



Determinação da área foliar de *Passiflora mucronata* a partir de dimensões lineares do limbo foliar

Determination of leaf area in Passiflora mucronata from linear dimensions of the leaf blade

Edilson Romais Schmildt¹, Layane Segantini Oliari², Omar Schmildt^{3*}, Rodrigo Sobreira Alexandre⁴, Fábio Ribeiro Pires⁵

Resumo: A espécie *Passiflora mucronata* apresenta bom potencial para uso como porta-enxerto do maracujá azedo, por ser resistente a algumas doenças, e como ornamental. Conhecendo-se, no entanto, pouco a respeito de sua fisiologia. A obtenção da área foliar é fundamental em vários estudos agrônômicos, sendo um dos importantes instrumentos que avaliam o crescimento da planta. Objetivou-se com este trabalho estudar a modelagem estatística da área foliar de *Passiflora mucronata*, cultivada nos ambientes casa de vegetação e campo, a partir de dimensões lineares de comprimento e maior largura do limbo. A área foliar observada foi medida com o auxílio do software ImageJ[®] por análise de imagens digitalizadas das folhas. Foram estimadas equações por meio de modelos de regressão linear, potência e exponencial para os dois tipos de ambiente, e verificada a possibilidade de uso de apenas uma equação que represente a área foliar em plantas dos dois ambientes. As equações foram validadas a partir de outras amostras. Conclui-se que a determinação da área foliar de *Passiflora mucronata* pode ser feita de forma não destrutiva com o uso da maior largura do limbo, e a equação $AFE = 1,8963 L^{1,7275}$ representa a área foliar tanto para casa de vegetação quanto para campo.

Palavras-chave: Biometria. Método não-destrutivo. Modelagem da área foliar.

Abstract: The species *Passiflora mucronata* shows good potential for use as rootstock with the sour passion fruit, as it is resistant to some diseases, and as an ornamental plant; little is known however about its physiology. Obtaining the leaf area is fundamental in several agronomic studies, being one of the important methods for evaluating growth in the plant. The aim of this work was to study statistical modelling of the leaf area in *Passiflora mucronata*, grown in a greenhouse and in the field, from linear dimensions of the length and greatest width of the blade. The leaf area being observed was measured with the aid of the ImageJ[®] software by the analysis of scanned leaf images. Equations were estimated using linear, exponential and power regression models for both types of environment, and the possibility was checked of using only one equation, which would represent leaf area in plants from the two environments. The equations were validated from other samples. It was concluded that determining leaf area in *Passiflora mucronata* could be carried out in a non-destructive way using the largest width of the blade, and that the equation $AFE = 1.8963 W^{1.7275}$ represents leaf area both for in the greenhouse and in the field.

Key words: Biometrics. Non-destructive method. Leaf area modelling.

*Autor para correspondência

Enviado para publicação em 18/08/2016 e aprovado em 25/10/2016

¹Eng. Agrônomo, D. Sc., Prof. Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas, CEUNES/UFES, Rodovia BR 101 Norte, Km 60, Bairro Litorâneo, São Mateus, ES, CEP: 29932-540, e-mail: e.romais.s@gmail.com

²Eng^a. Agrônoma, Mestrado em Agricultura Tropical, Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, CEUNES/UFES, São Mateus, ES, e-mail: layaneoliari@gmail.com

³Eng. Agrônomo, D. Sc. Bolsista PNPd/CAPES, Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, CEUNES/UFES, São Mateus, ES, e-mail: omarschmildt@gmail.com

⁴Eng. Agrônomo, D. Sc., Prof. Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, CCA/UFES, Jerônimo Monteiro, ES, e-mail: rodrigossobreiraalexandre@gmail.com

⁵Eng. Agrônomo, D. Sc., Prof. Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas, CEUNES/UFES, São Mateus, ES, CEP: 29932-540, e-mail: pires.fr@gmail.com

INTRODUÇÃO

As espécies de maracujá do gênero *Passiflora* ocorrem praticamente em todo o território nacional, sendo que *Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* é a mais utilizada comercialmente, sendo usada, principalmente, na fabricação de sucos (MELETTI, 2011).

A espécie *P. mucronata* também vem apresentando elevado interesse devido à resistência a algumas doenças e, portanto, torna-se alternativa como porta-enxerto sob *P. edulis* f. *flavicarpa* (OLIARI *et al.*, 2016), além do potencial para uso ornamental, com flores brancas que se abrem à noite, e de se mostrar tolerante ao frio, com produção ininterrupta de folhas o ano todo (MELETTI *et al.*, 2011).

O conhecimento da área foliar é fundamental na avaliação do crescimento e desenvolvimento das plantas, pois permite avaliar parâmetros fisiológicos, tais como intensidade de transpiração, taxa assimilatória líquida, razão de área foliar, área foliar específica e índice de área foliar (AMARAL *et al.*, 2009).

A medição da área foliar pode ser feita de forma direta destrutiva ou não, e de forma indireta, não destrutiva (OLFATI *et al.*, 2010). Para determinar a área foliar diretamente, geralmente todas as folhas da planta são coletadas, caracterizando o método como destrutivo e de elevada mão de obra (TOEBE *et al.*, 2012). A medição da área foliar de forma direta não destrutiva, apesar de ser fácil, depende de equipamentos geralmente caros (ILKAE *et al.*, 2011), além de encontrar algumas vezes o inconveniente das folhas maiores não poderem ser avaliadas pela limitação da área de leitura do equipamento portátil (SCHMILDT *et al.*, 2014). Por último, os métodos indiretos e não destrutivos permitem avaliações sucessivas em uma mesma planta e rapidez nessas avaliações (TOEBE *et al.*, 2012), sendo, portanto, mais convenientes (SARKER *et al.*, 2013). Assim, preservam-se as folhas para estudos posteriores, além de não causar danos às plantas (OLFATI *et al.*, 2010).

Os métodos indiretos, geralmente, envolvem o uso de equações de regressão (ZHANG; LIU, 2010; CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2012; SCHMILDT *et al.*, 2014), sua aplicação na determinação da área foliar tem sido relatada para várias espécies frutíferas, tais como: maçã (BOSCO *et al.*, 2012), videira (SCHMILDT *et al.*, 2014) e mangueira (SILVA *et al.*, 2015). Para o gênero *Passiflora*, Morgado *et al.* (2013) analisaram oito espécies, dentre elas a *P. mucronata* em cultivo a campo, e Schmildt *et al.* (2016) relatam a modelagem de área foliar de maracujá-amarelo (*P. edulis* Sims f. *flavicarpa*). Para *P. mucronata* não foi encontrada na literatura referência à modelagem para plantas em seu ambiente natural ou no seu cultivo em casa de vegetação.

Assim, objetivou-se com este trabalho estudar a modelagem da área foliar do maracujazeiro *Passiflora mucronata*, cultivadas no ambiente casa de vegetação e campo, a partir das dimensões lineares do comprimento, largura máxima e do produto entre esses.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo de modelagem de área foliar de *Passiflora mucronata* foi feito a partir de folhas inteiras e saudáveis, coletadas em plantas crescidas sob dois ambientes, casa de vegetação e campo.

As plantas do ambiente casa de vegetação foram obtidas por propagação vegetativa, usando estacas de 20 cm de ramos com comprimento entre 3,0 e 4,0 m, coletadas a partir de nove plantas adultas e silvestres. Essas plantas de maracujá utilizaram plantas adultas de eucalipto como tutor. A coleta foi feita na Fazenda Cedro, no município de São Mateus/ES, em julho de 2015. A obtenção das mudas por estaquia foi feita, conforme Alexandre *et al.* (2014), a partir de 150 estacas. O ambiente de cultivo foi em casa de vegetação, localizada na Fazenda Experimental da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), em São Mateus, cujas coordenadas geográficas são 18° 43' S, 30° 51' O e altitude de 39 m, com irrigação controlada. Durante o primeiro mês, período de indução ao enraizamento, a irrigação por aspersão foi de 4 minutos a cada 2 hs, das 7-23 h. Passado esse período, quando as estacas já se apresentavam com brotos visíveis, a irrigação foi de 2 minutos a cada 1 h, das 7-23 h, por mais 6 meses, até fevereiro de 2016, quando as folhas foram coletadas.

A coleta de folhas do ambiente campo foi feita em julho de 2016, também na Fazenda Cedro, a partir de ramos de 13 plantas obtidas sob as mesmas condições das que foram usadas para a retirada de ramos para a propagação vegetativa.

Em fevereiro de 2016, as folhas colhidas das plantas dos ambientes casa de vegetação e campo foram colocadas, separadamente por ambiente, em sacos plásticos e imediatamente levadas ao Laboratório de Melhoramento de Plantas do Programa de Pós Graduação em Agricultura Tropical (PPGAT), pertencente a Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), campus São Mateus. Para as 150 mudas de casa de vegetação, separou-se 678 folhas de 90 mudas para estimar as equações de regressão, sendo das outras 60 mudas retiradas 323 folhas destinadas à validação. Para os ramos advindos de campo, foram separadas 300 folhas de diferentes tamanhos, das quais 250 foram usadas para estimar as equações, enquanto as outras 50 para validar.

Para medir o comprimento e largura das folhas foi utilizada uma régua milimetrada. O comprimento do limbo foliar (C, em cm) foi considerado como a distância entre a base distal do pecíolo ao ápice foliar, medido sob a nervura do limbo foliar, e a maior largura do limbo (L, em cm) correspondeu à maior distância no sentido perpendicular ao comprimento da folha. Para cada folha, foi determinada área foliar observada (AFO, em cm²), por intermédio de imagens digitais com resolução de 75 dpi no formato tif, em scanner HP Deskjet Ink Advantage 3516; o seu processamento pelo Software ImageJ® (Powerful Image Analysis), de domínio público (COLLINS, 2007). Precedeu-se à análise

da estatística descritiva de C, L, CL, C/L e AFO das folhas dos dois ambientes para caracterizar os conjuntos de dados para o estudo de modelagem.

Para modelar a AFO em função do C, da L ou do comprimento vezes a largura (CL) como variáveis independentes (x_i), obtiveram-se equações para os modelos de regressão linear ($AFE = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x$), potência ($AFE = \hat{\beta}_0 x^{\hat{\beta}_1}$) e exponencial ($AFE = \hat{\beta}_0 \hat{\beta}_1^x$), com respectivos coeficientes de determinação (R^2), aplicados a folhas colhidas no ambiente casa de vegetação e campo, totalizando 18 equações estimadas (AFE). Os parâmetros β_0 e β_1 foram estimados pelo método dos mínimos quadrados, tendo sido feita previamente a linearização das funções potência e exponencial.

A verificação da possibilidade de uso de uma única equação de cada modelo para folhas de ambos ambientes foi feita por meio da análise de covariância (ZHANG; LIU, 2010), em que se verificou se o ambiente tem efeito na constante ($\hat{\beta}_0$) e na inclinação ($\hat{\beta}_1$).

Determinou-se também para cada equação, de cada modelo, a raiz do quadrado médio do erro (RQME), dada por $RQME = \sqrt{\sum_{i=1}^n (AFE - AFO)^2/n}$, em que AFE e AFO, como definidos anteriormente, e n é o número de folhas usadas na modelagem, 678 e 250, respectivamente, para os ambientes casa de vegetação e campo.

A seleção da equação para estimar a área foliar em função de C, L ou CL baseou-se nos seguintes critérios a partir da análise de covariância: 1º) caso o ambiente tenha efeito sobre $\hat{\beta}_0$ e $\hat{\beta}_1$ para todas as equações de todos os modelos, a melhor equação será a que apresentar R^2 mais próximo de um, RQME mais próximos de zero e simplicidade de uso conforme Rouphael *et al.* (2007); 2º) caso o ambiente não tenha efeito sobre $\hat{\beta}_0$ e $\hat{\beta}_1$ para pelo menos uma equação dentre os modelos testados (ZHANG; LIU, 2010), que a equação represente todos os ambientes de estudo, no caso, casa de vegetação e campo, simplicidade de aplicação do modelo, de preferência com uso de apenas uma medida alométrica, C ou L (ROUPHAEL *et al.*, 2007). Representou-se a linha 1:1 para a equação selecionada. As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do aplicativo R (R CORE TEAM, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da estatística descritiva das características das folhas usadas na estimativa de equações para a modelagem da área foliar de *Passiflora mucronata* são apresentados na Tabela 1. Observa-se que o conjunto de folhas obtidas de plantas do ambiente casa de vegetação

Tabela 1 - Média, mínimo, máximo, amplitude total (AT), desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV) do comprimento (C, em cm), maior largura (L, em cm), relação entre C e L (C/L) e produto entre comprimento e maior largura (CL, em cm²) do limbo foliar; área foliar observada (AFO, em cm²) de amostras de folhas de *Passiflora mucronata*

Table 1 - Mean, minimum, maximum, total amplitude (AT), standard deviation (DP) and coefficient of variation (CV) for the length (C, in cm), greatest width (L, in cm), ratio between C and L (C/L), and the product of length and greatest width (CL, in cm²) of the leaf blade; leaf area observed (AFO, in cm²) in leaf samples of *Passiflora mucronata*

Estatística	C	L	C/L	CL	AFO
A partir de 678 folhas coletadas em plantas no ambiente casa de vegetação					
Média	4,83	2,68	1,84a ⁽¹⁾	13,79	11,37
Mínimo	1,50	0,78	0,89	1,64	1,06
Máximo	10,40	4,90	3,67	42,72	35,13
AT	8,90	4,12	2,78	41,08	34,07
DP	1,53	0,77	0,39	7,32	5,98
CV(%)	29,55	28,86	21,51	53,05	52,64
A partir de 250 folhas coletadas em plantas no ambiente campo					
Média	7,99	5,90	1,39b	5,26	43,13
Mínimo	2,90	2,20	1,03	6,90	5,40
Máximo	13,00	10,50	2,26	136,50	115,30
AT	10,10	8,30	1,23	129,60	109,90
DP	2,28	1,95	0,22	28,65	24,26
CV(%)	28,54	33,03	15,70	55,90	56,23

⁽¹⁾Médias da relação C/L entre os ambientes casa de vegetação e campo diferem estatisticamente pelo teste t ($p < 0,01$).

⁽¹⁾Mean values for the C/L ratio between greenhouse and field environments differ statistically by t-test ($p < 0.01$)

apresenta menor amplitude de comprimento (C), largura (L), CL e área foliar observada (AFO) do que o conjunto de folhas obtidas de plantas do campo. No entanto, apesar das diferenças na amplitude, a variabilidade medida pelo coeficiente de variação mostra resultados muito próximos para os dois ambientes, sendo maior para as medidas de CL e AFO, superior a 50%, em relação a C e L, de aproximadamente 25%, mostrando grande variabilidade a partir de um total de 928 folhas com área desde 1,64 até 136,50 cm². Dessa forma, o tamanho da amostra de folhas é bem representativo da população, com folhas de diferentes tamanhos, sendo adequado para trabalhos de modelagem, podendo as equações serem usadas para folhas pequenas, médias e grandes (CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2012).

A relação entre comprimento e largura (C/L) mostrou diferença significativa entre as médias para as folhas dos dois ambientes (Tabela 1), sendo maior para as folhas das plantas cultivadas em casa de vegetação. Meletti *et al.* (2011) relatam diferença na morfologia de folhas de *Passiflora mucronata*. No presente estudo, se verificou que as folhas oriundas da casa de vegetação e de campo apresentavam formato ovado, porém, a maioria das folhas das plantas de campo apresentaram formato ovado, aproximando-se ao orbicular, como visto na Figura 1. Diferença na forma de folhas para uma mesma espécie também foi verificada por Monteiro *et al.* (2005), em algodoeiro, e por Tartaglia *et al.* (2016), em canola, que, após modelagem da área foliar, indicaram equação única para todos os tipos de forma de folha das referidas espécies.

A diferença na amplitude das medidas alométricas, entre os ambientes, associada à diferença de morfologia das folhas nesses ambientes, indicam que as folhas de ambientes diferentes dificilmente se ajustarão a um mesmo modelo linear simples com uso de apenas uma medida

alométrica. De fato, a análise de covariância mostrou que o ambiente tem efeito na constante ($\hat{\beta}_0$) e na inclinação ($\hat{\beta}_1$) do modelo linear simples ($AFE = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 C$; $AFE = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 L$) ($p < 0,05$). A análise de covariância aplicada aos demais modelos mostrou que o ambiente não tem efeito sobre $\hat{\beta}_0$ e $\hat{\beta}_1$ apenas no modelo potência para CL e para L ($p \geq 0,05$). Para ambos os casos, houve bom ajuste com coeficiente de determinação (R^2) de alta magnitude ($R^2 > 0,97$) para folhas coletadas em plantas a campo e também com menores valores da raiz do quadrado médio do erro (RQME), quando comparado aos outros modelos.

Diferentemente dos resultados de Morgado *et al.* (2013), o uso das medidas de CL em um modelo linear simples não se mostra adequado para o conjunto de folhas de casa de vegetação e de campo. Enfatiza-se, no entanto, que Morgado *et al.* (2013) trabalharam com plantas a campo, em cultivo a pleno sol e, nesse trabalho, as plantas estavam em ambiente de cultivo protegido (casa de vegetação) e as de campo, sob a copa de árvores.

Na prática, o uso de equações de modelos lineares baseados em apenas uma dimensão é preferível por sua simplicidade para aplicação, principalmente no campo (TSIALTAS; MASLARIS, 2005; ROUPHAEL *et al.*, 2007; ZHANG; LIU, 2010; SCHMILDT *et al.*, 2014). Nesse caso, para folhas de *P. mucronata*, coletadas em ambiente casa de vegetação e/ou campo, recomenda-se o modelo potência baseado na maior largura das folhas, dado por $AFE = 1,8963 L^{1,7275}$ (Figura 2A), cuja linha de adequação é apresentada na Figura 2B. Em estudo de modelagem da área foliar da espécie ornamental *Bergenia purpurascens*, Zhang e Liu (2010) também indicaram o uso da medida largura (L) no modelo potência, o mesmo ocorrendo com Tartaglia *et al.* (2016) no estudo de área foliar de canola a partir de folhas ovaladas e lanceoladas.

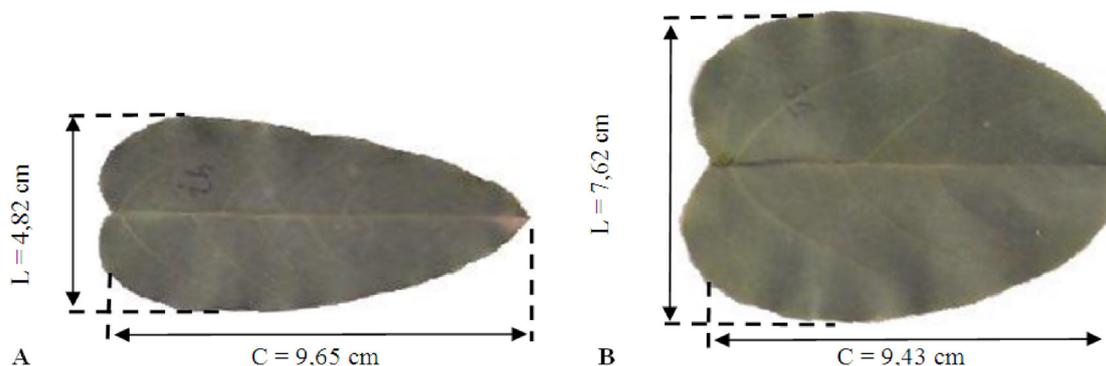


Figura 1 - Representação do formato predominante de folhas de *Passiflora mucronata* coletadas em plantas crescidas em dois ambientes: A - casa de vegetação; B - campo. (C designa comprimento medido na nervura central do limbo foliar; L designa maior largura do limbo foliar).

Figure 1 - Representation of the predominant format of leaves of *Passiflora mucronata* collected from plants grown in two environments: A - greenhouse; B - field. (C - length measured along the midrib of the leaf blade; L - greatest width of the leaf blade).

Tabela 2 – Constantes ($\hat{\beta}_0$), interceptos ($\hat{\beta}_1$), coeficiente de determinação (R^2) e raiz do quadrado médio do erro (RQME) dos modelos estimados de área foliar (AFE) de *Passiflora mucronata* a partir de comprimento (C) e largura (L) de folhas

Table 2 – Constants ($\hat{\beta}_0$), intercepts ($\hat{\beta}_1$), coefficient of determination (R^2) and root mean square error (RQME) of the models for leaf area (AFE) in *Passiflora mucronata* estimated from the length (C) and width (L) of the leaves

Equação	Ambiente	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1^{(1)}$	R^2	RQME
AFE = $\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 C$	Casa de vegetação	-7,3700	3,8884**	0,8568	2,2621
	Campo	-35,8860	9,8664**	0,8678	8,7230
AFE = $\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 L$	Casa de vegetação	-7,6093	7,0727**	0,8373	2,4142
	Campo	-28,8160	12,1730**	0,9637	4,6401
AFE = $\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 CL$	Casa de vegetação	0,1525	0,8134**	0,9887	0,6357
	Campo	-0,0956	0,8434**	0,9926	2,0817
AFE = $\hat{\beta}_0 C^{\hat{\beta}_1}$	Casa de vegetação	0,6610	1,7611**	0,8729	2,2211
	Campo	0,6092	2,0013**	0,9308	7,7150
AFE = $\hat{\beta}_0 L^{\hat{\beta}_1}$	Casa de vegetação	1,8571	1,7611**	0,8764	2,2945
	Campo	1,5355	1,8334**	0,9731	3,6125
AFE = $\hat{\beta}_0 (CL)^{\hat{\beta}_1}$	Casa de vegetação	0,8352	0,9951**	0,9884	0,6359
	Campo	0,8487	0,9975**	0,9947	2,0884
AFE = $\hat{\beta}_0 (\hat{\beta}_1)^C$	Casa de vegetação	1,5797	1,4578**	0,8270	3,4849
	Campo	3,7854	1,3231**	0,9078	9,8401
AFE = $\hat{\beta}_0 (\hat{\beta}_1)^L$	Casa de vegetação	1,4824	2,0172**	0,8446	2,7086
	Campo	5,0562	1,3915**	0,9223	8,9419
AFE = $\hat{\beta}_0 (\hat{\beta}_1)^{CL}$	Casa de vegetação	3,4621	1,0779**	0,8621	3,8409
	Campo	11,6200	1,0221**	0,8752	14,2975

(1)**Intercepto difere de zero, pelo teste t, em nível de 1% de probabilidade de erro.

(1)**Intercept differs from zero by t-test at 1% probability.

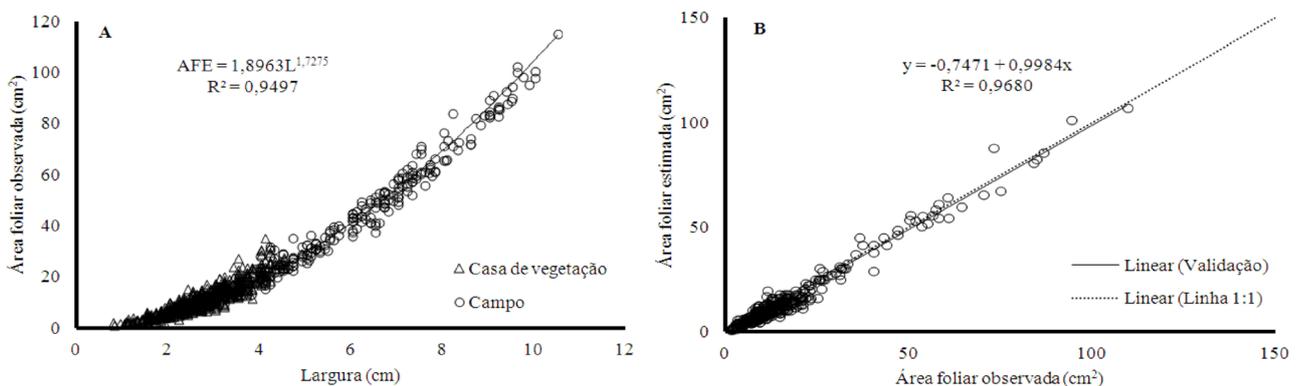


Figura 2 – A: Função potência modelada a partir de folhas obtidas de *P. mucronata* cultivada em casa de vegetação e campo (n = 928 folhas) e; B: Área foliar estimada (AFE = $1,8963L^{1,7275}$) em função da área foliar observada (n = 373 folhas).

Figure 2 – A: Power function modelled from leaves of *P. mucronata* grown in the greenhouse and in the field (n = 928 leaves); and B: estimated leaf area (AFE = $1,8963 W^{1,7275}$) as a function of the observed leaf area (n = 373 leaves).

De acordo com Levine *et al.* (2012), definido o modelo, o seu uso adequado não deve incluir valores que extrapolem os usados para sua determinação. Assim, para o modelo $AFE = 1,8963 L^{1,7275}$ as folhas devem ter entre 0,78 e 10,50 cm de largura (Tabela 1), o que deve incluir a maioria das folhas de *P. mucronata*, considerando que, segundo Meletti *et al.* (2011) as folhas da referida espécie possuem largura entre 4,0 e 8,5 cm.

CONCLUSÕES

A determinação da área foliar de *Passiflora mucronata* pode ser feita com uso de apenas a medida da maior largura do limbo foliar das folhas (L);

O modelo que melhora estima a área foliar de plantas de *Passiflora mucronata* cultivadas em casa de vegetação ou em campo é $AFE = 1,8963 L^{1,7275}$.

LITERATURA CIENTÍFICA CITADA

- ALEXANDRE, R. S.; COSTA, P. R.; CHAGAS, K.; MAYRINCK, L. G.; DETONI, J. L.; SCHMILDT, E. R. Enraizamento adventício de estacas de maracujazeiro silvestre *Passiflora mucronata* Lam.: forma de veiculação e concentrações do ácido indol-3-butírico. **Revista Ceres**, v. 61, n. 4, p. 567-571, 2014.
- AMARAL, J. A. T.; AMARAL, J. F. T.; SCHMILDT, E. R.; COELHO, R. I. Métodos de análise quantitativa do crescimento de plantas. In: FERREIRA, A.; LIMA, A. B. P.; MATTA, F. P.; AMARAL, J. A. T.; LOPES, J. C.; PEZZOPANE, J. E. M.; FERREIRA, M. F. S.; POLANCZYK, R. A.; SOARES, T. C. B. (Org.). **Tópicos especiais em produção vegetal I**. Alegre: CCA-UFES, 2009. p. 259-276.
- BOSCO, L. C.; BERGAMASCHI, H.; CARDOSO, L. S.; PAULA, V. A.; CASAMALI, B. Seleção de modelos de regressão para estimar a área foliar de macieiras 'Rooyal Gala' e 'Fuji Suprema' sob tela antigranizo e em céu aberto. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 2, p. 504-514, 2012.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; TOEBE, M.; BURIN, C.; FICK, A. L.; CASAROTTO, G. Estimativa da área foliar de nabo forrageiro em função de dimensões foliares. **Bragantia**, v. 71, n. 1, p. 47-51, 2012.
- COLLINS, T. J. ImageJ for microscopy. **BioTechniques**, v. 43, n. 1 supplement, p. 25-30, 2007.
- ILKAEI, M. N.; PAKNEJAD, F.; ZAVAREH, M.; ARDAKANI, M. R.; KASHANI, A. Prediction model of leaf area in soybean (*Glycine max* L.). **American Journal of Agricultural and Biological Sciences**, v. 6, n. 1, p. 110-113, 2011.
- LEVINE, D. M.; BERENSON, M. L.; KREHBIEL, T. C.; STEPHAN, D. **Estatística: teoria e aplicações usando Microsoft Excel em português**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2012. 832p.
- MELETTI, L. M. M. Avanços na cultura do maracujá no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. especial, p. 83-91, 2011.
- MELETTI, L. M. M.; SOARES-SCOTT, M. D.; BERNACCI, L. C.; ALVARES, V. AZEVEDO FILHO, J. A. de. Caracterização de *Passiflora mucronata* Lam.: nova alternativa de maracujá ornamental. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v. 17, n. 1, p. 87-95, 2011.
- MONTEIRO, J. E. B. A.; SENTELHAS, P. C.; CHIAVEGATO, E. J.; GUISELINI, C.; SANTIAGO, A. V.; PRELA, A. Estimação da área foliar do algodoeiro por meio de dimensões e massa das folhas. **Bragantia**, v. 64, n. 1, p. 15-24, 2005.
- MORGADO, M. A. D.; BRUCKNER, C. H.; ROSADO, L. D. S.; ASSUNÇÃO, W.; SANTOS, C. E. M. Estimação da área foliar por método não destrutivo, utilizando medidas lineares das folhas de espécies de *Passiflora*. **Revista Ceres**, v. 60, n. 5, p. 662-667, 2013.
- OLFATI, J. A.; PEYVAST, G. H.; SHABANI, H.; NOSRATIE-RAD, Z. An estimation of individual leaf area in cabbage and broccoli using non-destructive methods. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 12, p. 627-632, 2010.
- OLIARI, L. S.; GILES, J. A. D.; MAYRINCK, L. G.; OLIVEIRA, J. P. B.; LOPES, J. C.; OTONI, W. C.; SCHMILDT, E. R.; AOYAMA, E. M.; ALEXANDRE, R. S. Mini-grafting of adult *Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg. scions onto vegetatively propagated adult rootstocks of *P. mucronata* Lam. **Australian Journal of Crop Science**, v. 10, n. 4, p. 490-496, 2016.
- R CORE TEAM (2016). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>, Acesso em: 10 jul. 2016.

ROUPHAEL, Y.; COLLA, G.; FANASCA, S.; KARAM, F. Leaf area estimation of sunflower leaves from simple linear measurements. **Photosynthetica**, v. 45, n. 2, p. 306-308, 2007.

SARKER, S. K.; DAS, N.; CHOWDHURY, M. Q.; HAQUE, M. M. Developing allometric equations for estimating leaf area and leaf biomass of *Artocarpus chaplasha* in Raghunandan Hill Reserve, Bangladesh. **Southern Forests**, v. 75, n. 1, p. 51-57, 2013.

SCHMILDT, E. R.; HUESO, J. J.; CUEVAS, J. Allometric models for determining leaf area of vine 'Sugraone'. **Ciência e Técnica Vitivinícola**, v. 29, p. 61-81, 2014.

SCHMILDT, E. R.; NEGRIS, F. S.; CESANA JUNIOR, E.; SCHMILDT, O. ALEXANDRE, R. S. Equações para estimar área foliar de maracujá-amarelo. **Nucleus**, v. 13, n. 1, p. 97-104, 2016.

SILVA, S. F. da; CABANEZ, P. A.; MENDONÇA, R. F. de; PEREIRA, L. R.; AMARAL, J. A. T. do. Modelos alométricos para estimativa da área foliar de mangueira pelo método não destrutivo. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 9, n. 1, p. 86-90, 2015.

TARTAGLIA, F. L.; RIGHI, E. Z.; ROCHA, L.; LOOSE, L. H.; MALDANER, I. C.; HELDWEIN, A. B. Non-destructive models for leaf area determination in canola. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 6, p. 551-556, 2016.

TOEBE, M.; CARGNELUTTI FILHO, A.; BURIN, C.; FICK, A. L.; NEU, I. M. M.; CASAROTTO, G.; ALVES, B. M. Modelos para a estimação da área foliar de feijão de porco por dimensões foliares. **Bragantia**, v. 71, n. 1, p. 37-41, 2012.

TSIALTAS, J. T.; MASLARIS, N. Leaf area estimation in a sugar beet cultivar by linear models. **Photosynthetica**, v. 43, n. 3, p. 477-479, 2005.

ZHANG, L.; LIU X. S. Non-destructive leaf-area estimation for *Berberia purpurascens* across timberline ecotone, southeast Tibet. **Annales Botanici Fennici**, v. 47, n. 5, p. 346-352, 2010.