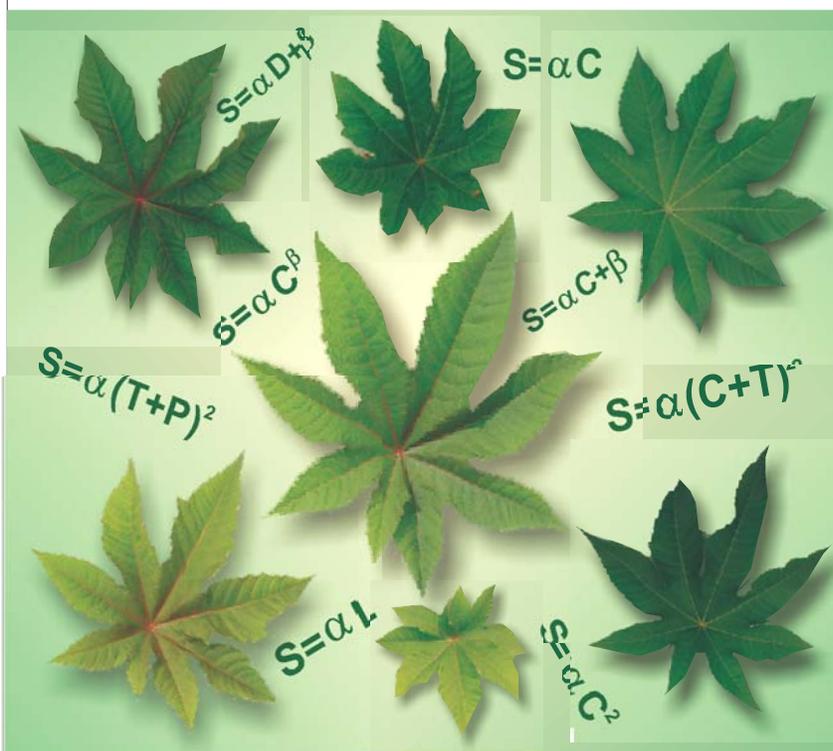


Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento

Boletim de Pesquisa 55 e Desenvolvimento

ISSN 0103-0841
Janeiro, 2005

Método Para Determinação da Área Foliar da Mamoneira



República Federativa do Brasil

Luiz Inácio Lula da Silva
Presidente

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Roberto Rodrigues
Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Conselho de Administração

Luís Carlos Guedes Pinto
Presidente

Silvio Crestana
Vice-Presidente

Alexandre Kalil Pires

Hélio Tollini

Ernesto Paterniani

Cláudia Assunção dos Santos Viegas

Membros

Diretoria Executiva da Embrapa

Silvio Crestana
Diretor-Presidente

Tatiana Deane de Abreu Sá

José Geraldo Eugênio de França

Kepler Euclides Filho

Diretores Executivos

Embrapa Algodão

Robério Ferreira dos Santos
Chefe Geral

Luiz Paulo de Carvalho
Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

Maria Auxiliadora Lemos Barros
Chefe Adjunto de Administração

José Renato Cortéz Bezerra
Chefe Adjunto de Comunicação e Negócios



ISSN 0103-0841
Janeiro, 2005

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa de Algodão

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 55

Método para Determinação da Área Foliar da Mamoneira

Liv Soares Severino
Gleibson Dionízio Cardoso
Leandro Silva do Vale
José Wellington dos Santos

Campina Grande, PB.
2005

Exemplares desta publicação podem ser solicitados à:

Embrapa Algodão

Rua Osvaldo Cruz, 1143 – Centenário
Caixa Postal 174
CEP 58107-720 - Campina Grande, PB
Telefone: (83) 3315-4300
Fax: (83) 3315-4367
algodao@cnpa.embrapa.br
http://www.cnpa.embrapa.br

Comitê de Publicações

Presidente: Luiz Paulo de Carvalho
Secretária: Nívia Marta Soares Gomes
Membros: Demóstenes M.P. de Azevedo
José Wellington dos Santos
Lúcia Helena A. Araujo
Maria Auxiliadora Lemos Barros
Maria José da Silva e Luz
Napoleão Esberard de M. Beltrão
Rosa Maria Mendes Freire

Supervisor Editorial: Nívia Marta Soares Gomes
Revisão de Texto: Liv Soares Severino
Tratamento das ilustrações: Geraldo Fernandes de Sousa Filho
Capa: Flávio Tôrres de Moura/Maurício José Rivero Wanderley
Editoração Eletrônica: Geraldo Fernandes de Sousa Filho

1ª Edição

1ª impressão (2005): 500 exemplares

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

EMBRAPA ALGODÃO (Campina Grande, PB).

Método para Determinação da Área Foliar da Mamoneira por Liv
Soares Severino e outros. Campina Grande, 2005.

20p. (Embrapa Algodão. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 55).

1. Mamona - Medidas Foliares. I. Severino, L.S. II. Cardoso, G.D. III. Vale,
L.S. do. IV. Santos, J.W. dos. V. Título. VI. Série.

CDD 633.85

© Embrapa 2005

Sumário

Resumo	6
Abstract	7
Introdução	8
Material e Métodos.....	9
Resultados e Discussão	12
Conclusões	19
Referências Bibliográficas	20

Método para Determinação da Área Foliar da Mamoneira

Liv Soares Severino¹
Gleibson Dionízio Cardoso¹
Leandro Silva do Vale²
José Wellington dos Santos¹

Resumo

A medição da área foliar da mamoneira é dificultada pela falta de metodologia simplificada e pela grande variação de formatos da folha dessa planta. Neste estudo objetivou-se desenvolver um método simplificado para cálculo da área foliar da mamoneira a partir de medidas lineares de fácil obtenção. Foram analisadas 500 folhas, incluindo-se o máximo de variabilidade quanto a tamanho, idade e genótipos da planta. As folhas foram fotografadas por câmera digital e processadas no *software* ImageTool[®] para obtenção da área e das medidas lineares. Avaliaram-se quarenta modelos teóricos, escolhendo-se aqueles que resultaram em valores próximos à área foliar real e que se mostraram apropriados para folhas de vários tamanhos e de diferentes genótipos. A equação mais confiável foi a que utiliza os valores do comprimento da nervura principal e da nervura lateral: “área = 0,2439 x (nervura principal + média das nervuras laterais)^{2,0598}”.

¹Eng. Agr., M.Sc. Embrapa Algodão, CP 174, CEP 58.107-720, Campina Grande, PB, e-mail: liv@cnpa.embrapa.br; gleibson@cnpa.embrapa.br; jwsantos@cnpa.embrapa.br

²Estudante de Biologia da Universidade Estadual da Paraíba, estagiária da Embrapa Algodão.

Method for Castor Bean Leaf Area Estimation

Abstract

Measuring leaf area in castor plants is a difficult task due to absent of a practical methodology and due to intensive variability in the leaf shape. In order to develop a method for estimating castor leaf area based on easily achievable linear measures on the leaf 500 leaves were analyzed, trying to include the maximum variability in terms of leaf size and genotypes. The leaves were digitally photographed and analyzed in the software ImageTool[®] for obtaining leaf area and linear measurements. Forty mathematical models were evaluated choosing those ones that resulted in the values closest to the real ones and that were appropriated to leaf in different size and different genotypes. The most trustful equation was based on length of central nervure and lateral nervure: $\text{area} = 0,2489 \times (\text{main nervure} + \text{lateral nervures average})^{2,0598}$.

Index terms: *Ricinus communis*, leaf measures, digital photography, image processing.

Introdução

Dentro da experimentação em fitotecnia, medir a área foliar de plantas é uma importante ação que permite ao pesquisador obter indicativo de resposta de tratamentos aplicados e lidar com uma variável que se relaciona diretamente com a capacidade fotossintética e de interceptação da luz, interfere na cobertura do solo, na competição com outras plantas e em várias outras características.

Diversas são as maneiras de se medir a área foliar das plantas, porém muitos métodos são inadequados por serem destrutivos e por depender de aparelhos que só estão disponíveis em laboratórios ou, ainda, por demandarem excessiva mão-de-obra para execução.

Para tornar mais fácil a obtenção da área foliar, geralmente são desenvolvidas relações matemáticas entre algumas dimensões das folhas e a área foliar total, de forma que a medida desejada possa ser obtida de maneira simples e sem dependência de aparelhos. Essas relações matemáticas já foram estudadas em diversas culturas (ASHLEY et al., 1963; OGA et al., 1994; SILVA et al., 1998; SILVA et al., 2002).

Nas folhas da mamoneira, a determinação de relações matemáticas entre a área e as medidas lineares é difícil devido à grande variação na forma dessas estruturas, pois ocorrem folhas com variado número de lóbulos e esses lóbulos variam quanto à largura entre diferentes genótipos ou até numa mesma planta. A aquisição de medidas lineares nessas folhas também se complica pela dificuldade de definir pontos referenciais claros que indiquem, por exemplo, onde medir o comprimento ou a largura, já que o formato irregular pode fazer com que essas medidas sejam ora superestimadas e ora subestimadas.

No estudo feito por Wendt (1967) obteve-se uma equação logarítmica para estimativa da folha de mamoneira, porém seu o estudo se baseou em apenas 65 folhas e ainda utilizou o comprimento da folha como variável independente, sem explicar com clareza os pontos entre os quais se deve medir o comprimento.

Objetivou-se no presente estudo, desenvolver equações matemáticas que relacionem a área foliar com medidas lineares de fácil obtenção e de localização objetiva e segura, sendo as equações pouco complexas, válidas para folhas de qualquer tamanho e de qualquer genótipo.

Material e Métodos

Procurou-se trabalhar com o máximo de variabilidade possível. Para isso, analisaram-se 500 folhas provenientes de plantios experimentais das cultivares BRS 149 Nordestina e BRS 188 Paraguaçu, de uma variedade anã em processo de melhoramento genético pertencente ao banco de germoplasma de mamona da Embrapa Algodão e de mamoneiras asselvajadas encontradas em terrenos baldios na cidade de Campina Grande. Foram amostradas plantas de diferentes idades (desde uma semana até mais de um ano) e com grande intervalo entre a maior e a menor área foliar.

Cada folha foi fotografada em câmera digital, colocando-se um fundo branco para aumentar o contraste, inserindo-se também uma linha de referência de comprimento conhecido. As fotos que inicialmente eram coloridas, foram transformadas para tons de cinza (8 bits) e então submetidas ao programa computacional ImageTool® (*software* de distribuição gratuita desenvolvido pela Texas Health Science Center) no qual se calibrou uma medida espacial utilizando-se a linha de referência presente em todas as fotos e se determinou o objeto a ser mensurado, conforme apresentado na Figura 1. Nesse programa computacional foram medidas a área da folha e as medidas lineares de: comprimento, largura, nervura principal, nervuras diagonais e nervuras laterais, conforme apresentado na Figura 2. A descrição dos critérios para obtenção de cada medida é apresentada a seguir:

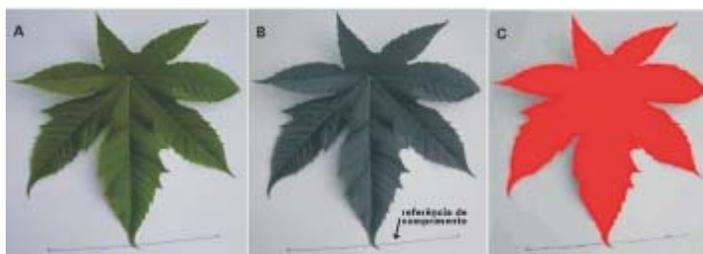


Fig. 1. Transformação das fotos para determinação da área. A: foto colorida original; B: foto transformada para tons de cinza, com destaque para a linha referencial de comprimento conhecido; C: objeto reconhecido pelo programa ImageTool.

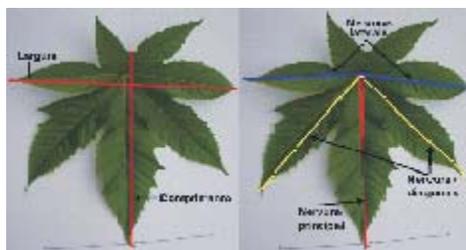


Fig. 2. Medidas lineares obtidas nas folhas de mamoneira: comprimento, largura, nervura principal, nervuras diagonais e nervuras laterais. Campina Grande, PB, 2003.

- nervura principal: distância entre o ponto de inserção do pecíolo no limbo foliar e a extremidade do maior lóbulo, o qual geralmente se encontra direcionado para baixo.
- nervuras diagonais: distância entre o ponto de inserção do pecíolo no limbo foliar e as extremidades dos dois lóbulos adjacentes ao lóbulo maior, no qual se mediu a nervura principal.
- nervuras laterais: distância entre o ponto de inserção do pecíolo no limbo foliar e a extremidade dos lóbulos cujas nervuras se aproximam o máximo possível da direção perpendicular à nervura principal.
- comprimento: distância entre a extremidade na nervura principal (explicada anteriormente) e o vértice formado pelo ponto de junção dos dois lóbulos superiores (Figura 2).
- largura: distância entre as extremidades de dois lóbulos de forma que a linha de medição se aproxime o máximo possível da perpendicular da direção em que se mediu o comprimento.

Quanto às nervuras diagonais e laterais, obteve-se uma média das nervuras da esquerda e da direita.

Inicialmente, procedeu-se ao cálculo do coeficiente de correlação das medidas foliares entre si e com a área foliar. Para desenvolvimento das equações que melhor relacionem as medidas lineares com a área foliar, foram idealizados 40 modelos teóricos considerando-se comportamentos lineares, quadráticos e de

potência em que as variáveis independentes foram consideradas isoladamente ou em combinação dupla ou tripla (Tabela 1). Para cada modelo determinaram-se os coeficientes que melhor ajustaram a curva com os dados da área foliar, assim como o coeficiente de determinação (R^2) de cada equação. Os cálculos foram feitos no programa Microsoft Excel[®] nos modelos que possuem um único coeficiente (α) e no programa Statistica[®] nos modelos que possuem dois coeficientes (α e β).

As equações que obtiveram coeficiente de determinação (R^2) inferior a 0,95 foram descartadas e as demais foram aplicadas aos dados divididos em classes de tamanho e em classes de genótipos, objetivando-se avaliar a adequação das equações para cada conjunto de dados. As três classes quanto ao tamanho foram: folhas pequenas (área < 300cm²), folhas médias (área entre 300cm² e 1.000cm²) e folhas grandes (área > 1.000cm²). As quatro classes quanto ao genótipo foram: anã, asselvajada, Nordestina e Paraguaçu.

Cada equação foi então avaliada com relação às sete classes a que foram submetidas com base nos três indicadores que se seguem:

Tabela 1. Modelos teóricos testados para obtenção de equações entre medidas foliares e área foliar

1) $S = \alpha C + \epsilon$	$S = \alpha C^2 + \epsilon$	$S = \alpha L^{\beta} + \epsilon$
2) $S = \alpha L + \epsilon$	$S = \alpha L^2 + \epsilon$	$S = \alpha P^{\beta} + \epsilon$
3) $S = \alpha P + \epsilon$	$S = \alpha P^2 + \epsilon$	$S = \alpha D^{\beta} + \epsilon$
4) $S = \alpha D + \epsilon$	$S = \alpha D^2 + \epsilon$	$S = \alpha T^{\beta} + \epsilon$
5) $S = \alpha T + \epsilon$	$S = \alpha T^2 + \epsilon$	$S = \alpha (C + L)^{\beta} + \epsilon$
6) $S = \alpha C + \beta + \epsilon$	$S = \alpha (C + L)^2 + \epsilon$	$S = \alpha (P + T)^{\beta} + \epsilon$
$S = \alpha L + \beta + \epsilon$	$S = \alpha (D + L)^2 + \epsilon$	$S = \alpha (L + P)^{\beta} + \epsilon$
$S = \alpha P + \beta + \epsilon$	$S = \alpha (C + T)^2 + \epsilon$	$S = \alpha (P + D + T)^{\beta} + \epsilon$
$S = \alpha D + \beta + \epsilon$	$S = \alpha (D + T)^2 + \epsilon$	$S = C^{\alpha} + L^{\beta} + \epsilon$
$S = \alpha T + \beta + \epsilon$	$S = \alpha (L + P)^2 + \epsilon$	$S = P^{\alpha} + L^{\beta} + \epsilon$
$S = \alpha C \times L + \epsilon$	$S = \alpha (T + P)^2 + \epsilon$	$S = D^{\alpha} + L^{\beta} + \epsilon$
$S = \alpha P \times L + \epsilon$	$S = \alpha (P + D + T)^2 + \epsilon$	$S = P^{\alpha} + T^{\beta} + \epsilon$
$S = \alpha D \times L + \epsilon$	$S = \alpha C^{\beta} + \epsilon$	$S = D^{\alpha} + T^{\beta} + \epsilon$
$S = \alpha P \times T + \epsilon$		

S = área foliar; C = comprimento da folha; L = largura da folha; P = comprimento da nervura principal; D = média do comprimento das duas nervuras diagonais; T = média das duas nervuras laterais; α e β = valores calculados; ϵ = erro aleatório

- a) coeficiente de correlação entre área real e área calculada;
- b) diferença percentual entre a média dos valores calculados e a média dos valores reais, utilizando-se a fórmula:

$$\Delta(\%) = \frac{X_c - X_o}{X_o} \times 100, \text{ em que}$$

X_c = média dos valores de área calculados pela equação

X_o = média dos valores de área reais;

- c) Coeficiente de variação pela fórmula:

$$CV(\%) = \frac{s}{X} \times 100, \text{ em que}$$

s = desvio-padrão entre área calculada e área real

X = média da área real

Para cada classe, foram consideradas adequadas as equações que obtiveram coeficiente de correlação superior a 0,900, diferença percentual entre -5,0 e 5,0% e coeficiente de variação menor que 5,0%.

A avaliação das equações foi então complementada por critérios, como: facilidade de obtenção das medidas, facilidade de cálculo e número de medidas necessárias.

Resultados e Discussão

A folha de mamoneira encontrada com maior frequência possui sete lóbulos com largura normal (Figura 3A), porém também ocorrem folhas com maior número de lóbulos os quais apresentam variação na largura (Figuras 3B, 3C e 3D).

Também ocorrem folhas em que há pouco ou nenhum espaço entre os lóbulos, principalmente nas folhas que nascem nas fases iniciais de desenvolvimento da planta (Figuras 3F e 3G).

Para se encontrar as nervuras laterais nas folhas com mais de sete lóbulos (Figuras 3C) nas quais não existe o vértice, deve-se optar pela nervura que mais se aproxime da direção perpendicular á nervura principal. Para se medir o comprimento em folhas com mais de 7 lóbulos, como existem mais de dois lóbulos na parte superior (Figuras 3B e 3E), faz-se opção pelo vértice à direita, formado pela junção de dois lóbulos superiores.

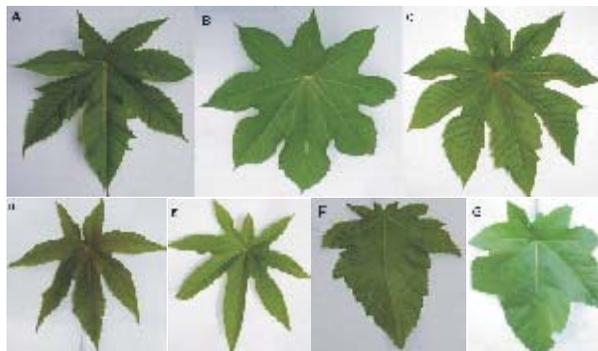


Fig. 3. Folhas de mamoneira de diferentes genótipos e tamanhos, com lóbulos variando em número e em largura. Campina Grande, PB, 2003

Na Tabela 2 apresentam-se os coeficientes de correlação entre as medidas foliares. As duas medidas que mais se correlacionam com a área foliar são a nervura principal e o comprimento; as menos correlacionadas são a largura e as nervuras laterais; a nervura principal e a largura possuem a menor correlação entre as medidas lineares da folha.

Os detalhes das classes de folhas divididas por tamanho e por genótipos estão apresentados nas Tabelas 3 e 4. Na classificação por tamanho, a classe de folhas médias mostrou-se a mais numerosa, contendo 267 valores e com área média de 610,2 cm². Na classificação por genótipos a classe “Nordestina” foi a mais numerosa, com 263 valores, e área variando entre 8,71 e 1.491,18cm².

Tabela 2. Coeficientes de correlação entre medidas da folha de mamoneira. Campina Grande, PB, 2003

	Área da folha	Comprimento	Largura	Nervura principal	Nervuras diagonais	Nervuras laterais
Área da folha	1,000					
Comprimento	0,945	1,000				
Largura	0,911	0,947	1,000			
Nervura principal	0,955	0,984	0,958	1,000		
Nervuras diagonais	0,939	0,973	0,968	0,979	1,000	
Nervuras laterais	0,916	0,965	0,990	0,965	0,974	1,000

Tabela 3. Caracterização das classes de folhas de mamona divididas por tamanho

Classe	Limites (cm ²)	Número de folhas	Área média (cm ²)
Folhas pequenas	< 300	119	84,30
Folhas médias	< 300 e < 1.000	267	610,20
Folhas grandes	> 1.000	114	1.363,80

Tabela 4. Caracterização das classes de folhas de mamona divididas por cultivar

Classe	Número de folhas	Menor folha (cm ²)	Maior folha (cm ²)	Área média (cm ²)
Anã	53	70,38	1.648,15	375,93
Asselvajada	129	255,01	2.313,09	1.139,36
Nordestina	263	8,71	1.491,18	490,83
Paraguaçu	55	67,45	1.367,67	589,62

Os coeficientes α e β das equações e seus respectivos coeficientes de determinação estão apresentados na Tabela 5. Apenas 21 equações obtiveram R^2 maior que 0,950, conforme critério previamente estabelecido.

O resultado do cálculo da correlação entre área real e área calculada, diferença percentual e coeficiente de variação das equações selecionadas dentro de cada classe de tamanho e de genótipos está apresentado respectivamente nas Tabelas 6 e 7. Na Tabela 8, encontra-se resumidamente a avaliação de cada equação.

É desejável se dispor de uma equação que envolva o mínimo possível de medidas e que essas medidas sejam baseadas em pontos bem definidos na folha. Quanto à facilidade de medição, as equações que envolvem a nervura principal e nervuras laterais dependem de três medições (são duas nervuras laterais); no entanto, essas medidas são mais objetivas que o comprimento e a largura, as quais são de difícil identificação, sobretudo em folhas com mais de sete lóbulos.

Nenhuma das equações é apropriada para todas as classes. Vê-se na Tabela 8 que as equações que utilizam apenas uma das medidas foliares não são

Tabela 5. Modelos teóricos e equações ajustadas para estimativa da área foliar da mamoneira, em função de medidas foliares. Campina Grande, PB, 2003

Modelo	α	β	R ²
$S = \alpha C$	25,6260	-	0,788
$S = \alpha L$	21,9120	-	0,776
$S = \alpha P$	31,5910	-	0,786
$S = \alpha D$	44,7500	-	0,623
$S = \alpha T$	42,1880	-	0,777
$S = \alpha C + \beta$	37,4080	-393,6700	0,894
$S = \alpha L + \beta$	28,5370	-262,5700	0,831
$S = \alpha P + \beta$	48,0930	-444,4900	0,912
$S = \alpha D + \beta$	93,2540	-859,9100	0,884
$S = \alpha T + \beta$	55,0370	-264,5300	0,832
$S = \alpha C \times L$	0,6119	-	0,972
$S = \alpha P \times L$	0,7513	-	0,965
$S = \alpha D \times L$	1,1416	-	0,941
$S = \alpha P \times T$	1,4439	-	0,963
$S = \alpha C^2$	0,6950	-	0,934
$S = \alpha L^2$	0,5140	-	0,921
$S = \alpha P^2$	1,0655	-	0,954
$S = \alpha D^2$	2,4510	-	0,896
$S = \alpha T^2$	1,9070	-	0,928
$S = \alpha(C + L)^2$	0,1515	-	0,971
$S = \alpha(D + L)^2$	0,2446	-	0,940
$S = \alpha(C + T)^2$	0,2736	-	0,958
$S = \alpha(D + T)^2$	0,5452	-	0,940
$S = \alpha(L + P)^2$	0,1812	-	0,962
$S = \alpha(T + P)^2$	0,3526	-	0,964
$S = \alpha(P + D + T)^2$	0,1867	-	0,962
$S = \alpha C^{\beta}$	0,3032	2,2380	0,982
$S = \alpha L^{\beta}$	2,9877	1,5073	0,964
$S = \alpha P^{\beta}$	0,2622	2,4248	0,971
$S = \alpha D^{\beta}$	0,0134	3,7564	0,969
$S = \alpha T^{\beta}$	7,0842	1,5489	0,970
$S = \alpha(C + L)^{\beta}$	0,2438	1,8808	0,989
$S = \alpha(P + T)^{\beta}$	0,2439	2,0898	0,989
$S = \alpha(L + P)^{\beta}$	0,2398	1,9259	0,987
$S = \alpha(P + D + T)^{\beta}$	0,0628	2,2408	0,972
$S = C^{\alpha} + L^{\beta}$	1,7820	1,5642	0,952
$S = P^{\alpha} + L^{\beta}$	1,9455	1,4420	0,960
$S = D^{\alpha} + L^{\beta}$	2,1601	1,5516	0,924
$S = P^{\alpha} + T^{\beta}$	1,8494	1,8793	0,965
$S = D^{\alpha} + T^{\beta}$	1,9652	2,0654	0,945

S = área foliar; C = comprimento da folha; L = largura da folha; P = comprimento da nervura principal; D = média do comprimento das duas nervuras diagonais; T = média das duas nervuras laterais; α e β = valores calculados; $\hat{\epsilon}$ = erro aleatório

Tabela 6. Avaliação das equações selecionadas aplicadas a três classes de folhas divididas por tamanho da área foliar

Equação	Folhas pequenas			Folhas médias			Folhas grandes		
	Correl.	Δ (%)	CV (%)	Correl.	Δ (%)	CV (%)	Correl.	Δ (%)	CV (%)
$S = 0,6119 \times C \times L$	0,99	7,43	3,29	0,948	4,59	0,68	0,912	-3,23	0,91
$S = 0,7513 \times P \times L$	0,98	11,70	3,94	0,920	3,70	0,81	0,902	-3,19	0,95
$S = 1,4439 \times P \times T$	0,98	10,47	3,47	0,920	4,00	0,80	0,908	-3,24	0,94
$S = 1,0655 \times P^2$	0,95	37,05	4,99	0,876	0,18	0,96	0,892	-2,46	1,07
$S = 0,1515 \times (C + L)^2$	0,98	9,37	3,31	0,947	0,48	0,69	0,907	-3,33	0,93
$S = 0,2736 \times (C + T)^2$	0,99	10,59	2,56	0,921	3,82	0,79	0,880	-3,45	1,08
$S = 0,1812 \times (L + P)^2$	0,98	13,26	3,94	0,918	4,18	0,83	0,889	-3,52	1,02
$S = 0,3526 \times (T + P)^2$	0,98	17,64	3,55	0,919	3,55	0,80	0,915	-3,02	0,90
$S = 0,1867 \times (P + D + T)^2$	0,98	51,90	5,95	0,923	7,26	0,85	0,927	-4,40	0,87
$S = 0,3032 \times C^{2,238}$	0,98	-0,75	2,10	0,857	-0,65	1,13	0,825	3,61	1,73
$S = 2,9877 \times L^{1,5073}$	0,98	37,76	7,13	0,869	4,60	0,97	0,750	-20,75	2,38
$S = 0,2622 \times P^{2,4248}$	0,93	-0,80	3,72	0,873	-3,72	1,14	0,893	9,98	1,89
$S = 0,0134 \times D^{3,7564}$	0,97	-0,85	2,69	0,820	-6,26	1,41	0,885	17,79	2,73
$S = 7,0842 \times T^{1,5489}$	0,98	31,36	6,09	0,893	4,94	0,91	0,784	-19,75	2,25
$S = 0,2438 \times (C + L)^{1,8808}$	0,99	15,55	3,55	0,947	2,29	0,62	0,907	-9,52	1,24
$S = 0,2439 \times (P + T)^{2,0898}$	0,98	7,45	2,90	0,918	0,49	0,78	0,915	-2,81	0,92
$S = 0,2398 \times (L + P)^{1,9259}$	0,98	16,06	3,94	0,918	1,72	0,77	0,888	-8,23	1,22
$S = 0,0628 \times (P + D + T)^{2,2408}$	0,98	17,75	2,96	0,922	-3,12	0,76	0,928	-6,39	0,99
$S = C^{1,782} + L^{1,5642}$	0,99	50,30	6,29	0,939	11,81	0,97	0,901	-6,14	1,07
$S = P^{1,9455} + L^{1,442}$	0,97	50,44	6,13	0,907	6,68	0,90	0,912	-4,14	0,93
$S = P^{1,8494} + T^{1,8793}$	0,98	27,56	3,75	0,918	-2,92	0,77	0,916	-13,26	1,49

S = área foliar; C = comprimento da folha; L = largura da folha; P = comprimento da nervura principal; D = média do comprimento das duas nervuras diagonais; T = média do comprimento das duas nervuras laterais

confiáveis, pois resultam em valores ora superestimados e ora pouco correlacionados com a área real.

Entre as alternativas que se mostram adequadas, a equação $S = 0,2439 \times (P + T)^{2,0898}$ é confiável para todas as classes, com exceção das folhas pequenas, na qual o valor calculado foi superestimado em 7,45% (Figura 4). As equações $S = 0,3526 \times (P + T)^2$ e $S = 0,1515 \times (C + L)^2$ também são relativamente confiáveis, pois, embora tenham superestimado os valores de folhas pequenas, foram apropriadas para folhas médias e grandes e em três dos genótipos (Figura 4).

Na classe de plantas “anãs” quase todas as equações resultaram em valores superestimados; isto ocorreu porque as folhas desse genótipo possuem lóbulos predominantemente estreitos (Figura 3E) e desta forma, a área foliar tende a ser

Tabela 7. Avaliação das equações selecionadas aplicadas a quatro classes de folhas divididas por genótipos

Equação	Variedade Anã			Variedade Asselvajada			Cultivar Nordestina			Cultivar Paraguaiçu		
	Correl.	Δ (%)	CV (%)	Correl.	Δ (%)	CV (%)	Correl.	Δ (%)	CV (%)	Correl.	Δ (%)	CV (%)
$S = 0,6119 \times C \times L$	0,982	10,66	2,14	0,970	-2,93	0,42	0,987	3,19	0,48	0,984	3,91	1,63
$S = 0,7513 \times P \times L$	0,975	13,09	2,56	0,970	-1,97	0,44	0,977	0,90	0,58	0,980	4,19	1,82
$S = 1,4439 \times P \times T$	0,974	10,45	2,38	0,966	-2,31	0,49	0,983	2,39	0,57	0,971	2,27	2,04
$S = 1,0655 \times P^2$	0,943	5,83	2,82	0,959	-1,89	0,58	0,969	1,92	0,74	0,972	-2,37	1,96
$S = 0,1515 \times (C + L)^2$	0,982	11,36	2,20	0,969	-3,05	0,42	0,987	3,44	0,49	0,983	4,27	1,66
$S = 0,2736 \times (C + T)^2$	0,978	5,77	1,95	0,971	-4,03	0,51	0,976	5,11	0,49	0,977	0,23	1,74
$S = 0,1812 \times (L + P)^2$	0,976	14,22	2,63	0,965	-2,22	0,45	0,976	1,12	0,58	0,979	5,08	1,90
$S = 0,3526 \times (T + P)^2$	0,972	9,91	2,39	0,969	-2,13	0,49	0,982	2,67	0,57	0,973	1,73	1,98
$S = 0,1867 \times (P + D + T)^2$	0,977	35,01	5,15	0,979	21,82	1,16	0,984	25,47	1,20	0,977	23,54	4,29
$S = 0,3032 \times C^{2,238}$	0,964	-7,06	2,29	0,956	-0,02	0,87	0,942	5,77	0,66	0,971	-4,75	2,24
$S = 2,9877 \times L^{1,5073}$	0,949	27,92	4,82	0,920	-16,76	1,07	0,951	-2,71	0,69	0,968	4,89	2,41
$S = 0,2622 \times P^{2,4248}$	0,953	-6,41	2,50	0,953	8,00	0,73	0,959	0,05	0,88	0,966	-3,62	2,82
$S = 0,0134 \times D^{3,7564}$	0,952	113,80	35,15	0,951	374,59	21,99	0,914	203,60	11,82	0,934	188,91	41,85
$S = 7,0842 \times T^{1,5489}$	0,951	22,44	4,24	0,913	-16,23	1,06	0,969	-0,66	0,73	0,952	2,10	2,68
$S = 0,2438 \times (C + L)^{1,8808}$	0,980	11,24	2,42	0,969	-8,56	0,56	0,986	0,35	0,49	0,984	1,18	1,47
$S = 0,2439 \times (P + T)^{2,0888}$	0,974	4,80	2,00	0,969	-2,45	0,48	0,982	0,05	0,58	0,972	-0,85	2,03
$S = 0,2398 \times (L + P)^{1,9259}$	0,974	13,03	2,65	0,966	-6,58	0,56	0,975	-1,56	0,55	0,980	2,17	1,65
$S = 0,0628 \times (P + D + T)^{2,2408}$	0,980	18,97	3,22	0,978	21,09	1,16	0,983	17,34	1,02	0,974	15,33	3,81
$S = C^{1,782} + L^{1,5642}$	0,976	23,59	3,87	0,975	-4,70	0,60	0,982	11,04	0,53	0,983	8,31	1,87
$S = P^{1,9455} + L^{1,442}$	0,958	18,63	3,55	0,970	-2,32	0,57	0,977	5,94	0,64	0,979	4,75	1,78
$S = P^{1,8494} + T^{1,8793}$	0,968	5,88	2,63	0,971	-11,72	0,79	0,982	-3,77	0,67	0,974	-5,23	2,04

S = área foliar; C = comprimento da folha; L = largura da folha; P = comprimento da nervura principal; D = média do comprimento das duas nervuras diagonais; T = média do comprimento das duas nervuras laterais

menor. Portanto, as equações que não foram apropriadas para este genótipo continuam tendo validade para as demais que possuem folhas mais próximas do padrão (lóbulo médios ou largos).

Além das equações escolhidas como as mais confiáveis, o pesquisador poderá escolher outras equações caso queira trabalhar com algum tipo específico de folhas ou utilizar uma fórmula mais simples em um trabalho em que certa margem de erro seja tolerável. Neste caso, pode-se optar, por exemplo, pela equação $S = 0,2622 \times P^{2,4248}$ que utiliza apenas uma medida foliar de fácil obtenção mas na qual o coeficiente de determinação foi relativamente alto ($R^2 = 0,971$), embora em folhas médias e grandes a correlação com os valores reais tenha resultado um pouco abaixo do limite previamente estabelecido mas ainda tolerável (correlação = 0,873 e 0,893, respectivamente). Em casos em

Tabela 8. Resultado da avaliação de cada equação nas classes de folhas divididas por tamanho e por genótipos, segundo critérios de correlação, diferença percentual e coeficiente de variação. Campina Grande, PB, 2003.

Equação	Folhas pequenas	Folhas médias	Folhas grandes	Anã	Asselvajada	Nordestina	Paraguaçu
$S = 0,6119 \times C \times L$	não	sim	sim	não	sim	sim	sim
$S = 0,7513 \times P \times L$	não	sim	sim	não	sim	sim	sim
$S = 1,4439 \times P \times T$	não	sim	sim	não	sim	sim	sim
$S = 1,0655 \times P^2$	não	não	não	não	sim	sim	sim
$S = 0,1515 \times (C + L)^2$	não	sim	sim	não	sim	sim	sim
$S = 0,2736 \times (C + T)^2$	não	sim	não	não	sim	não	sim
$S = 0,1812 \times (L + P)^2$	não	sim	não	não	sim	sim	não
$S = 0,3526 \times (T + P)^2$	não	sim	sim	não	sim	sim	sim
$S = 0,1867 \times (P + D + T)^2$	não	não	sim	não	não	não	não
$S = 0,3032 \times C^{2,238}$	sim	não	não	não	sim	não	sim
$S = 2,9877 \times L^{1,5073}$	não	não	não	não	não	sim	sim
$S = 0,2622 \times P^{2,4248}$	sim	não	não	não	não	sim	sim
$S = 0,0134 \times D^{3,7564}$	sim	não	não	não	não	não	não
$S = 7,0842 \times T^{1,5489}$	não	não	não	não	não	sim	sim
$S = 0,2438 \times (C + L)^{1,8808}$	não	sim	não	não	não	sim	sim
$S = 0,2439 \times (P + T)^{2,0898}$	não	sim	sim	sim	sim	sim	sim
$S = 0,2398 \times (L + P)^{1,9259}$	não	sim	não	não	não	sim	sim
$S = 0,0628 \times (P + D + T)^{2,2408}$	não	sim	não	não	não	não	não
$S = C^{1,782} + L^{1,5642}$	não	não	não	não	sim	não	não
$S = P^{1,9405} + L^{1,442}$	não	não	sim	não	sim	não	sim
$S = P^{1,8494} + T^{1,8793}$	não	sim	não	não	não	sim	não

“sim” significa equação apropriada para a classe.

S = área foliar; C = comprimento da folha; L = largura da folha; P = comprimento da nervura principal; D = média do comprimento das duas nervuras diagonais; T = média do comprimento das duas nervuras laterais

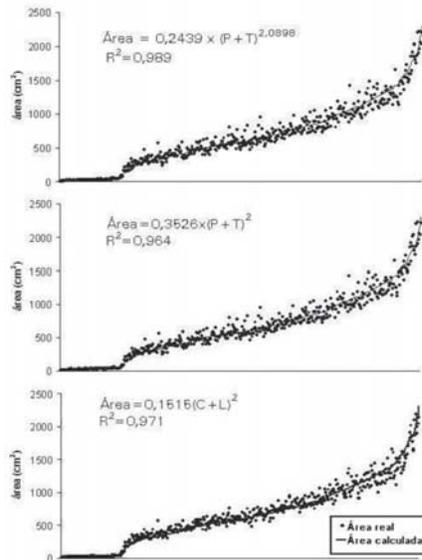


Fig. 4. Regressão entre os valores de área foliar da mamoneira observados e calculados por três equações. Campina Grande, PB, 2003

que se deseja apenas comparar diferentes tratamentos, o que importa é que os valores calculados estejam correlacionados com os valores reais, não importando se a área está subestimada ou superestimada.

Conclusões

- 1) Entre os modelos testados, a equação $S = 0,2439 \times (P + T)^{2,0898}$ é a mais confiável e segura para cálculo da área foliar da mamoneira (S = área; P = comprimento da nervura principal; T = média do comprimento das nervuras laterais).
- 2) As equações $S = 0,3526 \times (P + T)^2$ e $S = 0,1515 \times (C + L)^2$ também são bastante confiáveis e de cálculo mais simples (S = área; P = comprimento da nervura principal; T = média do comprimento das nervuras laterais; C = comprimento; L = largura).
- 3) As equações baseadas em uma única medida foliar não são confiáveis para o cálculo da área foliar da mamoneira, mas algumas delas podem ser utilizadas em determinações pouco exigentes em precisão, ou na qual se queira rapidez e praticidade em detrimento à exatidão do resultado.

Referências Bibliográficas

- ASHLEY, D.A.; DOSS, B.D.; BENETT, O.L. A method of determining leaf área in cotton. **Agronomy Journal**, v. 55, p. 584-585, 1963.
- OGA, F.M.; FONSECA, C.E.L. Um método rápido para estimar área foliar em mudas de cagaiteira (*Eugenia dysenterica* D.C.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 4, p. 571-577, abr. 1994.
- SILVA, N.F.; FERREIRA, F.A.; FONTES, P.C.R.; CARDOSO, A.A. Modelos para estimar a área foliar de abóbora por meio de medidas lineares. **Revista Ceres** v. 45, n. 259, p. 287-291, 1998.
- SILVA, L.C.; SANTOS, J.W.; VIEIRA, D.J.; BELTRÃO, N.E.M.; ALVES, J.; JERÔNIMO, J.F. Um método simples para se estimar área foliar de plantas de gergelim (*Sesamum indicum*). **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**. Campina Grande, PB. v. 6, n. 1, p. 491-496, jan-abr. 2002.

WENDT, C.W. Use of a relationship between leaf length and leaf área to estimate the leaf área of cotton (*Gossypium hirsutum* L.), castor (*Ricinus communis* L.) and sorghum (*Sorghum bicolor* L.). **Agronomy Journal**, v. 59, p. 484-486, set-out. 1967.

Embrapa

Algodão



Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento

