremidade do artigo mais alto até o solo. A largura da planta foi medida considerando a região de maior largura da mesma, ambos com auxílio de uma fita métrica. Foi realizada a contagem de número de artigos por ordem e atribuídas notas, por três avaliadores, para as características hábito de crescimento e presença de espinhos conforme a Tabela 4.

Após o término das avaliações realizadas na planta, realizaram-se as medições dos artigos, independentes da ordem. Para as medições de largura e comprimento dos artigos foi utilizada a fita métrica, considerando-se a região de maior largura e comprimento do artigo. Posteriormente, foram observadas as medidas de perímetro, obtidas pelo contorno do artigo com fita métrica, bem como a espessura dos artigos, utilizando-se paquímetro medindo, a região mais espessa do mesmo.

As medidas de ângulo de inserção, formado entre o artigo emergente e seu artigo base, foram obtidas com o uso de um transferidor. Em seguida atribuíram-se

notas para a característica presença de pêlos em cladódios, por três avaliadores (Tabela 4).

Tabela 4 – Notas atribuídas a clones de palma forrageira para hábito de crescimento da planta, presença de pêlos no cladódio e presença de espinhos na planta.

Hábito de crescimento da planta	Notas
Ereto	1
Semi-aberto	2
Aberto	3
Presença de pêlos em cladódios	
Ausência de pêlo	1
Pouco pêlo	2
Quantidade intermediária de pêlo	3
Muito pêlo	4
Presença de espinhos na planta	
Ausência de espinhos	1
Poucos espinhos	2
Quantidade intermediária de espinho	3
Muito espinho	4

Para a característica número de espinhos, utilizou-se um quadrado de papelão, com área total de 49 cm² (7,0 x 7,0 cm²), que possui na sua região interna um corte na forma de um quadrado, com dimensão de 5,0 x 5,0 cm². Posteriormente, aproximou-se o quadrado de papelão na porção central de um artigo adulto (completamente desenvolvido) e em um artigo jovem (artículo em desenvolvimento), realizando desta forma a contagem dos espinhos presentes na área do quadrado de 5,0 x 5,0 cm². Após esta avaliação, cinco espinhos foram coletados da planta e, com o auxílio de uma régua, obtiveram-se as medidas de comprimento em milímetros.

Após a coleta de dados da primeira avaliação, os clones foram colhidos aos dois anos de idade deixando apenas os artículos primários na planta. Após o corte, determinaram-se os pesos das plantas e coletaram-se artículos de diferentes ordens e clones para amostragem com o objetivo de determinar o teor de matéria seca. As amostras foram encaminhadas para o laboratório do Instituto Agronômico de Pernambuco, onde os artículos foram pesados em balança de precisão, em seguida cortados em fatias finas e pré-secos em estufa de ventilação forçada de ar, a 65° C. A determinação de matéria seca foi realizada de acordo com a metodologia proposta por Silva & Queiroz (2002).

Foram realizadas estimativas de produção de matéria seca para segunda e terceira avaliações, visto que, houve apenas um corte durante o período experimental, conforme indicado abaixo. Com base na produção de matéria seca (t/ha/2anos) e nas médias de todas as características morfológicas obtidas na primeira avaliação, utilizou-se o programa computacional GENES (o aplicativo de regressão múltipla), que forneceu constante, $R = 0,99$ e coeficientes de regressão, permitindo utilização da equação de regressão múltipla no Excel, descrita abaixo:

$$Y = A + B1*PMS + B2*AP + B3*LP + B4*NA1 + B5*NA2 + B6*NA3 + B7*NA4 + B8*LA1 + B9*LA2 + B10*LA3 + B11*LA4 + B12*PA1 + B13*PA2 + B14*PA3 + B15*PA4 + B16*CA1 + B17*CA2 + B18*CA3 + B19*CA4 + B20*HC + B21*PPE + B22*PE + B23*NEAJ + B24*NEAA + B25*CE$$

As seguintes características morfológicas utilizadas na fórmula para estimação da produção de matéria seca da segunda avaliação: produção de matéria seca da primeira avaliação (PMS t/ha/2anos); altura da planta (AP); largura da planta (LP); número de

artículos de primeira, segunda, terceira e quarta ordem (NA1, NA2, NA3 e NA4); largura de artículos primeira, segunda, terceira e quarta ordem (LA1, LA2, LA3 e LA4); perímetro de artículos de primeira, segunda, terceira e quarta ordem (PA1, PA2, PA3 e PA4), comprimento de artículos primeira, segunda, terceira e quarta ordem (CA1, CA2, CA3 e CA4); hábito de crescimento (HC); presença de pêlos (PPE); presença de espinhos (PE); número de espinhos em artículos jovens e adultos (NEAJ e NEAA) e comprimento de espinhos (CE).

Em seguida, os dados experimentais foram analisados por meio de estatística descritiva, obtendo-se média, valor mínimo, máximo e coeficiente de variação (C.V.) por meio do programa GENES, conforme a metodologia de Cruz et al. (2004). Todas as características citadas e descritas anteriormente passaram por um teste de multicolinearidade, com auxílio do programa GENES, aquelas características que apresentaram magnitude fraca foram utilizadas para a realização da correlação fenotípica de Pearson e análise de trilha.

Obtiveram-se correlações entre as variáveis fenotípicas estudadas, considerando 50 parcelas isoladamente, por meio do coeficiente de correlação de Pearson, utilizando-se o programa GENES, pela metodologia de Cruz et al (2004).

Para o estudo do efeito das variáveis na análise de trilha, foram consideradas como variável dependente principal a produção de matéria seca em (t/ha/2 anos). Como variáveis independentes explicativas, foram utilizadas as seguintes variáveis: altura média das plantas (AP), largura média da planta (LP), largura do artículo primário (LA1), largura do artículo secundário (LA2), comprimento do artículo primário (CA1), comprimento do artículo secundário (CA2) e espessura do artículo terciário (EA3). Utilizou-se a metodologia descrita por Cruz e Regazzi (1997), em que os coeficientes de trilha foram obtidos pela equação: $Y = P_{01}X_1 + P_{02}X_2 + \dots + P_{0n}X_n + P\epsilon\mu$, onde, Y é o

coeficiente da variável dependente; P_0 é o coeficiente de efeito direto; X é a variável dependente explicativa; $P\epsilon$ é o efeito residual e μ a variável de padronização.

Resultados e Discussão

A produção média de matéria seca foi de 7,1 t/ha/2anos, considerando-se a produção acima dos cladódios primários (Tabela 5), valor superior ao obtido por Menezes et al. (2005), que analisaram 50 propriedades rurais nos estados de Pernambuco e Paraíba, observando a produtividade média da palma forrageira de 5,7 t/ha/2anos, com os cladódios primários preservados no primeiro corte e 7,2 t/ha/2anos, com toda a biomassa produzida pela palma, incluindo os cladódios primários.

Os clones mais produtivos foram 8, 782 e 418; e o menos produtivos 841, 1107 e 501 com produção de matéria seca de 40,8; 18,1; 12,1; 2,2; 1,4 e 1,3 t/ha/2 anos, respectivamente.

A produtividade média obtida neste trabalho (7,1 t/ha/2anos) é compatível com o crescimento da planta sob condições de pouca disponibilidade de água. Sampaio (2005) comenta que o processo fotossintético MAC, caracterizado pela fixação de CO_2 durante a noite, é um mecanismo eficiente de adaptação ao crescimento em condições de baixa disponibilidade de água.

Apesar do palmal ter sido adubado com esterco bovino a produtividade média foi baixa. Todavia, Dubeux Jr. & Santos (2005), afirmam que a utilização de esterco bovino eleva a produtividade do palmal, principalmente quando aplicado juntamente com fertilizantes químicos.

O coeficiente de variação observado para a produção de matéria seca foi alto (82,7%), indicando que houve grande variação na produção entre os diferentes clones.

Araújo Filho et al. (2007), trabalhando com palma forrageira, também observaram que há diferença em termos de produção entre os clones estudados, permitindo a seleção de clones mais produtivos.

Dentre os clones avaliados no palmal, o clone 8 oriundo do programa de melhoramento genético do IPA, se destacou por apresentar produção de 40,8 t/ha/2anos, 127,3 cm de altura; 113,6 cm largura, 11 artículos secundários, 13 artículos terciários, perímetro de artículos primários, secundários e terciários de 82, 50 e 41 cm, largura de artículos primários, secundários e terciários equivalentes a 24; 10,5 e 10 cm, espessura de artículos primários, secundários e terciários de 6,75; 2,03 e 1,63 cm, com poucos pêlos e espinhos presentes, sendo este último com tamanho médio de 0,75 mm. Estas características encorajam o cultivo do clone 8 visando à alimentação animal em períodos críticos.

Os clones avaliados apresentaram altura e largura média de planta de, aproximadamente, 90,1 e 71,5 cm, respectivamente, sendo o C.V. para altura de 17,8% e para largura de 30,6%. Assim, embora estas características possivelmente seja influenciadas pela genética dos clones estudados, pelo hábito de crescimento da planta, pelo ângulo de inserção formado entre os eixos longitudinais do artículo emergente e seu artículo base, ambas características foram de menor variação entre os clones do que a produção.

Ferreira et al. (2003), trabalhando com características morfológicas de palma forrageira, observaram altura máxima e mínima da planta de 122,9 e 70,2 cm, em clones colhidos com dois anos de idade. Martins et al. (1999), em trabalho sobre densidade de plantio, concluíram que, quanto maior a densidade de plantas, maior a altura final da mesma, por haver redução do alongamento lateral do caule devido à competição entre plantas. Conforme Knebel et al (2006), o arranjo das plantas pode ser modificado pela

variação na população de plantas e pelo espaçamento entre linhas, alterando a área e a forma da área disponível para cada planta.

Tabela 5 - Estatística descritiva para produtividade e características morfológicas de clones de palma forrageira, médias de três avaliações

VARIÁVEIS	MÉDIA	MÍNIMO	MÁXIMO	CV(%)
Produção de matéria seca (t MS/ha/2anos)	7,1	1,3	40,8	82,7
Altura da planta (cm)	90,1	45,2	127,3	17,8
Largura da planta (cm)	71,5	19,0	116,0	30,6
Número de artículos primários	2,8	1,0	7,0	47,7
Número de artículos secundários	6,8	1,3	11,3	37,6
Número de artículos terciários	2,9	1,0	12,7	76,5
Ângulo de artículos primários	44,0	7,5	90,0	48,5
Ângulo de artículos secundários	26,2	10,8	94,3	48,2
Ângulo de artículos terciários	12,2	5,0	40,9	83,7
Perímetro de artículos primários (cm)	68,3	31,7	95,0	20,60
Perímetro de artículos secundários (cm)	50,5	23,5	68,0	13,3
Perímetro de artículos terciários (cm)	37,7	20,5	70,3	39,9
Largura dos artículos primários (cm)	16,5	8,8	24,0	23,6
Largura dos artículos secundários (cm)	11,0	7,6	21,7	16,9
Largura dos artículos terciários (cm)	9,6	4,8	21,0	42,2
Comprimento dos artículos primário (cm)	28,1	10,3	40,0	21,8
Comprimento dos artículos secundários (cm)	22,0	10,3	30,0	13,7
Comprimento dos artículos terciário (cm)	15,8	4,8	29,6	40,9
Espessura dos artículos primários (cm)	3,9	2,3	6,7	21,7
Espessura dos artículos secundários (cm)	1,8	1,3	2,5	12,0
Espessura dos artículos terciários (cm)	1,2	0,6	2,2	35,0
Hábito de crescimento da planta*	1,7	1,2	1,9	6,1
Presença de pêlos*	1,8	1,2	2,1	6,2
Presença de espinhos*	2,0	1,2	2,1	7,3
Número de espinhos em artículos jovens	4,2	1,0	9,0	49,1
Número de espinhos em artículos adultos	3,5	1,0	9,0	53,0
Comprimento de espinhos (mm)	8,5	3,9	13,8	31,3

*Nota variando de 1 a 3 para hábito de crescimento e de 1 a 4 para presença de pêlos e de espinhos.

O número de artículos variou conforme a ordem e clone, apresentando coeficientes de variação (CV) altos para as três ordens. Verificou-se maior número para

os artículos secundários, isto se deve pela planta apresentar vários artículos primários que são responsáveis pela emissão de novos artículos (artículo secundário), enquanto que os artículos primários são originados apenas de uma única raquete, denominada de raquete mãe. Os artículos terciários apresentaram-se em menor quantidade possivelmente por haver maior sombreamento dos artículos secundários.

De maneira geral, Flores-Flores & Tekelenburg (2001), ressaltam que as temperaturas altas atrasam o surgimento de brotações dos artículos e que, o tempo de duração das chuvas pode induzir os ciclos de surgimento de novos artículos. Finalmente, os coeficientes de variação altos são resultantes dos diferentes clones estudados, que apresentam genética distinta e variação na fertilidade do solo, influenciando, desse modo, os diferentes números de artículos por ordem.

Os cladódios primários apresentaram maior ângulo de inserção com o artículo base, sendo essa característica determinada pela genética da planta. Observou-se também, altos coeficientes de variação para as variáveis ângulos de artículos, que pode ter sido promovido pelos diferentes avaliadores no momento da coleta dos dados no campo, visto que, na primeira avaliação, o palmar apresentava-se com difícil acesso, sendo necessário o revezamento entre avaliadores.

Observou-se que as maiores medidas de perímetro, largura, comprimento e espessura ocorreram para os cladódios primários, reduzindo-se com a emissão de novas ordens de artículos. Estas maiores medidas obtidas nos artículos primários são resultantes da idade dos mesmos, já que os artículos primários são mais velhos e apresentam a função de sustentação dos demais artículos, flores e frutos, bem como o transporte de nutrientes e substâncias orgânicas necessárias para a subsistência da planta.

Verificou-se para as características número, ângulo, perímetro, largura, comprimento e espessura de artículos terciários coeficientes de variação muito altos se comparado aos demais coeficientes de variação das ordens. Isso provavelmente ocorreu devido a alguns artículos terciários se apresentarem expandidos e outros em expansão, resultando em diferenças nos resultados.

O hábito de crescimento dos clones estudados apresentou variação de ereto a semi-aberto, predominando na maioria das plantas estudadas o hábito semi-aberto. O estudo desta característica morfológica é de grande importância, porque exerce efeitos indiretos na interceptação da radiação pelas plantas, determinada através da arquitetura da mesma. Santos et al. (2007), estudando características morfológicas de palma forrageira, observaram que a atribuição de notas foi eficiente para a caracterização do hábito de crescimento dos clones.

Foi observada a presença de poucos pêlos nos cladódios das plantas avaliadas (Tabela 5). Hills (2001) relata que os pêlos espinhosos são originados de uma túnica e corpus como o primórdio foliar e que a quantidade e duração dos mesmos dependem do tipo de *Opuntia ficus-indica*.

Verificaram-se poucos espinhos presentes nas plantas, contendo em média nos seus artículos jovens e adultos aproximadamente 4,2 e 3,5 espinhos a cada 5 cm² respectivamente, sendo esta característica determinada pela genética da planta. No entanto, neste trabalho não houve a preocupação de retirar os acúleos que estavam presentes dentro do corte realizado no quadrado de papelão no momento da contagem, sendo contados juntamente com os espinhos. Assim, os artículos adultos apresentaram menor número, porque as condições ambientais e o pleno desenvolvimento dos artículos promoveram a queda dos acúleos, ficando apenas os espinhos. Outro fator que pode ter contribuído para o menor número de espinhos nos clones estudados foi que, os

cinquenta clones plantados em Caruaru foram resultantes de seleção prévia onde aqueles mais agressivos foram eliminados.

Conforme Robinson (1974), a maioria dos acúleos está presente no primeiro estágio de crescimento dos artículos, vindo a cair com o aumento da temperatura, permanecendo apenas espinhos nos cladódios. A média do tamanho de espinhos foi de 8,5 mm, valor inferior ao obtido por Hills (2001), que estudando palma forrageira, observou tamanho de espinhos variando de 10 a 15 mm de comprimento, provavelmente por essa característica ser determinada pela genética da planta.

Foram observadas correlações positivas para todas as variáveis com a produção de matéria seca, e significativas apenas para a altura da planta (AP), largura da planta (LP), largura do artículo primário (LA1) e comprimento do artículo primário (CA1); indicando que os clones mais produtivos apresentam maior altura e largura, além de artículos primários mais largos e compridos (Tabela 6). Conforme Cruz & Regazzi (1997), a existência de correlações significativas indica a viabilidade da seleção indireta para a obtenção de ganhos na característica de maior importância econômica.

Para as variáveis largura do artículo secundário (LA2), comprimento do artículo secundário (CA2) e espessura do artículo terciário (EA3) verificam-se coeficientes de correlação de Pearson positivos, porém baixos e não significativos, com a produção de matéria seca. O fato dessas variáveis apresentarem baixa correlação não implica em dizer que as características não estejam associadas entre si. Vencovsky & Barriga (1992), relatam que há associação entre características, mesmo com baixas magnitudes.

Verificou-se pela correlação de Pearson, que a altura da planta (AP) apresentou maior magnitude de associação com a produção de matéria seca. Todavia, os coeficientes de correlação, para a variável altura de planta (AP), demonstram que as

plantas mais altas possuem maior largura de planta (LP), artículos primários largos e compridos, artículos secundários compridos e artículos terciários espessos.

Tabela 6 - Coeficiente de correlação fenotípica de Pearson entre os caracteres morfológicos de clones de palma forrageira baseada na média de três avaliações realizadas em Caruaru

VARIÁVEIS	PMS (t/ha/2anos)	AP (cm)	LP (cm)	LA1 (cm)	LA2 (cm)	CA1 (cm)	CA2 (cm)
AP (cm)	0,61**	-					
LP (cm)	0,56**	0,58**	-				
LA1 (cm)	0,44**	0,37**	0,33*	-			
LA2 (cm)	0,02	0,22	0,23	0,03	-		
CA1 (cm)	0,39**	0,37**	0,34*	0,74**	-0,06	-	
CA2 (cm)	0,21	0,43**	0,26	0,31*	-0,13	0,14	-
EA3 (cm)	0,22	0,33*	0,19	0,06	0,02	0,11	0,15

PMS – produção de matéria seca (t de MS/ha/2ano); AP – altura da planta (cm); LP – largura da planta (cm); LA1 – largura do artículo primário (cm); LA2 – largura do artículo secundário (cm); CA1 - comprimento do artículo primário (cm); CA2 – comprimento do artículo secundário (cm); EA3 – espessura do artículo terciário
 **, *Significativo a 1 e 5% de probabilidade, pelo teste t.

Observou-se também pela correlação fenotípica de Pearson que as plantas mais largas tendiam a possuir artículos primários largos e compridos. A característica largura do artículo primário demonstrou alta correlação positiva e significativa com o comprimento do artículo primário ($r = 0,74$), desse modo pode-se concluir que ocorre um sistema de inter-relações entre as características associadas.

Coimbra et al. (2005), trabalhando com análise de trilha, verificaram que, quanto maior for o grau de multicolinearidade, maiores serão os valores das estimativas dos coeficientes de correlações e, por conseqüência, menor será a precisão em sua estimativa, sendo necessário a realização antecipada da análise de multicolinearidade.

Entretanto, tendo como critério básico a análise prévia de multicolinearidade dos dados e observada a ocorrência de colinearidade fraca, fez-se o desdobramento das correlações fenotípicas em efeito direto e indireto dos caracteres dos clones de palma forrageira (Tabela 7).

O coeficiente de determinação encontrado (0,51) indica que 51% da produção de matéria seca obtida é devido aos efeitos das variáveis analisadas. De maneira geral, os resultados mostram que as sete características estudadas diferiram no seu grau de influência direta sobre a produção de matéria seca.

Todas as variáveis estudadas apresentaram efeito direto sobre a produção de matéria seca com magnitude inferior a de correlação de Pearson, para cada variável analisada, o que demonstrou existirem outras características influenciando tanto em magnitude, como no sentido da correlação (Tabela 7).

Dessa forma, torna-se difícil a seleção isolada de uma variável visando à produção de matéria seca. Assim, a utilização da característica altura da planta (AP - maior correlação linear com a produção) deve ser auxiliada por outras variáveis. Entretanto, seus efeitos indiretos poderão ser utilizados como auxiliares para a elevação da correlação por outra característica. Caierão et al. (2001) relatam que, na análise de trilha, pode haver variáveis em que o efeito direto das características estudadas são menores do que a correlação de Pearson, dificultando a seleção de apenas uma variável visando ganhos na característica desejada.

As características largura da planta (LP) e largura do artículo primário (LA1) apresentaram correlação moderada com a produção de matéria seca, porém, essa correlação se deve muito pouco ao seu efeito direto, sendo influenciada pelos efeitos indiretos, principalmente pela altura da planta. O baixo efeito da largura da planta (LP) pode ser explicado por esta característica ser resultante de uma seqüência de artículos

em diferentes estágios de crescimento, justificando assim a influência indireta da altura da planta.

Apesar da variável comprimento do artigo primário (CA1) apresentar correlação significativa com a produção de matéria seca, o seu efeito direto foi de magnitude baixa, sendo determinada pelo efeito indireto via altura da planta (AP). Neste contexto, os artigos primários são responsáveis por sustentar os demais artigos, sendo assim influenciada indiretamente pela altura da planta.

Sales et al. (2003) comentam que, além da genética da planta, as oscilações climáticas exercem influência na largura e comprimento dos artigos, afetando desse modo, a produção.

As variáveis largura do artigo secundário (LA2) e comprimento do artigo secundário (CA2) e espessura do artigo terciário (EA3) também apresentaram baixo coeficiente de correlação fenotípica de Pearson com a produção de matéria seca. Neste caso, a correlação será promovida pelos efeitos indiretos, em que os fatores casuais indiretos devem ser considerados simultaneamente no processo de seleção. Para Montardo et al. (2003), um dos motivos da baixa correlação entre variáveis seria a ocorrência de pouca variabilidade em uma das mesmas, já que a análise de trilha procura identificar uma eventual associação na variação das características em estudo.

Tabela 7 - Desdobramento das correlações fenotípicas de características da palma forrageira em efeitos diretos e indiretos sobre a produção de matéria seca (t/ha/2anos) pela análise de trilha, médias de três avaliações

VARIÁVEIS	TOTAL	
AP	Efeito direto sobre PMS	0,4626
	Efeito indireto via LP	0,1802
	Efeito indireto via LA1	0,1101
	Efeito indireto via LA2	-0,0417
	Efeito indireto via CA1	-0,0359
	Efeito indireto via CA2	-0,0744
	Efeito indireto via EA3	0,0106
LP	Efeito direto sobre PMS	0,3077
	Efeito indireto via AP	0,2708
	Efeito indireto via LA1	0,0982
	Efeito indireto via LA2	-0,0422
	Efeito indireto via CA1	-0,0329
	Efeito indireto via CA2	-0,0453
	Efeito indireto via EA3	0,0061
LA1	Efeito direto sobre PMS	0,2962
	Efeito indireto via AP	0,1720
	Efeito indireto via LP	0,1021
	Efeito indireto via LA2	-0,0054
	Efeito indireto via CA1	-0,0707
	Efeito indireto via CA2	-0,0534
	Efeito indireto via EA3	0,0020
LA2	Efeito direto sobre PMS	-0,1847
	Efeito indireto via AP	0,1046
	Efeito indireto via LP	0,0704
	Efeito indireto via LA1	0,0088
	Efeito indireto via CA1	0,0058
	Efeito indireto via CA2	0,0234
	Efeito indireto via EA3	0,0006
CA1	Efeito direto sobre PMS	-0,0949
	Efeito indireto via AP	0,1750
	Efeito indireto via LP	0,1067
	Efeito indireto via LA1	0,2207
	Efeito indireto via LA2	0,0113
	Efeito indireto via CA2	-0,0254
	Efeito indireto via EA3	0,0034
CA2	Efeito direto sobre PMS	-0,1743
	Efeito indireto via AP	0,1974
	Efeito indireto via LP	0,0800
	Efeito indireto via LA1	0,0907
	Efeito indireto via LA2	0,0248
	Efeito indireto via CA1	-0,0138
	Efeito indireto via EA3	0,0048
EA3	Efeito direto sobre PMS	0,0318
	Efeito indireto via AP	0,1540
	Efeito indireto via LP	0,0597
	Efeito indireto via LA1	0,0190
	Efeito indireto via LA2	-0,0040
	Efeito indireto via CA1	-0,0102
	Efeito indireto via CA2	-0,0264
Coeficiente de determinação (r^2)		0,51
Efeito da variável residual		0,69

A decomposição dos efeitos das variáveis analisadas sobre a produção de matéria seca apontou a altura da planta como a característica morfológica mais indicada para a seleção indireta, principalmente por apresentar maior correlação fenotípica de Pearson e efeito direto (Tabela 7), porém, apesar de ter apresentado maior efeito direto, sua magnitude é baixa, recomendando desta forma a associação de características. Na Tabela 8, estão apresentadas as estimativas dos efeitos diretos e indiretos das variáveis com a altura da planta (AP), associada à largura da planta (LP).

O coeficiente de determinação geral (r^2) tendeu a aumentar com a associação das variáveis, fato esse explicado pela maior correlação com a produção de matéria seca (0,71). Os efeitos diretos das características associadas (AP x LP) podem ser considerados no processo de seleção indireta por apresentar magnitude alta. Observou-se para as características largura do artigo primário (LA1) e espessura do artigo terciário (EA3) que os efeitos indiretos das características associadas superou os efeitos diretos, tal fato evidencia que a variável auxiliar AP x LP é a principal determinante das variações na produção, reforçando que a seleção baseada na altura da planta associada a largura da planta é eficiente para aumentar a produção.

A largura do artigo secundário (LA2) e o comprimento do artigo secundário (CA2) apresentaram baixos coeficientes de correlação fenotípica com a produção de matéria seca, porém, o efeito indireto das características associadas (AP x LP) deve ser considerado no processo de seleção de clones de palma forrageira por apresentar maior efeito indireto.

Tabela 8 - Desdobramento das correlações fenotípicas de características associadas da palma forrageira em efeitos diretos e indiretos sobre a produção de matéria seca (t/ha/2anos) pela análise de trilha, médias de três avaliações

VARIÁVEIS		TOTAL
AP x LP	Efeito direto sobre PMS	0,695
	Efeito indireto via LA1	0,108
	Efeito indireto via LA2	-0,035
	Efeito indireto via CA1	-0,039
	Efeito indireto via CA2	0,041
	Efeito indireto via EA3	0,017
Correlação fenotípica		0,71
LA1	Efeito direto sobre PMS	0,267
	Efeito indireto via AP x LP	0,283
	Efeito indireto via LA2	-0,004
	Efeito indireto via CA1	-0,069
	Efeito indireto via CA2	-0,037
	Efeito indireto via EA3	0,004
Correlação fenotípica		0,44
LA2	Efeito direto sobre PMS	-0,158
	Efeito indireto via AP x LP	0,155
	Efeito indireto via LA1	0,007
	Efeito indireto via CA1	0,005
	Efeito indireto via CA2	0,016
	Efeito indireto via EA3	0,001
Correlação fenotípica		0,03
CA1	Efeito direto sobre PMS	-0,093
	Efeito indireto via AP x LP	0,291
	Efeito indireto via LA1	0,199
	Efeito indireto via LA2	0,009
	Efeito indireto via CA2	-0,018
	Efeito indireto via EA3	0,007
Correlação fenotípica		0,40
CA2	Efeito direto sobre PMS	-0,123
	Efeito indireto via AP x LP	0,232
	Efeito indireto via LA1	0,081
	Efeito indireto via LA2	0,021
	Efeito indireto via CA1	-0,013
	Efeito indireto via EA3	0,011
Correlação fenotípica		0,21
EA3	Efeito direto sobre PMS	0,073
	Efeito indireto via AP x LP	0,165
	Efeito indireto via LP	0,017
	Efeito indireto via LA1	-0,003
	Efeito indireto via LA2	-0,010
	Efeito indireto via CA1	-0,016
Correlação fenotípica		0,22
Coeficiente de determinação (r^2)		0,56
Efeito da variável residual		0,66

PMS – produção de matéria seca (t de MS/ha/2ano); AP – altura da planta (cm); LP – largura da planta (cm); LA1 – largura do artícuo primário (cm); LA2 – comprimento do artícuo secundário (cm); CA1 - comprimento do artícuo primário (cm); CA2 – comprimento do artícuo secundário (cm); EA3 – espessura do artícuo terciário (cm).

O baixo efeito direto da largura do artículo secundário (LA2) e comprimento do artículo secundário (CA2) na produção de matéria seca (PMS) podem ser explicados por essas características fazerem parte da arquitetura da planta, justificando a influência indireta da altura da planta associada à largura da planta (AP x LP).

Pessoa (1967) comenta que as raquetes secundárias são importantes na formação da futura planta, pois as mesmas irão constituir o futuro esqueleto do vegetal, o seu “tronco”, seu arcabouço, a parte que será preservada nos futuros cortes, refletindo diretamente a precocidade e a produção da planta a se formar.

Para variável comprimento do artículo primário (CA1), verificou-se correlação fenotípica moderada e positiva, porém, a mesma apresenta efeito direto negativo, quando isto ocorre é dito que a correlação será causada pelos efeitos indiretos. Vencovsky e Barriga (1992) reforçam que em tais casos os fatores casuais indiretos devem ser considerados simultaneamente no processo de seleção, porque o efeito direto negativo indica ausência de causa e efeito, ou seja, que tal característica não é a principal determinante das alterações na variável básica, existindo outras que podem proporcionar maior impacto em termos de ganho de seleção.

Conclusões

Programas de melhoramento da palma forrageira que objetivem acréscimo na produção de matéria seca em toneladas por hectare a cada dois anos, devem priorizar a seleção de clones que apresentem maior altura e largura da planta.

Referências Bibliográficas

- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DE PERNAMBUCO. Recife: **IBGE**, 1991. v.40.
- ARAUJO FILHO, J.T.; SILVA, F.G.; OLIVEIRA, J.C.; SILVA, S.G.; FRAGA, A.B.; LEMOS, E.E.P. Production of dry matter in varieties of *Opuntia* in the semi-arid zone of Alagoas, Brasil. In: VI CONGRESSO INTERNACIONAL DE PALMA, João Pessoa. *Anais...* João Pessoa: 2007. CD_ROM.
- BISPO, S.V.; FERREIRA, M.A.; VÉRAS, A.S.C. 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.
- CAIERAO, E.; CARVALHO, F.I.F.; PACHECO, M.T. et al. Seleção indireta em aveia para o incremento no rendimento de grãos. **Ciência Rural**, v.31, n.2, p.231-236, 2001.
- COIMBRA, J.L.M. Divergência genética em feijão preto. **Ciência Rural**, v.29, n.3, p.427-431, 1999.
- COIMBRA, J.L.M.; BENIN, G. et al. Conseqüência de multicolinearidade sobre a análise de trilha em canola. **Ciência Rural**, v.35, n.2, p.348-356, 2005.
- CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicado ao melhoramento genético**. 2ªed. Viçosa: ed universitária da UFV. v. 2, p.348-356, 2003.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético e estatístico**. Viçosa: editora UFV, 1997.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicado ao melhoramento genético**. 3ªed. Viçosa: ed universitária da UFV. v. 1, p.180-192, 2004.
- DUBEUX JR, J.C.B; SANTOS, M.V.F. Exigências nutricionais da palma forrageira. In: MENEZES, R.S.C.; SIMÕES, D.A.; SAMPAIO, E.V.S.B. **A palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso**. UFPE: Recife, 2005. p.105-127.
- FALCONER, D.S. **Introdução a genética quantitativa**. Viçosa: UFV, 1987. 279p.
- FERREIRA, C.A.; FERREIRA, R.L.C.; SANTOS, D.C. et al. Utilização de técnicas multivariadas na avaliação da divergência genética entre clones de palma forrageira (*Opuntia fícus indica* Mill) **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1560-1568, 2003.
- FLORES-FLORES, V.; TEKELENBURG, A. Produção de corante dacti (*Dactylopius coccus* Costa). In: INGLESE, G.B.P.; BARRIOS, E.P. (eds). **Agroecologia Cultivo e Usos da Palma Forrageira**. 2ª ed. Paraíba: ed SEBRAE. p. 169-186, 2001.

- HILLS, F.S. Anatomia e morfologia. In: INGLESE, G. B. P.; BARRIOS, E. P. (eds). **Agroecologia Cultivo e Usos da Palma Forrageira**. 2º ed. Paraíba: ed SEBRAE. p. 28-35, 2001.
- KNEBEL, J. L.; GUIMARÃES, V.F.; ANDREOTTI, M. et al. Influência do espaçamento e população de plantas sobre doenças de final de ciclo e oídio e caracteres agronômicos em soja. **Acta Scientia agronomica**, v.28, n.3, p.385-392, 2006.
- MARTINS, M.C.; SAMPAIO, J. C.; RIBEIRO, A. G. et al. Épocas de semeadura, densidades de plantas e desempenho vegetativo de cultivares de soja. **Scientia Agricola**, v. 56, n. 4, p. 851-858. 1999.
- MENEZES, R.S.C.; SAMPAIO, E.V.S.B.; SALCEDO, I.H.; SOUZA, F.J. Produtividade de palma forrageira em propriedades rurais. In: MENEZES, R.S.C.; SIMÕES, D.A.; SAMPAIO, E.V.S.B. (eds). **A Palma no Nordeste do Brasil** conhecimento atual e novas perspectivas de uso. 2º ed. Recife: ed universitária da UFPE. p.129-141, 2005.
- MONTARDO, D.P.; AGNOL, M.D.; CRUSIUS, A.F. et al. Análise de trilha para rendimento de sementes de trevo vermelho (*Trifolium pratense* L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.5, p.1076- 1082, 2003.
- PESSOA, A.S. **Cultura da palma forrageira**. 1, ed. Recife: 1967. 99p.
- ROBINSON, H. Scanning electron microscope studies of the spines and glochids of the opuntioides (cactaceae). **Journal of Botanic**, v.61, n.3, p. 278-283, 1974.
- SALES, A.T.; ANDRADE, A.P.; SILVA, D.S.; LEITE, M.L.M.V.; VIANA, B.L.; RAMOS, J.P.F. Taxa de crescimento relativo de palma forrageira (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n. 1, p.340-346, 2003.
- SAMPAIO, E.V.S.B. Fisiologia da palma. In: MENEZES, R.S.C.; SIMÕES, D.A.; SAMPAIO, E.V.S.B. (eds). **A Palma no Nordeste do Brasil** conhecimento atual e novas perspectivas de uso. 2º ed. Recife: ed universitária da UFPE. p.43-63, 2005.
- SANTOS, G.R.A.; CUNHA, M.V.; SANTOS, D.C.; LIRA, M.A.; DUBEUX JR., J.C. B.; FARIAS, I. Yield components in forage cactus pear genotypes in Sertão of Pernambuco, Brazil. In: VI CONGRESSO INTERNACIONAL DE PALMA, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: 2007. CD_ROM.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3º ed. Viçosa: UFV, impressora Universitária, 2002, 235p.
- VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. Genética Biométrica no fitomelhoramento. Ribeirão preto, **Revista Brasileira de Genética**. p. 496, 1992.

CAPÍTULO 2

Comparação de dois métodos indiretos para a estimativa do índice de área de cladódio da palma forrageira

¹Capítulo elaborado baseado nas normas da Revista Brasileira de Zootecnia

Comparação de dois métodos indiretos para a estimativa do índice de área de cladódio da palma forrageira

Resumo – O objetivo deste trabalho foi observar o método indireto mais indicado para a determinação do índice de área de cladódio. Avaliaram-se cinquenta clones de palma forrageira do Instituto Agronômico de Pernambuco – IPA de Caruaru, utilizando duas metodologias indiretas distintas de índice de área de cladódio (IAC). A primeira metodologia utilizada consistiu na determinação do IAC através de equação de regressão; na segunda metodologia, o IAC foi determinado pelos contornos dos artículos em papel. Os dados obtidos foram analisados pelo teste t e pelo teste de normalidade através do programa computacional Genes. Observou-se pelo teste t que não houve diferença significativa em termos de determinação de índice de área de cladódio, bem como os coeficientes de determinação apresentaram-se altos para ambas equações de regressão, em que os IAC das diferentes metodologias e idades foram correlacionadas, indicando que ambas metodologias indiretas são eficientes para a obtenção do IAC. Pesquisadores que almejam agilidade na execução do trabalho e redução de custo, para obtenção do IAC de forma eficiente, devem dar prioridade a metodologia indireta pelo qual utiliza a equação de regressão.

Palavras-chave: artículos, equação de regressão, metodologias de avaliação

Comparison of two indirect methods for the estimating the cladode area index of cactus forage

Abstract - The objective of this work was to identify the most efficient indirect method for the determination of the cladode area index of cactus forage. It was evaluate Fifty clones of cactus forage from the Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA) located in Caruaru, using two indirect methodologies for determination of the cladode area index (IAC). The first used methodology consisted of the determination of IAC through regression equation; the second methodology determined the IAC by the contours of the cladodes in paper. The obtained data were analyzed by the normality test through the Genes computational program. It was observed by the test t that there was not significant difference in terms of determination of index of cladode area, as well as the determination coefficients came high for both regression equations, in that IAC of the different methodologies and ages were correlated, indicating that both methodologies insinuations are efficient for the obtaining of IAC. Researchers that long for agility in the execution of the work and cost reduction, for obtaining of IAC in an efficient way, he/she should give priority the indirect methodology for which uses the regression equation.

Word-key: articles, regression equation, evaluation methodologies

Introdução

A produção de biomassa das plantas é influenciada por fatores extrínsecos, por exemplo, a radiação solar, temperatura, umidade do solo e outros, bem como a fatores intrínsecos, destacando-se a eficiência de captação e utilização dos recursos disponíveis (Alexandrino et al., 2005).

Um dos fatores determinantes na produção de forrageiras é o índice de área foliar (IAF), que é definido pela relação entre a área foliar de uma das faces das folhas e a área do solo ocupada pelas folhas, no caso de culturas agronômicas, a área de solo disponível é definida pelo espaçamento estabelecido (Sbrissia & Silva, 2008). O índice de área foliar é de grande importância para o acompanhamento do crescimento das forrageiras, é essencial para aperfeiçoar o uso da planta quando se objetiva maximizar a produção de forragem para o consumo animal.

O índice de área foliar pode ser avaliado por métodos diretos e indiretos. Conforme Chales et al. (2007), o método direto é o mais preciso para obtenção de área foliar, no entanto, é mais trabalhoso e consome maior tempo para sua execução. Este método caracteriza-se por ser destrutivo e pela necessidade de grande número de amostragem de plantas em diferentes idades.

Para obtenção indireta do índice de área foliar, novos instrumentos e técnicas têm sido desenvolvidos, exibindo rapidez e facilidades para a coleta de dados. Os analisadores de dossel obtêm o IAF por comparação diferencial entre a radiação abaixo e acima do dossel (Jonckheere, 2004). Fotografias hemisféricas também têm sido usadas em estudos de abertura do dossel (clareiras), arquitetura de copa e determinação do IAF (Hale, 2003).

Calbo et al. (1989), relatam que o uso de modelos matemáticos para expressar o crescimento e seus parâmetros derivados (AF, IAF, etc.) é muito popular e pode, eventualmente, fornecer subsídios para melhor compreensão dos diferentes processos fisiológicos envolvidos na morfogênese da planta.

Embora a palma forrageira apresente folhas, estas são muito pequenas e caem com o pleno desenvolvimento dos artículos, sendo os cladódios responsáveis pelas funções fotossintéticas. Porém, para analisar a quantidade de radiação fotossinteticamente absorvida pela palma forrageira utiliza-se o índice de área de cladódio, que é obtido pela relação entre a área dos cladódios e a área que a planta ocupa no solo.

O objetivo deste trabalho foi comparar diferentes metodologias indiretas de índice de área de cladódio, visando identificar aquela mais confiável.

Material e Métodos

O estudo foi realizado na Estação Experimental de Caruaru, pertencente ao Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, onde se avaliou o índice de área de cladódio (IAC) de clones de palma forrageira, por meio de duas metodologias indiretas. A primeira metodologia consistiu em avaliar o índice de área de cladódio através de uma equação de regressão, enquanto que na segunda metodologia foi utilizado papel para o contorno dos artículos.

Para o presente estudo, utilizaram-se cinquenta clones de palma forrageira selecionados aleatoriamente através de sorteio (Tabela 1), para a realização de duas avaliações, em fevereiro de 2008 e julho de 2008. Nestas épocas as plantas tinham 7 e 12 meses de idade, respectivamente.

Tabela 1 – Clones de palma forrageira avaliados por duas metodologias indiretas de índice de área de cladódio

Clones avaliados				
Clone 2	Clone 285	Clone 495	Clone 773	Clone 1042
Clone 8	Clone 313	Clone 499	Clone 782	Clone 1043
Clone 32	Clone 315	Clone 501	Clone 796	Clone 1080
Clone 63	Clone 334	Clone 519	Clone 801	Clone 1098
Clone 205	Clone 394	Clone 520	Clone 823	Clone 1107
Clone 220	Clone 397	Clone 651	Clone 841	Clone 1153
Clone 224	Clone 404	Clone 652	Clone 852	Clone 1234
Clone 256	Clone 406	Clone 666	Clone 916	Clone 1235
Clone 264	Clone 418	Clone 686	Clone 993	IPA-20
Clone 274	Clone 485	Clone 725	Clone 1031	Miúda

Para a realização da primeira metodologia citada, utilizou-se a fita métrica para contornar todos os cladódios de todas as ordens, objetivando a obtenção das medidas de perímetro. Em seguida, com os dados obtidos, fez-se o cálculo da média de perímetro por ordem de cladódio, que permitiu a utilização da equação de regressão determinada por Santos et al. (1994), onde:

$$\text{ÁREA DOS CLADÓDIOS} = -211,5104 + 8,8649 * \text{PERÍMETRO}, \text{ com } R^2 = 0,98$$

Com a utilização da equação de regressão para cada ordem, obtiveram-se áreas dos cladódios por ordem, que foram mensurados na fórmula abaixo:

$$\text{IAC} = \text{ACO} * \text{NCO (somando-se todas as ordens)} / \text{AOPS}$$

Onde:

IAC = Índice de área de cladódio;

ACO = Área do cladódio por ordem;

NCO = Número de cladódio por ordem;

AOPS = Área ocupada pela planta no solo (espaçamento).

A segunda metodologia consistiu em utilizar papel ofício A2 e A4, cuja área e peso foram determinados antes da realização dos contornos. Para a realização dos contornos, utilizou-se uma caneta esferográfica contornando todo o cladódio, de modo a representar a forma real dos mesmos no papel. Em seguida, o papel contornado foi identificado, cortado e pesado em balança de precisão.

Com os pesos obtidos, fez-se a substituição em regra de três simples para determinar a área dos cladódios por ordem, conforme o modelo abaixo:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Área do papel} \text{-----} \text{Peso do papel} \\ \text{X} \text{-----} \text{Peso do contorno feito no papel} \end{array} \right.$$

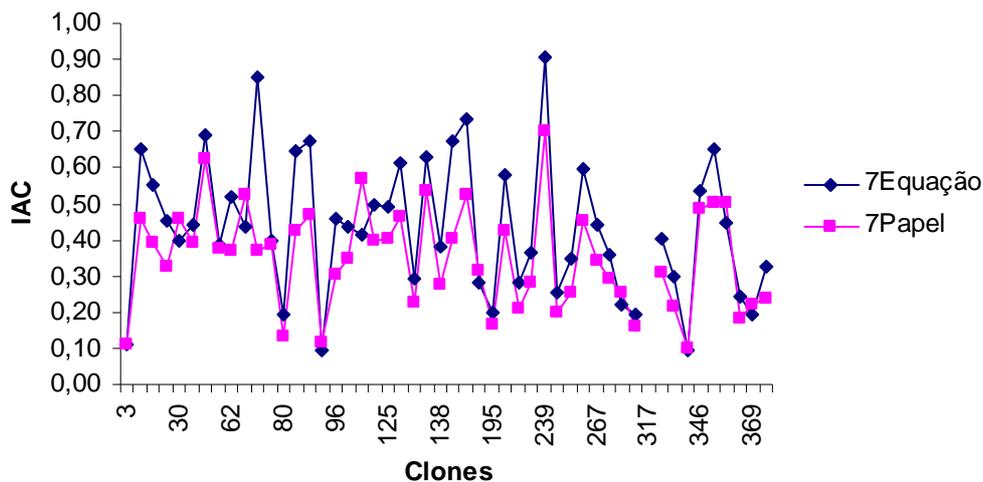
Com a área dos cladódios determinada pela regra de três simples, tornou-se possível obter o índice de área de cladódio, através da mesma fórmula descrita anteriormente. Vale salientar que, para ambas as metodologias utilizadas neste trabalho, avaliou-se apenas um lado do cladódio, diferentemente de Nobel et al. (2001) que avaliou ambos os lados, devido a espessura dos cladódios. Os dados do estudo foram analisados pelo teste t e pelo teste de normalidade para obtenção de coeficiente de variação e médias, com auxílio do programa computacional GENES, conforme a metodologia de Cruz et al (2004). Em seguida, fez-se a análise gráfica dos resultados.

Resultados e Discussão

O índice de área de cladódio em plantas de palma com 7 meses de idade utilizando-se diferentes metodologias é apresentado na Figura 1. As médias apresentam-se distribuídas de forma heterogênea, promovendo coeficiente de variação alto de 43,6% para a metodologia de equação de regressão e de 39,3% para a metodologia em que se utilizam os contornos realizados em papéis. O fator que pode ter contribuído para o aumento do coeficiente de variação, foi a variabilidade genética dos clones, visto que algumas plantas apresentavam maior número de artículos por ordem, se comparada às demais presentes na área experimental. Santos et al (2005), trabalhando com variedades de palma forrageira, observaram que o índice de cladódio é resultante do número de cladódio por planta e a área de cada um deles.

Por outro lado, o índice de área foliar é definido como ótimo, quando o dossel forrageiro atinge a máxima taxa de crescimento (balanço entre fotossíntese e respiração), porém a produção de forragem é maximizada quando o dossel intercepta 95% da radiação fotossinteticamente ativa (Carvalho et al., 2007).

Entretanto, o IAF ótimo para gramíneas situa-se entre três e cinco (Rêgo et al., 2002). Estes valores são muito elevados se comparado com o IAC da palma forrageira, que apresentou um índice em torno de 0,52 aos 12 meses de idade com a metodologia de equação de regressão (Figura 2). Resultados semelhantes foram encontrados por Flores - Hernandez et al (2004) que verificaram um IAC de 0,67 para o clone 60 com apenas 1 ano de idade. Assim, Farias et al. (2000) concluíram que a palma apresenta uma superfície fotossintetizante baixa quando comparada com outras forrageiras. Fagundes et al. (2006) determinaram um IAF de 4,0 para *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk (Stapf.).

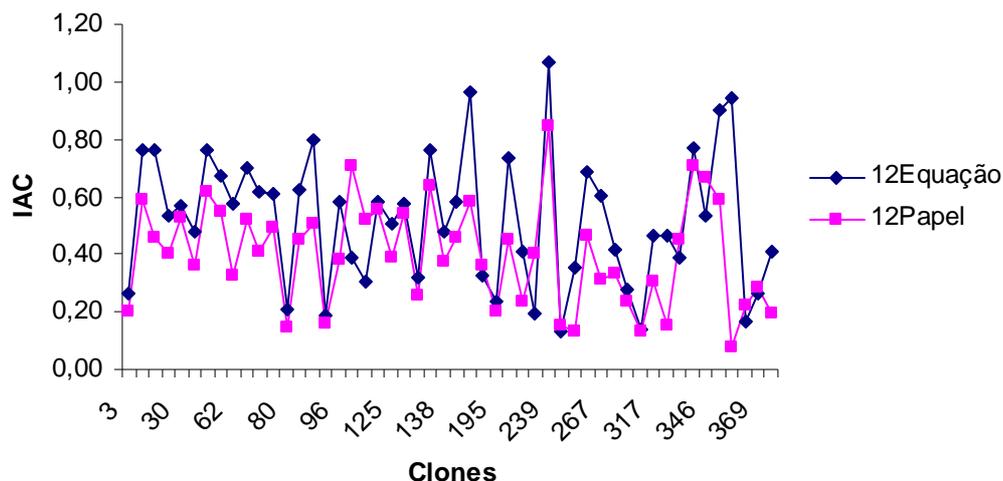


Metodologia de contorno em papel (CV = 39,3% e Média = 0,35)
 Metodologia de Equação de regressão (CV = 43,6% e Média = 0,43)

Figura 1 - Índice de área de cladódio obtido aos 7 meses de idade pelas diferentes metodologias.

O menor coeficiente de variação obtido pela metodologia utilizando a metodologia dos contornos em papéis (Figura 1) foi provavelmente promovido pelos artigos que apresentaram tamanho pequeno tornando fácil a coleta dos contornos e permitindo melhor representação das dimensões dos cladódios, visto que a caneta esferográfica contornava totalmente as extremidades dos artigos. Entretanto, a realização desta metodologia requer custo com balança de precisão, organização em termos de identificação do material contornado e tempo disponível para a realização do trabalho.

Conforme Araújo (2006), as estimativas de área foliar utilizando a relação entre as dimensões das folhas de papel e o peso da área contornada, destacam-se como uma alternativa simples e acessível, necessitando apenas de alguns cálculos associados.



Metodologia de contorno em papel (CV = 45,0% e Média = 0,40)
 Metodologia de Equação de regressão (CV = 44,2% e Média = 0,52)

Figura 2 - Índice de área de cladódio obtido aos 12 meses de idade pelas diferentes metodologias.

Na Figura 2 apresenta-se o IAC de clones de palma forrageira com 12 meses de idade, conforme as metodologias. Novamente foi observado coeficientes de variação altos para ambas as metodologias, provavelmente por algumas plantas apresentarem nesta idade, artículos de segunda e terceira ordem completamente desenvolvidos, com surgimento de artículos de 4ª ordem para algumas raquetes terciárias.

Para a metodologia do IAC de equação de regressão, o que pode ter contribuído para o aumento do coeficiente de variação foi a dificuldade encontrada em contornar os artículos com fita métrica, pela presença de espinhos na borda dos cladódios, visto que aos 12 meses os artículos e espinhos apresentavam-se desenvolvidos.

Os espinhos presentes nas extremidades dos artículos dificultavam a mensuração das medidas de perímetro, por não permitir o total contato da fita métrica em alguns pontos com as extremidades dos cladódios, já que para o total contato da fita métrica com os artículos seria necessária a perfuração da fita métrica pelo espinho.

Segundo Carneiro et al. (1989), a palma forrageira contém espinhos que são folhas transformadas, além disso, apresenta folhas muito reduzidas em forma de pequenos apêndices e muito caducas. Por esse motivo, seus cladódios cumprem as funções fotossintéticas. Por esta razão, pode-se utilizar o índice de área de cladódio como um parâmetro de avaliação para esta forrageira.

Beerling & Fry (1989) estudando cinco metodologias diferentes para a estimativa do IAF, observaram que a equação de regressão apresenta algumas vantagens em relação a outras metodologias. Segundo os mesmos, a equação de regressão é um método barato por não precisar de aparelhos sofisticados, podendo ainda aumentar o tempo de mensuração em até oito vezes, onde os resultados são satisfatórios.

Para a metodologia do IAC que utiliza contornos em papéis, o alto coeficiente de variação pode ser justificado pela eficiência que esta metodologia apresenta, em fazer as mensurações dos cladódios, permitindo a identificação das pequenas variações entre os índices de área de cladódio das diferentes plantas. Segundo Silva et al (2002), o índice de área foliar varia conforme a espécie, podendo ser influenciado por fatores externos de produção, tornando-se necessário o estudo e a seleção de cultivares mais produtivos.

Observa-se na Tabela 2, que o teste t não apresentou diferença significativa ($P < 0,05$) de probabilidade para o índice de área de cladódio nas diferentes idades, por outro lado os coeficientes de determinação foram altos para as equações de regressão entre as duas formas de avaliação. Desse modo, pode-se concluir que ambas as metodologias são eficientes para a determinação do índice de área de cladódio, ficando a critério do pesquisador a escolha da metodologia a ser utilizada.

Segundo Kappel & Flore (1983), a mensuração da área foliar e da superfície de outros órgãos assimilatórios da planta é uma parte essencial da análise do crescimento vegetal, e é necessária em muitos outros estudos fisiológicos. Neste contexto, a escolha

da metodologia a ser utilizada é de grande importância, pois pode possibilitar a estimativa rápida e eficiente.

Tabela 2 – Teste t e equação de regressão com as metodologias indiretas de IAC correlacionadas e os seus respectivos coeficientes de determinação para as diferentes idades

Variáveis	Teste t	Equação de regressão das metodologias correlacionadas	R ²
IAC aos 7 meses	6,9 ^{ns}	Y=1,1409x + 0,0356	0,93
IAC aos 12 meses	9,2 ^{ns}	Y=0,828x + 0,1895	0,94

^{ns} não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste t.

De maneira geral, o índice de área de cladódio variou conforme a idade da planta e metodologias. Com relação à idade, Rosa et al (2004) ressaltam que o aumento do índice de área foliar se deve ao aumento da idade da planta, na medida em que esta apresenta maior capacidade de interceptar a luz incidente.

Para metodologia de equação de regressão foram obtidas médias de 0,43 e 0,52 para plantas com 7 e 12 meses de idade (Figuras 1 e 2), valor próximo ao obtido por Dubeux et al (2006) que observaram IAC de 0,51 para plantas cultivadas em Sertânia, com idade de 24 meses sem uso de fertilizante.

Esta pequena diferença pode ter sido resultante da variabilidade genética entre os clones estudados, bem como das condições ambientais da cidade área experimental, agreste de Pernambuco.

Conforme Sales et al (2008), o crescimento vegetativo de uma cultura é em função de causas genéticas (potencial genético de produção próprio da espécie ou genótipo), de condições ambientais, durante o ciclo cultural e do manejo.

Entretanto, o crescimento lento da palma forrageira, explica resultados descritos por Santos et al. (2002), que estudando a palma consorciada com sorgo observaram que a produção de grãos e de restolhos do sorgo não foi prejudicada nos anos de plantio da palma forrageira.

Para metodologia do contorno do cladódio em folhas de papel foi observado médias de IAC de 0,35 e 0,40 (Figuras 1 e 2) para plantas com idade de 7 e 12 meses de idade. Este valor é superior ao obtido por Santos (1992) que, utilizando a mesma metodologia, obteve IAC de 0,046 e 0,282, para plantas com idade de 6 e 12 meses, respectivamente. Esta grande diferença do IAC da metodologia dos contornos em papéis observado neste trabalho, em relação ao obtido por Santos et al. (1992), pode ter sido promovido pelo menor espaçamento utilizado (1 m entre fileiras e 0,5 m entre plantas), sendo que este autor utilizou o espaçamento de 2 m entre fileiras e 1 m entre plantas.

Silva et al (2008), estudando o efeito do espaçamento da palma forrageira observaram que, em espaçamentos de 1,0 x 0,25 m, proporcionou maior número de cladódios emitidos.

Conclusões

Não houve diferença significativa em termos de determinação de índice de área de cladódio entre as duas metodologias indiretas estudadas. Recomenda-se a metodologia indireta de índice de área de cladódio em que se utiliza a equação de regressão por requerer menor custo e tempo de execução do trabalho.

Referências Bibliográficas

- ALEXANDRINO, E.; GOMIDE, J.A.; GOMIDE, C.A.M. Crescimento e desenvolvimento do dossel de *Panicum maximum* cv. Mombaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n.6, p. 2164-2173, 2005.
- ARAUJO, E.C.E. **Área foliar, assimilação de carbono e fotoquímica da fotossíntese de duas cultivares de mangueira (*Mangifera indica* L.) sob diferentes intensidades de sombreamento ou temperatura**. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2006. 59p. Dissertação (Mestrado em Botânica)-Universidade Federal Rural de Pernambuco.
- BEERLING, D.J.; FRY, J.C.A. comparison of the accuracy, variability and speed of five different methods for estimating leaf area. **Journal of Botany**, v.65, p.483-488, 1989.
- CALBO, A.G., SILVA, W.L.C., TORRES, A.C. Comparação de modelos e estratégias para análise de crescimento. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.1, n.1, p. 1-18, 1989.
- CARNEIRO, M.S.S.; VIANA, O.J.; ALBUQUERQUE, J.J.L. et. al. Manejo de corte em palma gigante (*Opuntia ficus indica* (L.) Mill. e palma doce (*Nopalea cochenillifera* (L.) Salm-Dick. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 18, n.6, p. 526-531, 1989.
- CARVALHO, C.A.B.; ROSSIELO, R.O.P.; PACIULLI, D.S.C. et. al. Classes de perfilhos na composição do índice de área foliar em pastos de capim-elefante. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.4, p.557-563, 2007.
- CHALES, R.A.; REIS, M.G.F.; REIS, G.G. et al. Dinâmica de cobertura de dossel de povoamento de clone de *Eucalyptus Grandis* W. Hills ex-Maiden submetidos a desrama artificial e desbaste. **Revista Árvore**, v.31, n.6, p.989-998, 2007.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicado ao melhoramento genético**. 3ªed. Viçosa: ed universitária da UFV. v. 1, p.180-192, 2004.
- DUBEUX JR., J. C. B.; SANTOS, M. V. F.; LIRA, M. A. et al. Productivity of *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller under different N and P fertilization and plant population in north-east Brazil. **Journal of Arid Environment**, v.67, p. 357-372, 2006.
- FAGUNDES, J.L.; FONSECA, D.M.; MISTURA, C. et. al. Características morfológicas e estruturais do capim-braquiária em pastagem adubada com nitrogênio avaliadas nas quatro estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 1, p. 21-29, 2006.
- FARIAS, I.; LIRA, M.A.; SANTOS, D.C. et. al. Manejo de colheita e espaçamento da palma forrageira, em consórcio com o sorgo granífero, no agreste de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.2, p.341-347, 2000.
- FLORES-HERNÁNDEZ, A.; ORONA-CASTILLO, I.; MURILLO-AMADOR, B. et. al. Yield and physiological traits of prickly pear cactus 'nopal' (*Opuntia* spp.) cultivars under drip irrigation. **Agricultural Water Management**, v.70, p.97-107, 2004.

- HALE, S.E. The effect of thinning intensity on the below-canopy light environment in a Sitka spruce plantation. **Forest Ecology and Management**, v.179, p.341-349, 2003.
- JONCKHEERE, I. Review of methods for in situ leaf area index determination – Part I. Theories, sensors and hemispherical photography, **Agricultural and Forest Meteorology**, v.121, p.19-35, 2004.
- KAPPEL, F.; FLORE, J.A. Effect of shade on photosynthesis, specific leaf weight, leaf chlorophyll content, and morphology of young peach trees. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 108, p. 541-544, 1983.
- NOBEL, P. S.; Biologia ambiental. In: INGLESE, G. B. P.; BARRIOS, E. P. (eds). **Agroecologia Cultivo e Usos da Palma Forrageira**. SEBRAE/PB, p.36-48.2001.
- RÊGO, F.C.A.; CECATO, U.; CANTO, M.W. et. al. Características morfológicas e índice de área foliar do Capim-Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia-1) manejo em diferentes alturas, sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n.5, p. 1931-1937, 2002.
- ROSA, S.R.A.; CASTRO, T.A.P.; OLIVEIRA, I.P. Análise de crescimento em braquiária nos sistemas de plantios solteiro e consorcio com leguminosas, **Ciência Animal Brasileira**, v.5, n.1, p. 9-17, 2004.
- SALES, A.T.; ANDRADE, A.P.; SILVA, D.S. et. al. Acumulação térmica da palma forrageira (*Opuntia ficus-índica* mill) nas condições ambientais do cariri paraibano. In: V CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 178., 2008, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Sociedade Nordestina de Produção Animal [2008] (CD-ROM).
- SANTOS, D.C. **Estimativas de parâmetros genéticos em caracteres de clones da palma forrageira**. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1992. 130p. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1992.
- SANTOS, D.C.; FARIAS, I.; LIRA, M.A. et. al. **Manejo e utilização de palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) em Pernambuco**. Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária, 2002. p.16-18 (Research division repórter, 53).
- SANTOS, D.C.; LIRA, M. A.; FARIAS, I. et al. Estimativa de parâmetros genéticos em caracteres de clones da palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill e *Nopalea cochenillifera* Salm-Dick). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, n.12, p.1947-1957, 1994.
- SANTOS, D.C.; LIRA, M.A.; DIAS, M.D. Melhoramento genético da palma forrageira. In: MENEZES, R.S.C.; SIMÕES, D.A.; SAMPAIO, E.V.S.B. (eds). **A Palma no Nordeste do Brasil** conhecimento atual e novas perspectivas de uso. 2º ed. Recife: ed universitária da UFPE. p.129-141, 2005.

- SBRISSIA, A.F.; SILVA, S.C. Comparação de três métodos para a estimativa do índice de área foliar em pastos de capim marandu sob lotação contínua. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n.2, p. 212-220, 2008.
- SILVA, A.M.A.; SANTOS, J.J.; COSTA, W.D. et. al. Efeito do espaçamento e forma de plantio sobre a palma forrageira “*nopalea cochenillifera* salm-dyck” no semi-árido alagoano. In: V CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 178., 2008, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Sociedade Nordestina de Produção Animal [2008] (CD-ROM)
- SILVA, M.M.P.; VASQUEZ, H.M.; SILVA, J.F.C. et al. Composição bromatológica, disponibilidade de forragem e índice de área foliar de 17 genótipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) sob pastejo, em campos dos Goytacazes, RJ. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n.1, p. 313-32