

ESTIMATIVA DA ÁREA FOLIAR DE *Sida cordifolia* E *Sida rhombifolia* USANDO DIMENSÕES LINEARES DO LIMBO FOLIAR¹

Estimate of Sida cordifolia and Sida rhombifolia Leaf Area using Leaf Blade Linear Dimensions

BIANCO, S.², CARVALHO, L.B.³ e BIANCO, M.S.⁴

RESUMO - A estimativa da área foliar pode auxiliar na compreensão de relações de interferência entre plantas daninhas e cultivadas. Com o objetivo de obter uma equação que, por meio de parâmetros lineares dimensionais das folhas, permita a estimativa da área foliar de *Sida cordifolia* e *Sida rhombifolia*, estudaram-se as correlações entre área foliar real (Af) e parâmetros dimensionais do limbo foliar, como o comprimento (C) ao longo da nervura principal e a largura máxima (L) perpendicular à nervura principal. Foram analisados 200 limbos foliares de cada espécie, coletados em diferentes agroecossistemas na Universidade Estadual Paulista, campus de Jaboticabal. Os modelos estatísticos utilizados foram linear: $Y = a + bx$; linear simples: $Y = bx$; geométrico: $Y = ax^b$; e exponencial: $Y = ab^x$. Todos os modelos analisados podem ser empregados para estimação da área foliar de *S. cordifolia* e *S. rhombifolia*. Sugere-se optar pela equação linear simples, envolvendo o produto C*L, considerando-se o coeficiente linear igual a zero, em função da praticidade desta. Desse modo, a estimativa da área foliar de *S. cordifolia* pode ser obtida pela fórmula $Af = 0,7878*(C*L)$, com coeficiente de determinação de 0,9307, enquanto para *S. rhombifolia* a estimativa da área foliar pode ser obtida pela fórmula $Af = 0,6423*(C*L)$, com coeficiente de determinação de 0,9711.

Palavras-chave: análise de crescimento, área foliar, guanxuma, plantas daninhas.

ABSTRACT - Leaf area estimate may contribute to understand the relationship of interference between weeds and crops. The objective of this research was to obtain a mathematical equation to estimate *Sida cordifolia* and *Sida rhombifolia* leaf area based on linear measures of leaf blade. Correlation studies were conducted between real leaf area (Af) and dimensional leaf blade parameters such as leaf length (C) and maximum leaf width (L). Around 200 leaf blades of each species were analyzed, collected from several agro-ecosystems at São Paulo State University, in Jaboticabal, SP, Brazil. The statistical models evaluated were: linear $Y = a + bx$; simple linear $Y = bx$; geometric $Y = ax^b$; and exponential $Y = ab^x$. All the evaluated models can be used for *S. cordifolia* and *S. rhombifolia* leaf area estimation. For practical purposes, the simple linear regression model is suggested using the C*L multiplication product and taking the linear coefficient equal to zero. Thus, an estimate of *S. cordifolia* leaf area can be obtained using the equation $Af = 0.7878*(C*L)$ with a determination coefficient of 0.9307 and *S. rhombifolia* leaf area by using the equation $Af = 0.6423*(C*L)$ with a determination coefficient of 0.9711.

Keywords: growth analysis, leaf area, heartleaf, weeds.

¹ Recebido para publicação em 3.9.2007 e na forma revisada em 12.4.2008.

² Professor Livre-Docente do Dep. de Biologia Aplicada à Agropecuária, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, FCAV/UNESP, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane s/n, 14884-900 Jaboticabal-SP, <sbianco@fca.v.unesp.br>; ³ Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da FCAV/UNESP, Jaboticabal-SP, <agrolbcarvalho@yahoo.com.br>; ⁴ Acadêmico do curso de Agronomia da FCAV/UNESP, Jaboticabal-SP, <matbianco2004@yahoo.com.br>.



INTRODUÇÃO

Sida cordifolia, vulgarmente conhecida por guaxuma-branca, é uma planta nativa da América tropical. Atualmente encontra-se em diversas regiões de clima tropical e subtropical do mundo. Nas Américas, ocorre do sul dos Estados Unidos até a Argentina. No Brasil, ocorre em todos os Estados, com maior concentração na Amazônia, Minas Gerais, São Paulo e norte do Paraná. É uma planta daninha infestante de pastagens e culturas diversas, sendo muito agressiva em solos férteis (Kissmann & Groth, 2000).

Sida rhombifolia, também conhecida por guaxuma, é uma planta nativa do continente americano, ocorrendo intensamente na América do Sul. Também ocorre no sul dos Estados Unidos, com menor intensidade. No Brasil, é a espécie mais comum na região Sul, ocorrendo, todavia, em todas as regiões. É uma espécie infestante em diversas culturas, como pastagens e áreas desocupadas. Dificulta a colheita mecânica em culturas anuais, pelos caules muito resistentes. Pode ser hospedeira de um micoplasma, que causa a doença conhecida como "virose das malváceas". Tolera solos pouco férteis e ácidos, mas seu desenvolvimento é limitado. Com correção e adubação, a planta se beneficia, podendo atingir até 1,50 m de altura (Kissmann & Groth, 2000).

Considerando a importância dessas plantas, há grande necessidade de estudos básicos envolvendo aspectos relacionados a reprodução, crescimento, desenvolvimento, exigências em nutrientes, respostas aos sistemas de controle e outros. Na maioria desses estudos, o conhecimento da área foliar é fundamental, pois é talvez o mais importante parâmetro na avaliação do crescimento vegetal. Além disso, a estimativa da área foliar pode auxiliar na compreensão de relações de interferência entre plantas daninhas e cultivadas.

A área foliar é uma das características mais difíceis de ser mensuradas, porque normalmente requer o uso de equipamentos caros ou técnicas destrutivas, como comentam Bianco et al. (1983). Existem vários métodos para se medir a área foliar, a maioria com boa precisão. Marshall (1968) os classificou em destrutivos e não-destrutivos, diretos ou indiretos.

A busca de métodos fáceis de ser executados, rápidos e não-destrutivos que estimem a área foliar com precisão torna-se importante para avaliar o crescimento das plantas nas condições de campo. Esses métodos trazem como vantagem o fato de que as amostragens poderão ser executadas com as mesmas plantas durante o seu ciclo de desenvolvimento, reduzindo o erro experimental associado com procedimentos de amostragens destrutivas (Silva et al., 1998).

As equações matemáticas desenvolvidas para determinação da área foliar dos folíolos são obtidas por modelos de regressão, baseados em medidas lineares. Um dos métodos não-destrutivos mais utilizados é a estimativa da área foliar por meio de equações de regressão entre a área foliar real (A_f) e parâmetros dimensionais lineares das folhas. Esse método já foi utilizado com sucesso para inúmeras plantas cultivadas, como abóbora (Silva et al., 1998), videira cultivar Niagara Rosada (Pedro Júnior et al., 1986), feijão-vagem (Queiroga et al., 2003), entre outras, e plantas daninhas, como *Wissadula subpeltata* (Bianco et al., 1983), *Senna obtusifolia* (Peressin et al., 1984), *Amaranthus retroflexus* (Bianco et al., 1995), *Richardia brasiliensis* (Rosseto et al., 1997), *Solanum americanum* (Tofoli et al., 1998b), *Cissampelos glaberrima* (Bianco et al., 2002), *Brachiaria plantaginea* (Bianco et al., 2005), *Ipomoea hederifolia* e *Ipomoea nil* (Bianco et al., 2007b), entre outras.

O objetivo deste trabalho foi determinar uma equação matemática adequada para estimar a área foliar de *S. cordifolia* e *S. rhombifolia*, a partir de dimensões lineares dos limbos foliares.

MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa foi realizada na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista (FCAV/UNESP), campus de Jaboticabal, entre maio e junho de 2007. As folhas utilizadas no estudo foram coletadas em diferentes agroecossistemas da FCAV/UNESP, buscando amostrar plantas de *S. cordifolia* e *S. rhombifolia* nas diferentes condições ecológicas em que as espécies podem ocorrer dentro de ambientes agrícolas. Foram coletados 200 limbos foliares, para cada



espécie, considerando todas as folhas das plantas, desde que não apresentassem deformações oriundas de fatores externos, como pragas, moléstias e granizo.

Em cada local de amostragem, 10 a 20 folhas de diferentes plantas foram coletadas e, em seguida, rapidamente levadas ao Laboratório de Biologia e Manejo de Plantas Daninhas da FCAV/UNESP, para determinação do comprimento do limbo foliar ao longo da nervura principal (C) e da largura máxima do limbo foliar (L) perpendicular à nervura principal. A seguir, suas áreas foliares reais (Af) foram determinadas, com a utilização do aparelho eletrônico "Portable Area Meter" Licor Mod. L1-3000.

Para escolha de uma equação que possa representar a área foliar em função das dimensões do limbo foliar, procedeu-se a estudos de regressão, utilizando as seguintes equações: linear: $Y = a + bx$; linear pela origem: $Y = bx$; geométrica: $Y = ax^b$; e exponencial: $Y = ab^x$, em que o valor Y estima a área do limbo foliar em função de X, cujos valores podem ser o comprimento (C), a largura (L) ou o produto (C*L). No caso de X igual a (C*L), estimou-se também a equação linear passando pela origem, o que significa supor que a área é proporcional a um retângulo (C*L).

Todas as equações utilizadas são lineares ou linearizáveis por transformação, de modo que os ajustes foram feitos a partir de retas. Para realizar as comparações entre os modelos, foram obtidas as somas de quadrados das diferenças entre os valores observados e os preditos pelos modelos, denominando isso de soma de quadrados do resíduo. No caso dos modelos com transformação (geométrica e exponencial), foi feita a volta para escala original e, após isso, foram obtidas as referidas somas de quadrados do resíduo.

Os coeficientes de correlação são os obtidos com as variáveis de trabalho X e Y, no caso linear; logaritmo de Y e logaritmo de X, no caso geométrico; e logaritmo de Y e X, no caso exponencial. O número de graus de liberdade é o número de folhas analisadas, menos o número de parâmetros estimados para cada modelo. Para se testar o acréscimo de soma de quadrados do resíduo do modelo passando pela origem, em relação ao modelo com intercepto,

utilizou-se o teste F condicional: $F = (SQRes. (0,0) - SQRes. CL) / SQRes. CL/GL$, com 1 e 2 GL (graus de liberdade), em que GL é o número de folhas menos 2 (Neter & Wasserman, 1974; Mead & Curnow, 1983), sendo SQRes(0,0) igual à soma de quadrados do resíduo do modelo linear passando pela origem (modelo $Y = bx$) e SQRes (CL) igual à soma de quadrados do resíduo do modelo linear com parâmetros a e b ($Y = a + bx$). A equação de regressão com menor soma de quadrados do resíduo na escala real (sem transformação) é a que melhor estima a área foliar (Peressin et al., 1984).

Para verificação da aceitação dos modelos matemáticos obtidos, foram efetuadas análises estatísticas, testando a relação entre os valores reais de área foliar e os valores estimados pela equação escolhida. Para isso, foram aplicados os testes de normalidade de Shapiro-Wilk, de correlação de Spearman e qui-quadrado de Pearson, a 5% de significância, por meio do software Statistica 6.0 (Statsoft South America, 2007). Essa verificação foi apresentada apenas em relação à equação de regressão escolhida para cada espécie.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de regressão efetuados, relacionando a área foliar real (Af) e as medidas lineares de comprimento (C), largura (L) e o produto do comprimento pela largura da folha (C*L), estão na Tabela 1. Todas as equações apresentadas permitem obter estimativas satisfatórias da área foliar de *S. cordifolia* e *S. rhombifolia* com coeficiente de determinação acima de 0,80. O menor coeficiente de determinação foi de 0,8233 para *S. cordifolia*, indicando que 82,33% das variações observadas na área foliar foram explicadas pela equação linear simples, quando se utiliza o comprimento do limbo foliar ao longo da nervura principal. As equações que representam o produto entre o comprimento e a largura, passando ou não pela origem, não mostraram diferenças significativas quando comparadas entre si, sendo o esperado, visto que a retirada de uma constante não afeta o comportamento dos dados.

Os maiores valores do coeficiente de determinação e os menores valores da soma de quadrados do resíduo foram observados para



Tabela 1 - Equações de regressão estimadas, coeficientes de determinação (R^2), graus de liberdade (GL) e somas de quadrados de desvios da regressão (SQR) da área foliar em função das medidas lineares do limbo foliar de *Sida cordifolia* e *Sida rhombifolia*. FCAV-UNESP, Jaboticabal-SP, 2007

$x^{L/}$	Equação	R^2	GL	SQR (escala original)	Equação estimada (Af)
<i>Sida cordifolia</i>					
C	Linear	0,8233	198	431,296	-6,0351 + 4,8335C
L	Linear	0,8753	198	313,044	-7,8860 + 5,0854L
CL	Linear	0,9307	198	179,111	1,1003 + 0,7253CL
CL_(0,0)	Linear	0,9307	199	188,073	0,7878*CL
C	Geométrica	0,8390	198	432,432	1,7221*C ^{1,4674}
L	Geométrica	0,8844	198	316,018	1,3161*L ^{1,6142}
C	Exponencial	0,8844	198	449,143	2,9695*1,4479 ^C
L	Exponencial	0,8764	198	332,634	2,6277*1,4692 ^L
<i>Sida rhombifolia</i>					
C	Linear	0,8559	198	3211,619	-10,9366 + 4,7936C
L	Linear	0,9434	198	1320,814	-1,0559 + 6,2329L
CL	Linear	0,9711	198	684,165	0,1205 + 0,6378CL
CL_(0,0)	Linear	0,9711	199	684,946	0,6423*CL
C	Geométrica	0,8629	198	3200,273	0,8062*C ^{1,6718}
L	Geométrica	0,8765	198	1701,338	1,7289*L ^{1,4508}
C	Exponencial	0,8765	198	3281,121	2,0818*1,3987 ^C
L	Exponencial	0,9250	198	1267,407	2,0818*1,3987 ^C

^{L/} medidas lineares: comprimento (C) e largura (L) do limbo foliar.

as regressões lineares entre a área foliar real e o produto do comprimento pela largura da folha, indicando serem as equações que permitem obter estimativas mais acuradas da área foliar das guanxumas em estudo. Nota-se que essas equações apresentaram estimativas do coeficiente de determinação de 0,9307 e 0,9711, respectivamente para *S. cordifolia* e *S. rhombifolia*, sugerindo que 93,07 e 97,11% das variações totais observadas podem ser explicadas pela regressão linear. A equação linear simples, com a reta passando pela origem, é a mais recomendada, pois não altera expressivamente a soma de quadrados do resíduo (Tabela 1), apresentando análise de resíduos satisfatória (Figuras 1 e 2), além de ser a de mais fácil utilização do ponto de vista prático.

Apesar da dispersão de alguns dados na análise de resíduos (Figuras 1a e 2a), observa-se tendência geral de normalidade na sua distribuição (Figuras 1b e 2b), confirmada através da não-significância ($p < 0,05$) do teste de normalidade de Shapiro-Wilk (Statsoft South America, 2007), para ambas as espécies.

Aceita-se isso para o parâmetro de crescimento estudado, considerando os limites ecológicos extremos no habitat das plantas daninhas, que vivem em agroecossistemas com os mais variados estresses e distúrbios ambientais, o que afeta o crescimento da planta e aumenta a variabilidade dos dados observados no campo.

A análise de correlação de Spearman foi não-significativa ($p < 0,05$) para ambas as espécies, confirmando a correlação entre os valores reais e os estimados (Statsoft South America, 2007) pela equação escolhida; os valores determinados de r foram de 0,928 e 0,959.

O teste qui-quadrado de Pearson foi significativo ($p > 0,05$) para ambas as espécies, confirmando a significância entre os valores reais e os estimados (Statsoft South America, 2007) pela equação escolhida.

Portanto, em ambas as espécies, as análises estatísticas utilizadas para avaliar os modelos matemáticos obtidos foram satisfatórias para a validação desses modelos, considerando o parâmetro biológico estudado.

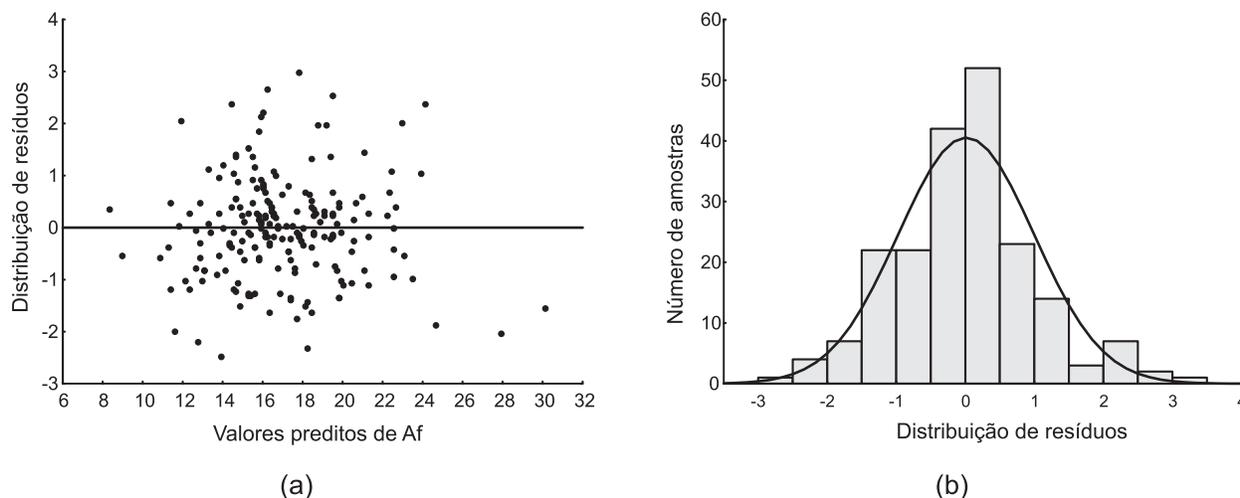


Figura 1 - Análise de resíduos referente à equação de regressão linear simples, de coeficiente linear igual a 0, caracterizada pela comparação dos valores de área foliar (Af) e resíduos (a) e pelo histograma de resíduos (b), para *Sida cordifolia*. FCAV-UNESP, Jaboticabal-SP, 2007.

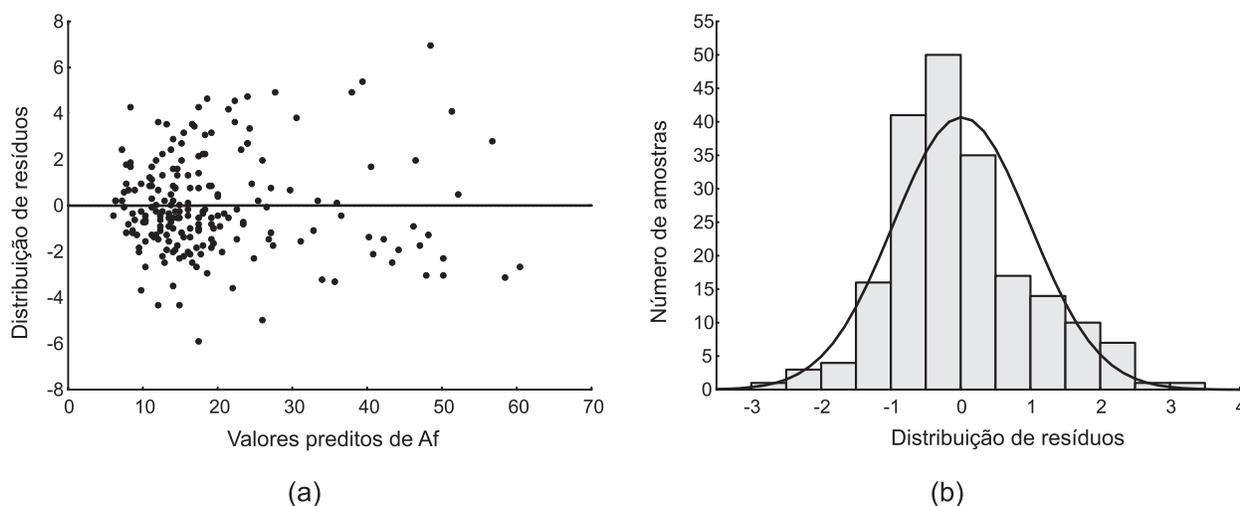


Figura 2 - Análise de resíduos referente à equação de regressão linear simples, de coeficiente linear igual a 0, caracterizada pela comparação dos valores de área foliar (Af) e resíduos (a) e pelo histograma de resíduos (b), para *Sida rhombifolia*. FCAV-UNESP, Jaboticabal-SP, 2007.

Assim, a estimativa da área foliar de *S. cordifolia* pode ser obtida pela equação $Af = 0,7878 \cdot (C \cdot L)$, ou seja, 78,78% do produto entre o comprimento e a largura máxima do limbo foliar. Para *S. rhombifolia*, essa estimativa pode ser obtida pela equação $Af = 0,6423 \cdot (C \cdot L)$, ou seja, 64,23% do produto entre o comprimento e a largura máxima do limbo foliar (Figuras 3 e 4).

Houve pequenas dispersões dos dados em relação às retas obtidas, sugerindo que as equações supracitadas podem representar a área foliar real de maneira satisfatória (Figuras 3 e 4). As equações obtidas no presente trabalho são ferramentas importantes para a análise de crescimento dessas espécies, uma vez que o cálculo da área foliar é imprescindível para a realização desses estudos. Os



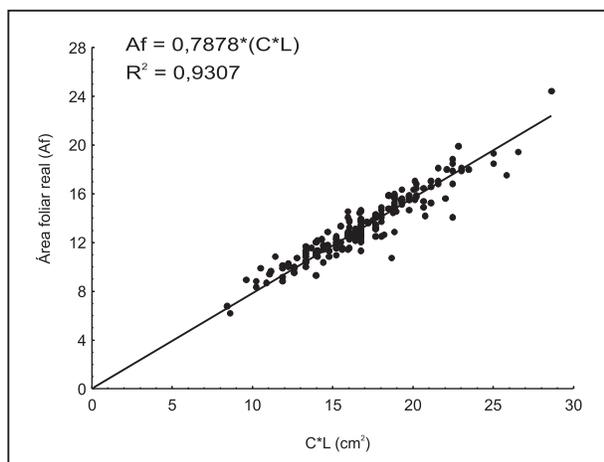


Figura 3 - Representação gráfica da área foliar de *Sida cordifolia* e da equação de regressão indicada para estimativa da área foliar da planta daninha, em função do produto do comprimento (C) pela largura (L) máxima do limbo foliar. FCAV-UNESP, Jaboticabal-SP, 2007.

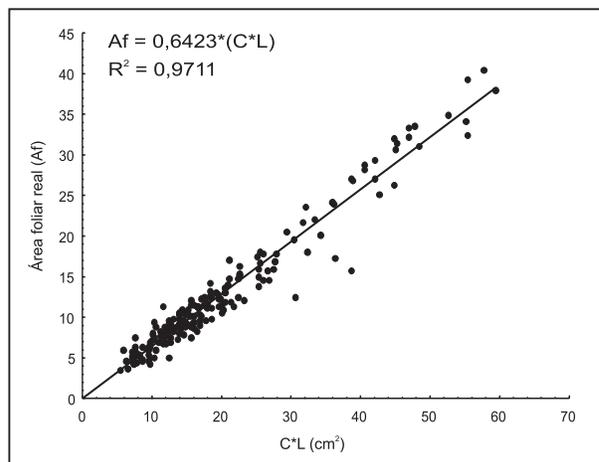


Figura 4 - Representação gráfica da área foliar de *Sida rhombifolia* e da equação de regressão indicada para estimativa da área foliar da planta daninha, em função do produto do comprimento (C) pela largura (L) máxima do limbo foliar. FCAV-UNESP, Jaboticabal-SP, 2007.

valores obtidos no presente estudo são superiores aos observados para *A. retroflexus* (Bianco et al., 1995), *Nicandra physaloides* (Bianco et al., 1996), *R. brasiliensis* (Rosseto et al., 1997), *Raphanus raphanistrum* (Tofoli et al., 1998a), *S. americanum* (Tofoli et al., 1998b), *Tridax procumbens* (Bianco et al., 2004) e *Leonotis nepetifolia* (Bianco et al., 2007a), semelhantes aos observados para *I. hederifolia* e *I. nil* (Bianco et al., 2007b), porém inferiores aos de *Wissadula subpeltata* (Bianco et al., 1983).

Os resultados encontrados neste trabalho permitem concluir que todas as equações obtidas podem ser utilizadas para estimar a área foliar de *S. cordifolia* e *S. rhombifolia*. Contudo, do ponto de vista prático, a estimativa da área foliar de *S. cordifolia* pode ser obtida pela fórmula $Af = 0,7878*(C*L)$, com coeficiente de determinação de 0,9307, enquanto para *S. rhombifolia* a estimativa da área foliar pode ser obtida pela fórmula $Af = 0,6423*(C*L)$, com coeficiente de determinação de 0,9711.

LITERATURA CITADA

BIANCO, S.; BIANCO, M. S.; CARVALHO, L. B. Estimativa da área foliar de *Leonotis nepetifolia* (L.) E. T. Aiton usando dimensões lineares do limbo foliar. **Ci. Cult.**, v. 2, n. 1, p. 27-31, 2007a.

BIANCO, S. et al. Estimativa da área foliar de *Ipomoea hederifolia* e *Ipomoea nil* Roth. usando dimensões lineares do limbo foliar. **Planta Daninha**, v. 25, n. 2, p. 325-329, 2007b.

BIANCO, S. et al. Estimativa de área foliar de plantas daninhas. XIII – *Amaranthus retroflexus* L. **Ecosistema**, v. 20, n. 1, p. 5-9, 1995.

BIANCO, S.; PITELLI, R. A.; BIANCO, M. S. Estimativa da área foliar de *Brachiaria plantaginea* usando dimensões lineares do limbo foliar. **Planta Daninha**, v. 23, n. 4, p. 597-601, 2005.

BIANCO, S.; PITELLI, R. A.; CARVALHO, L. B. Estimativa da área foliar de *Cissampelos glaberrima* L. usando dimensões lineares do limbo foliar. **Planta Daninha**, v. 20, n. 3, p. 353-356, 2002.

BIANCO, S.; PITELLI, R. A.; CARVALHO, L. B. Estimativa da área foliar de *Tridax procumbens* usando dimensões lineares do limbo foliar. **Planta Daninha**, v. 22, n. 2, p. 247-250, 2004.

BIANCO, S.; PITELLI, R. A.; PERECIN, D. Métodos para estimativa da área foliar de plantas daninhas. 2. *Wissadula subpeltata* (Kuntze) Fries. **Planta Daninha**, v. 6, n. 1, p. 21-24, 1983.

BIANCO, S.; PITELLI, R. A.; SILVA, R. C. Estimativa da área foliar de plantas daninhas. XIV. *Nicandra physaloides* (L.) Pers. **Cult. Agron.**, v. 5, n. 1, p. 33-38, 1996.

- KISSMANN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. São Paulo: BASF, 2000. Tomo II. 725 p.
- MARSHALL, J. K. Methods of leaf area measurement of large and small leaf samples. **Photosynthetica**, v. 2, n. 1, p. 41-47, 1968.
- MEAD, R.; CURNOW, R. N. **Statistical methods in agriculture and experimental biology**. New York: Chapman and Hall, 1983. 335 p.
- NETER, J.; WASSERMAN, W. **Applied models**. Regressions, analysis of variance and experimental designs. Illinois: Rechar D. Irwin, 1974. 842 p.
- PEDRO JÚNIOR, M. J.; RIBEIRO, I. J. A.; MARTINS, F. P. Determinação da área foliar em videira cultivar Niagara Rosada. **Bragantia**, v. 45, n. 1, p. 199-204, 1986.
- PERESSIN, V. A.; PITELLI, R. A.; PERECIN, D. Métodos para estimativa da área foliar de plantas daninhas. 4. *Cassia tora* L. **Planta Daninha**, v. 7, n. 2, p. 48-52, 1984.
- QUEIROGA, J. L. et al. Estimativa da área foliar do feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) por meio da largura máxima do folíolo central. **Hortic. Bras.**, v. 21, n. 1, p. 64-68, 2003.
- ROSSETO, R. R.; PITELLI, R. L. C. M.; PITELLI, R. A. Estimativa da área foliar de plantas daninhas: poaia-branca. **Planta Daninha**, v. 15, n. 1, p. 25-29, 1997.
- SILVA, N. F. et al. Modelos para estimar a área foliar de abóbora por meio de medidas lineares. **R. Ceres**, v. 45, n. 259, p. 287-291, 1998.
- STATSOFT SOUTH AMERICA. **Data analysis software system**. Version 6. Disponível em: <<http://www.statsoft.com>>. Acesso em: 16 jul. de 2007.
- TOFOLI, G. R. et al. Estimativa da área foliar de plantas daninhas (*Raphanus raphanistrum* L.). **Ecossistema**, v. 23, n. 1, p. 5-7, 1998a.
- TOFOLI, G. R. et al. Estimativa da área foliar de *Solanum americanum* Mill. **Planta Daninha**, v. 16, n. 2, p. 149-152, 1998b.

