

DETERMINAÇÃO DA ÁREA FOLIAR DO GUARANAZEIRO:
FOLIÓLOS ISOLADOS E FOLHA COMPOSTA¹

Geraldo Gonçalves dos Reis²
Adair José Regazzi³

Resumo

As áreas de folíolos isolados e da folha composta do guaranazeiro (*Paullinia cupana*, var *sorbillilis* (Mart.) Ducke) foram avaliadas a partir de 60 folhas maduras e sadias. Os folíolos foram identificados em cinco posições definidas na superfície adaxial da folha: o primeiro à direita, A; o primeiro à esquerda, B; o segundo à direita, C; o segundo à esquerda, D; e o folíolo do ápice da folha, E. Vários modelos de regressão foram testados para estimar a área de cada folíolo (Y) separadamente e a área de toda a folha (W) em função do comprimento (C), largura (L), do produto C.L (X), do peso da matéria seca do folíolo a 75°C (P) e das combinações entre elas. Com base nos valores apresentados pelos coeficientes de determinação, e significância da regressão testada pelo teste "F", e na significância dos parâmetros responsáveis pela regressão testados pelo teste "t" de Student, e adotando um nível aceitável de até 5% de probabilidade, foram selecionados os seguintes modelos para a estimação da área foliar de cada folíolo:

$$\begin{aligned} \text{A: } \text{Log } \hat{Y}_i &= 0,42164 + 0,34637 \text{ Log } C_i + 1,26055 \text{ Log } L_i \\ \text{B: } \text{Log } \hat{Y}_i &= 0,21157 + 0,67384 \text{ Log } C_i + 1,06290 \text{ Log } L_i \\ \text{C: } \text{Log } \hat{Y}_i &= 0,04848 + 0,81983 \text{ Log } C_i + 1,03393 \text{ Log } L_i \\ \text{D: } \text{Log } \hat{Y}_i &= 0,23637 + 0,55706 \text{ Log } C_i + 1,19778 \text{ Log } L_i \\ \text{E: } \text{Log } \hat{Y}_i &= 0,03117 + 0,69615 \text{ Log } C_i + 1,16345 \text{ Log } L_i \end{aligned}$$

¹ Recebido para publicação em 18/9/85

² Pesquisador em Fisiologia Vegetal, EMBRAPA/SIF/UFV. - 36570, Viçosa, MG.

³ Professor Adjunto, Dep. de Matemática da UFV.-36570, Viçosa, MG.

Na avaliação da área das folhas compostas, o seguinte modelo foi selecionado: $\text{Log } \bar{W}_i = 1,16442 + 0,40938 \text{ Log } C_i + 1,15591 \text{ Log } L_i$, em que o comprimento (C_i) e a largura (L_i) correspondem às dimensões do folíolo D.

1. INTRODUÇÃO

O estudo do crescimento e desenvolvimento de plantas quase sempre requer avaliação da área foliar. A área foliar é parâmetro importante também na determinação da intensidade de transpiração, taxa assimilatória líquida e índice de área foliar.

A escolha dos métodos de determinação de área foliar depende da quantidade de material a ser mensurado, do grau de precisão requerido, do equipamento disponível e da necessidade de registro permanente (12).

A determinação da área foliar através de suas dimensões é bastante satisfatória e apresenta as vantagens de não requerer destruição do material, ser relativamente rápida em comparação com outros métodos e ser de ampla utilização em condições de campo (3, 7, 9, 11, 12, 16, 19). Equações de regressão para as estimativas da área foliar têm sido propostas para as mais diversas culturas, tais como: feijão (4), gramíneas (8, 11, 14), algodão (1), cacau (16), café (2, 3, 9), juta (6), maçã e ameixa (5), mamão (10) e mandioca (18). Para tal, exige-se que folhas ou folíolos sejam simples, de formas geométricas aproximadamente definidas e que suas áreas apresentem altas correlações com suas dimensões lineares (3).

O presente trabalho objetiva determinar as áreas dos folíolos e da folha do guaranazeiro (*Paullinia cupana*, var. *sorbillia* (Mart.) Ducke), através da mensuração de suas dimensões lineares e dos seus pesos secos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Sessenta folhas (compostas) sadias e de tamanhos variáveis de nove guaranazeiros *Paullinia cupana*, var. *sorbillia* (Mart.) Ducke) foram colhidas da coleção de matrizes do CPATU/EMBRAPA, Belém, PA. Essas folhas localizaram-se na posição mediana externa da copa (folhas "de sol") e os folíolos foram identificados em cinco posições definidas da superfície adaxial da folha, conforme a Figura 1, ou seja, o primeiro à direita, A; o primeiro à esquerda, B; o segundo à direita, C; o segundo à esquerda, D; e o folíolo do ápice da folha, E. A idade aproximada das folhas amostradas é de 3,5 meses.

A área verdadeira de cada folíolo foi determinada a partir do peso seco de 10 discos de 2,20 cm de diâmetro e do folíolo correspondente. Na obtenção do peso seco, os folíolos e os discos foram secados em estufas com circulação forçada de ar a 75°C, até o peso constante. De cada folíolo, imediatamente após a colheita da planta, foram medidos seus maiores comprimentos C_i ($i=1, \dots, 5$) sobre a nervura principal do mesmo, desde o ponto de inserção do limbo até o ápice e suas maiores larguras L_i ($i=1, \dots, 5$), geralmente na posição mediana do limbo, perpendicularmente às linhas dos maiores comprimentos.

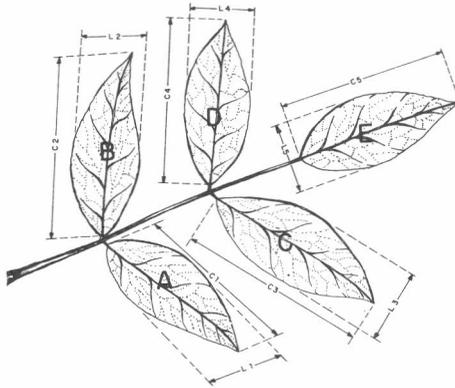


FIGURA 1 - Esquema das posições e tomada das dimensões nos folíolos, na superfície adaxial da folha do guaranázeiro. As posições dos folíolos estão representadas pelas letras A, B, C, D e E. Dimensões: C_i ($i=1, \dots, 5$) maior comprimento, L_i ($i=1, \dots, 5$) maior largura.

A análise estatística dos dados foi efetuada através da análise de regressão. Foram testados modelos linear, quadrático, semilogarítmico e duplologarítmico, para cada folíolo separadamente, com o uso das seguintes variáveis:

- Y - área do folíolo (cm^2);
- L - maior largura do folíolo (cm);
- C - maior comprimento do folíolo (cm);
- X - produto C.L (retângulo circunscrito ao folíolo);
- P - peso da matéria seca a 75°C (g).

O grau de ajustamento dos modelos foi avaliado por meio do coeficiente de determinação R^2 , pela significância da regressão testada pelo teste "F" e pela significância dos coeficientes de regressão testados pelo teste "t" de Student, adotando-se um nível aceitável de até 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentre os modelos testados, os que apresentaram melhor ajustamento para a estimação da área foliar de cada folíolo, individualmente, com base na significância da regressão e dos parâmetros responsáveis pela regressão e no coeficiente de determinação, foram os mostrados no Quadro 1.

As equações de regressão selecionadas para estimar a área de cada folíolo apresentaram um bom grau de ajustamento, uma vez que os coeficientes de determinação (R^2) variaram de 0,84 a 0,92, indicando que no mínimo 84,0% e no máximo 92,0% da variação observada na variável dependente foram explicadas pe-

la influência das variáveis independentes incluídas nos modelos.

QUADRO 1 - Coeficientes de determinação múltipla (R^2) e equações de regressão para os folíolos A, B, C, D e E

Folíolos	Equações de regressão**	R^{2++}
A	$\text{Log } \hat{Y}_i = 0,42164 + 0,34637 \text{ Log } C_i + 1,26055 \text{ Log } L_i$	0,84
B	$\text{Log } \hat{Y}_i = 0,21157 + 0,67384 \text{ Log } C_i + 1,06290 \text{ Log } L_i$	0,87
C	$\text{Log } \hat{Y}_i = 0,04848 + 0,81983 \text{ Log } C_i + 1,03393 \text{ Log } L_i$	0,92
D	$\text{Log } \hat{Y}_i = 0,23637 + 0,55706 \text{ Log } C_i + 1,19778 \text{ Log } L_i$	0,97
E	$\text{Log } \hat{Y}_i = 0,03117 + 0,69615 \text{ Log } C_i + 1,16345 \text{ Log } L_i$	0,92

**Coeficientes de regressão significativos, ao nível de 1% de probabilidade pelo teste t.

++Coeficientes de determinação múltipla significativos, ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

B - Determinação da Área de Folhas Compostas

Os coeficientes de correlação simples entre as áreas das folhas e as dimensões lineares de cada folíolo são apresentados no Quadro 2.

Os valores dos coeficientes de correlação simples dão uma indicação do grau de associação entre as áreas das folhas (W) e as dimensões lineares dos folíolos (C, L e X).

Dentre os modelos testados para estimar a área da folha, verificou-se um melhor grau de ajustamento para o modelo duplo-logarítimo, onde as variáveis foram expressas em logaritmo decimal.

Os coeficientes de determinação múltipla (R^2), bem como as equações de regressão para cada folíolo, estão apresentados no Quadro 3.

As equações de regressão selecionadas apresentaram um bom grau de ajustamento, uma vez que os coeficientes de determinação múltipla (R^2) variaram de 0,81 a 0,97, indicando que no mínimo 81,0% e no máximo 97,0% da variação observada na variável dependente foram explicados pela influência das variáveis

independentes incluídas nos modelos.

Apesar de as equações de regressão de cada folíolo apresentarem poder explicativo semelhante, a melhor equação para a avaliação da área da folha composta foi a referente ao folíolo D.

QUADRO 2 - Coeficientes de correlação simples entre área da folha (W) e maior comprimento do folíolo (C), maior largura (L) e retângulo circunscrito ao folíolo (X), para cada folíolo

Folíolo-	Área da folha	Dimensões dos folíolos		
		C	L	X
A	W	0,6298 ⁺⁺	0,8995 ⁺⁺	0,8736 ⁺⁺
B	W	0,7559 ⁺⁺	0,8342 ⁺⁺	0,9037 ⁺⁺
C	W	0,7171 ⁺⁺	0,8199 ⁺⁺	0,8946 ⁺⁺
D	W	0,7137 ⁺⁺	0,9085 ⁺⁺	0,9198 ⁺⁺
E	W	0,6658 ⁺⁺	0,8511 ⁺⁺	0,8977 ⁺⁺

++Significativo, ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Essas equações de regressão selecionadas no presente trabalho aplicam-se na estimação da área de folhas sadias, maduras, crescidas a pleno sol, de plantas que se desenvolvem em uma região tropical úmida. Sua aplicação para plantas sob outras condições deve ser feita com cautela, pois pode haver variação na forma, espessura e matéria seca das folhas e conseqüentemente, na área foliar. Por exemplo, folhas crescidas à sombra geralmente são mais finas, de maior área foliar e não acumulam tanta matéria seca quanto folhas "de sol" (15). O guaranazeiro apresenta variações na exigência de luz com o estágio de desenvolvimento da planta. Na idade juvenil as plantas requerem sombreamento moderado e, na idade adulta, desenvolvem-se à plena luz. Mesmo plantas adultas podem apresentar parte das folhas a desenvolver-se à sombra porque as copas são bastante fechadas. Há também indicações de que a área das folhas varia com as estações do ano em que ocorre o lançamento foliar (13). Folhas de lançamentos foliares ocorridos em meados de maio a julho em Belém, PA, atingem áreas foliares menores do que aquelas de lançamentos foliares de novembro a janeiro, e isto aparentemente está associado à maior disponibilidade de água no solo (dados não apresentados). A idade das folhas também deve ser considerada, pois a expansão da folha do guaranazeiro completa-se somente após 42 dias desde o início de seu cresci-

mento. Segundo REIS *et alii* (17), estas folhas mobilizam metabólitos e acumulam matéria seca até o segundo a terceiro meses de idade, quando provavelmente completam o crescimento e passam, então, a desempenhar a função de uma completa fonte de assimilados, mantendo-se ativas até depois de nove meses de idade. Inicia-se aí o processo de senescência foliar, caracterizado pelo começo de intensa degradação de clorofila b.

QUADRO 3 - Coeficientes de determinação múltipla (R^2) e equações de regressão para os folíolos A, B, C, D e E

Folíolos	Equações de regressão**	R^{2++}
A	$\text{Log } \hat{W}_i = 1,29452 + 0,31357 \text{ Log } C_i + 1,18518 \text{ Log } L_i$	0,72
B	$\text{Log } \hat{W}_i = 1,21099 + 0,66442 \text{ Log } C_i + 0,83717 \text{ Log } L_i$	0,83
C	$\text{Log } \hat{W}_i = 0,77210 + 0,78334 \text{ Log } C_i + 1,02671 \text{ Log } L_i$	0,85
D	$\text{Log } \hat{W}_i = 1,16442 + 0,40938 \text{ Log } C_i + 1,15591 \text{ Log } L_i$	0,97
E	$\text{Log } \hat{W}_i = 0,89006 + 0,61519 \text{ Log } C_i + 1,08015 \text{ Log } L_i$	0,81

**Coeficientes de regressão significativos, ao nível de 1% de probabilidades pelo teste t.

++Coeficientes de determinação múltipla significativos, ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

DETERMINATION OF LEAF AREA FOR THE GUARANÁ TREE:
ISOLATED FOLIOLE AND COMPOSITE LEAF

4. SUMMARY

Sixty composite, healthy leaves of variable sizes were harvested from nine guaraná trees (*Paullinia cupana* var. *sorbillilis* (Mart.) Ducke). The folioles were identified in five definite positions of the adaxial surface of the leaf: first at right, A; first at left, B; second at right, C; second at left, D; and E, the foliole terminal. For each foliole several regression models were tested in order to estimate the foliole areas as a function of length (C), width (L), the product C.L (X), dry weight of the foliole at 75° C (P), and the combinations among them. Based upon results of the regression,

tested by the "F" and "t" tests, the following models were selected to determine area of the folioles A, B, C, D, and E:

$$A: \text{Log } \hat{Y}_i = 0.42164 + 0.34637 \text{ Log } C_i + 1.26055 \text{ Log } L_i$$

$$B: \text{Log } \hat{Y}_i = 0.21157 + 0.67384 \text{ Log } C_i + 1.06290 \text{ Log } L_i$$

$$C: \text{Log } \hat{Y}_i = 0.04848 + 0.81983 \text{ Log } C_i + 1.03393 \text{ Log } L_i$$

$$D: \text{Log } \hat{Y}_i = 0.23637 + 0.55706 \text{ Log } C_i + 1.19778 \text{ Log } L_i$$

$$E: \text{Log } \hat{Y}_i = 0.03117 + 0.69615 \text{ Log } C_i + 1.16345 \text{ Log } L_i$$

To estimate the area of composite leaves, the following model was selected: $\text{Log } \hat{W}_i = 1.16442 + 0.40938 \text{ Log } C_i + 1.15591 \text{ Log } L_i$, where length (C_i) and width (L_i) correspond to the dimensions of the foliole in the D position, with \hat{W}_i being the estimated leaf area.

5. LITERATURA CITADA

1. ASHLEY, D. A., DOSS, B. D. & BENNETI, O.L. Relation of cotton leaf area index to plant growth and fruiting. *Agron. J.*, 57:61-4, 1965.
2. AWATRAMANI, N.A. & GOPALAKRISHAN, H. K. Measurement of leaf area. I - *Coffea arabica*. *Indian Coffee*, 29:25-30, 1965.
3. BARROS, R.S., MAESTRI, M., VIEIRA, M. & BRAGA FILHO, L.J. Determinação da área de folhas de café (*Coffea arabica*, L. Cv. "Bourbon Amarelo". *Rev. Ceres*, 20:44-52, 1973.
4. BENINCASA, M. M. P., BENINCASA, M.; LATANZE, R. J. & JUNQUETTI, M.T.G. Método não destrutivo para estimativa da área foliar de *Phaseolus vulgaris*, L. (Feijoeiro). *Científica*, 4:43-8, 1976.
5. BOYNTON, D. & HARRIS, R.W. Relationships between leaf dimension, leaf area and shoot length in McIntosh Apple, Alberta Peach and Italian Prune. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 55:16-20, 1950.
6. CHAUDHURI, B.B. & PATRA, A.P. Note on a rapid method of determining leaf area in tossa jute (*Corchorus olitorius*, L). *Ind. J. Agric. Sci.*, 42:1142-3, 1972.
7. FREEMAN, G. H. & BOLAS, B. D. A method for rapid determination of leaf area in the field. In: MILTHORPHE, F.L. (ed). *The growth of leaves*. London, Butterworths Scientific Publication, 1965. p. 199.
8. GOMES, J., BENINCASA, M.M.P. & SANTOS, J.M. Método não destrutivo para a estimativa da área foliar do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). In: REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 26ª São Paulo. 1974. p. 556 (Resumos).
9. HUERTA, S.A. Comparación de métodos de laboratorio y de campo para medir el área foliar del café. *Cenicafé*,

13: 33-42. 1962.

10. KARIKARI, S.K. Estimation of leaf area in papaya (*Carica papaya*) from leaf measurements. *Trop. Agric.*, 50:346, 1973.
11. KEMP, C.D. Methods of estimating the leaf area of grasses from linear measurement. *Ann. Bot.*, 24:491-499, 1960.
12. KVET, J. & MARSHALL, J.K. Assessment of leaf area and other assimilation plant surfaces. In: Sestak, Z., Catsky, J. & Jarvis, P. G. (ed). *Plant photosynthetic production - Manual of methods*. The Hague, JUNK, N.Y., 1971. p. 517-555.
13. KOZLOWSKI, T. T. Leaf growth and development. In: Kozlowski, T. T. *Growth and development of trees*. N.Y., Academic, 1971. V. 1, p. 207-244.
14. LAL, K.N. & SUBBARAO, M.S. A new formula for estimation of leaf area in barley. *Sci. and Cult.*, 15:355-356, 1950.
15. LARCHER, W. *Physiological plant ecology*. 2 ed. Berlin, Springer-Verlag, 1980. 303 p.
16. MARQUES, E.S. & RODRIGUES, E.M. A estimativa da área foliar do cacauzeiro (*Theobroma cacao*, L.) baseada nas dimensões da folha. *Boletim Técnico do IPEAL*, 9:5-20, 1966.
17. REIS, G.G., MULLER, M.W., COSTA, M.P., CARVALHO, J.E.U. & KATO, A.K. Estudos fisiológicos na planta de guaraná. 1. Variações no teor de clorofila, matéria seca e proteína. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 3º, Manaus, 4-7/Dez. 1978. *Anais. Silvicultura*, 2(14):446. 1978.
18. SPENCER, R. A rapid method for estimating the leaf area of cassava (*Manihot utilissima*, Pohl.) using linear measurements. *Trop. Agric.*, 39:147-152, 1962.
19. WINTER, E.J., SALTAR, P.J., STANHILL, G. & BLEASDALE, J.K. A measurement of leaf area, some methods of measuring leaf area. In: Milthorpe, F.L. (ed). *The growth of leaves*. London, Butterworths Scientific, 1956. p. 195-197.