

## ESTIMAÇÃO DA ÁREA FOLIAR DE *Trema micrantha* EM FUNÇÃO DAS DIMENSÕES LINEARES

TOGNERE, Jasmyn<sup>1</sup>  
 MARQUES, Izabella Roque<sup>2</sup>  
 OLIVEIRA, Isaac Louzada de<sup>3</sup>  
 SANTANA, Larissa Cristina Cavalcante<sup>4</sup>  
 SCHMILDT, Omar<sup>5</sup>  
 OLIVEIRA, Vinicius de Souza<sup>6</sup>  
 TOGNELLA, Mônica Maria Pereira<sup>7</sup>  
 SCHMILDT, Edilson Romais<sup>8</sup>

Recebido em: 2019.09.25

Aprovado em: 2021.09.15

ISSUE DOI: 10.3738/1982.2278.3969

**RESUMO:** A medição da área foliar pode ser parâmetro relevante em estudos sobre a morfologia, anatomia e ecofisiologia vegetal. Desta forma, objetivou-se por esse estudo gerar equações de modelo matemático que estime a área foliar de *Trema micrantha* de maneira não destrutiva a partir das dimensões lineares da folha. Para tanto, foram utilizadas 354 folhas de *Trema micrantha* coletadas na Universidade Federal do Espírito Santo, Campus São Mateus-ES. As folhas foram medidas obtendo o comprimento (C), largura (L), produto da multiplicação do comprimento com a largura (CL) e área foliar observada (AFO). Para a modelagem 300 folhas foram utilizadas, onde a AFO foi usada em função de C, L ou CL, sendo obtidos os modelos linear de primeiro grau, quadrático e potência. Para a validação, as medidas de 54 folhas foram substituídas nas equações geradas na modelagem, obtendo a área foliar estimada (AFE). As médias da AFE e AFO foram comparadas pelo teste t de Student a 5% de probabilidade. O erro absoluto médio (EAM), a raiz do quadrado médio do erro (RQME) e o índice de Willmott (d) foram determinados. A melhor equação foi selecionada por valores não significativos do comparativo das médias de AFE e AFO, valores de EAM e RQME com maior proximidade a zero e índice d mais próximo de um. A equação de modelo linear de primeiro grau baseada no produto do comprimento com a largura representada por  $AFE = 0,152867 + 0,663894(CL)$  é a mais indicada por estimar com melhor precisão a área de folhas de *Trema micrantha*.

**Palavras-chave:** Candiúba. Método não destrutivo. Modelo linear.

## ESTIMATION OF THE LEAF AREA OF *Trema micrantha* AS A FUNCTION OF LINEAR DIMENSIONS

**SUMMARY:** Leaf area measurement can be a relevant parameter in studies on plant morphology, anatomy and ecophysiology. Thus, the objective of this study was to generate mathematical model equations that estimate the leaf area of *Trema micrantha* in a non-destructive way from the linear dimensions of the leaf. For this purpose, 354 leaves of *Trema micrantha* collected at the Federal University of Espírito Santo, Campus São Mateus-ES, were used. The leaves were measured by obtaining length (L), width (W), product of multiplication of length with width (LW) and observed leaf area (OLA). For the modeling 300 leaves were used, where the OLA was used in function of L, W or LW, being obtained the linear models of first degree, quadratic and power. For validation, the 54-leaf measurements were replaced in the equations generated in the modeling, obtaining the estimated leaf area (ELA). The means of ELA and OLA were compared by Student's t test at 5% probability. Mean absolute error (MAE), root mean square error (RMSE) and Willmott index (d) were determined. The best equation was selected by non-significant values comparing the means of ELA and OLA, the values of MAE and RMSE closer to zero and the d-index closest to one. the width represented by  $ELA = 0.152867 + 0.663894(LW)$  and the most suitable for better estimating the area of *Trema micrantha* leaves.

**Keywords:** Candiúba. Non destructive method. Linear model.

<sup>1</sup> DCAB/Ciências Biológicas - UFES/CEUNES

<sup>2</sup> DCAB/ Ciências Biológicas - UFES/CEUNES

<sup>3</sup> DCAB/ Ciências Biológicas - UFES/CEUNES

<sup>4</sup> DCAB/ Ciências Biológicas - UFES/CEUNES

<sup>5</sup> PPGAT/Agronomia - UFES/CEUNES

<sup>6</sup> PPGAT/Agronomia - UFES/CEUNES

<sup>7</sup> DCAB/Ciências Biológicas - UFES/CEUNES

<sup>8</sup> DCAB/Agronomia- UFES/CEUNES

## INTRODUÇÃO

Conhecida vulgarmente como candiúba, candiúva, pau pólvora e candeeiro, *Trema micrantha* é uma espécie de árvore da família Ulmaceae, a qual dispõe-se de árvores ou arbustos com ramos glabrescentes e flexuosos, possuindo caule que se ramifica no alto, córtex marrom esverdeado com lenticelas salientes e copa ovalada (REFLORA, 2019).

Quanto a sua ocorrência na natureza, esta é presente em ambientes de floresta estacional semidecidual, floresta ombrófila densa, floresta amazônica e restinga, sendo dispersada por zoocoria, que se trata de uma síndrome na qual há atuação de animais durante a dispersão de sementes e polinizada por melitofilia, síndrome essa onde há atuação de abelhas na dispersão do pólen (IFEP, 2019). *T. micrantha* também é intensivamente plantada em projetos de restauração da Mata Atlântica na região sudeste brasileira (STOLARSKI *et al.*, 2018).

A medição da área foliar pode ser um parâmetro relevante em estudos sobre a morfologia, anatomia e ecofisiologia vegetal (LOPES *et al.*, 2004), sendo ainda um indicador de grande importância utilizado na investigação de adaptações ecológicas e competições entre espécies, auxiliando na estimativa da produtividade de um ecossistema vegetal, seu crescimento e desenvolvimento das folhas (MONTEIRO *et al.*, 2005).

Para a determinação da área foliar, existem métodos diretos e indiretos. Os métodos diretos, apesar de precisos, têm utilização restrita devido ao alto custo de aquisição, manutenções e ajustes dos equipamentos, além de serem destrutivos (BINDI *et al.*, 1997). Os métodos indiretos, são não destrutivos caracterizando-se por relações a área das folhas com suas medições lineares, as quais, estas relações são expressas por equações de regressão, que são utilizadas na estimativa da área foliar (MALAGI *et al.*, 2010).

Modelos de equações matemáticas relacionando a área com as medidas lineares das folhas já foram relatadas para diversas espécies (BIANCO *et al.*, 2008; POMPELLI *et al.*, 2012; CARNELUTTI FILHO *et al.*, 2012; CARVALHO *et al.*, 2017; OLIVEIRA *et al.*, 2017; SCHMILDT *et al.*, 2017; PEZZINI *et al.*, 2018; SANTOS *et al.*, 2018; OLIVEIRA *et al.*, 2019). Entretanto, cada espécie necessita de um ajuste individual já que na maioria dos casos o uso de uma mesma equação pode gerar estimativas errôneas da área foliar de diferentes espécies.

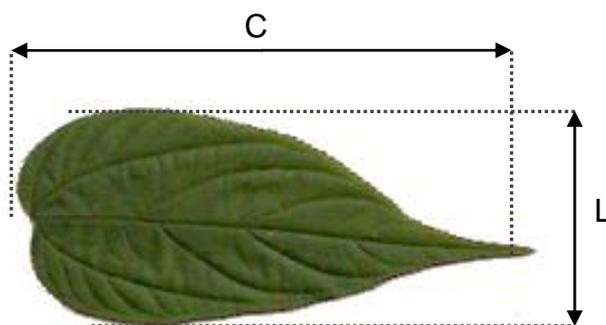
Uma metodologia que estime a área de folhas de *Trema micrantha* de forma não destrutiva não foi encontrada na literatura. Assim, objetivou-se por esse estudo gerar equações de modelo matemático que estime a área foliar de *Trema micrantha* a partir das dimensões lineares da folha.

## MATERIAL E MÉTODO

Para a determinação da área foliar foram utilizadas 354 folhas de *Trema micrantha* coletadas na Universidade Federal do Espírito Santo, Campus São Mateus-ES., Norte do Estado do Espírito Santo, Brasil, com coordenadas geográficas de 18° 40' 36'' de latitude Sul e 39° 51' 35'' de longitude Leste. O clima da região segundo a classificação de Köppen é do tipo tropical AW (tropical úmido), com chuvas no verão e inverno seco (ALVARES *et al.*, 2014).

As folhas foram digitalizadas com scanner de mesa modelo Deskjet F2540<sup>®</sup> e salvas com resolução de 75 dpi no formato Tag Image File Format (TIFF). As imagens foram processadas pelo software Image J<sup>®</sup> (SCHINDELIN *et al.*, 2015), obtendo-se as medidas do comprimento (C, em cm) ao longo da nervura central, a maior largura (L, em cm) e a área foliar observada (AFO). O produto da multiplicação do comprimento com a largura (CL, em cm<sup>2</sup>) também foi determinado. A estatística descritiva foi determinada obtendo os valores mínimo, máximo, média, amplitude e coeficiente de variação (CV) para todas as variáveis.

**Figura 1.** Representação da medida do comprimento (C) ao longo da nervura principal e largura máxima (L) do limbo foliar de folhas de *Trema micrantha*



Fonte: Elaborado pelos autores

Foram utilizadas 300 folhas para a modelagem, onde a AFO foi usada em função de C, L ou CL, sendo obtidos os modelos linear de primeiro grau representado por  $AFO = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x$ , quadrático representado por  $AFO = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x + \hat{\beta}_2 x^2$  e potência representado por  $AFO = \hat{\beta}_0 x^{\hat{\beta}_1}$ , sendo obtidas nove equações para a estimativa da área foliar de *Trema micrantha*.

Uma amostragem de 54 folhas foi utilizada para a validação onde os valores de C, L e CL foram substituídos nas equações geradas na modelagem, obtendo a área foliar estimada (AFE, em cm<sup>2</sup>) para cada modelo. As médias de AFE e AFO foram comparadas pelo teste t de Student a 5% de probabilidade. Determinou-se também o erro absoluto médio (EAM), a raiz do quadrado médio do erro (RQME) e o índice de Willmott (d) (WILLMOTT, 1981), para todas as equações, por meio das expressões 1, 2 e 3.

$$(1) \text{ EAM} = \frac{\sum_{i=1}^n |AFE - AFO|}{n}$$

$$(2) \text{ RQME} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{AFE} - \text{AFO})^2}{n}}$$

$$(3) d = 1 - \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (\text{AFE} - \text{AFO})^2}{\sum_{i=1}^n (|\text{AFE} - \overline{\text{AFO}}| + |\text{AFO} - \overline{\text{AFO}}|)^2} \right]$$

Onde, AFE são os valores estimados de área foliar pelas equações; AFO são os valores observados da área foliar;  $\overline{\text{AFO}}$  é a média dos valores da área foliar observada; n é o número de folhas usadas na validação, sendo n = 54 no presente estudo.

A melhor equação que estime a área foliar de *Trema micrantha* por meio das dimensões lineares da folha foi selecionada por valores não significativos do comparativo das médias de AFE e AFO, valores de EAM e RQME com maior proximidade a zero e índice d mais próximo de 1. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software R (R CORE TEAM, 2018), pelo pacote de dados ExpDes.pt versão 1.2 (FERREIRA *et al.*, 2018).

## RESULTADO E DISCUSSÃO

A análise descritiva dos dados está representada na Tabela 1. Observa-se que os valores mínimos, máximos e médios do comprimento (C), largura (L) e produto da multiplicação do comprimento e da largura (CL) da amostra utilizada para a validação estão entre os valores utilizados para o ajuste da modelagem. Isso segundo Levine *et al.* (2017) é adequado pois é fundamental que os valores das características utilizadas na validação não extrapolem os valores utilizados na modelagem, já que essa prática pode gerar estimativa equivocadas da área foliar.

Os valores do coeficiente de variação (CV) foram maiores para todas as características analisadas nas 300 folhas usadas para a modelagem em relação às 54 folhas usadas para a validação. Para o ajuste dos modelos as características CL e AFO apresentaram valores próximos a 31%, para as medidas de C e L os valores foram superiores a 14%. Para a validação, os valores de CL e AFO se aproximaram a 26%, enquanto L e C tiveram valores superiores a 13%. Todos estes valores são considerados como altos ou muito altos (PIMENTEL-GOMES, 2009), indicando a presença de folhas pequenas, médias e grande (PEZZINI *et al.*, 2018), tornando a amostra representativa em relação a população (CARNELUTTI FILHO *et al.*, 2012), o que é recomendado para estudos da modelagem da área foliar indicando que folhas em diferentes estágios de crescimento e desenvolvimento foram utilizadas (PEZZINI *et al.*, 2018), assim os modelos ajustados podem ser usados durante todo o ciclo da cultura (OLIVEIRA *et al.*, 2019), além de mudas da mesma espécie (SANTOS *et al.*, 2018).

**Tabela 1.** Valor mínimo, máximo, médio, amplitude e de coeficiente de variação (CV) das variáveis: comprimento (C); largura (L); produto do comprimento com a largura (CL) de folhas de *Trema micrantha*

Variável	Und	Mínimo	Máximo	Média	Amplitude	CV (%)
300 usadas para modelagem						
C	cm	4,38	13,55	8,72	9,17	14,25
L	cm	1,46	6,19	3,36	4,73	17,85
CL	cm <sup>2</sup>	6,38	84,01	29,99	77,63	31,47
AFO	cm <sup>2</sup>	3,97	54,63	20,07	50,66	31,39
54 usadas para validação						
C	cm	5,05	10,34	8,60	5,29	13,71
L	cm	1,99	4,08	3,27	2,09	15,14
CL	cm <sup>2</sup>	10,56	40,76	28,66	30,20	26,28
AFO	cm <sup>2</sup>	7,17	27,01	19,12	19,84	26,17

As nove equações ajustadas a partir da AFO como variável dependente em função de C, L e CL como variável independente estão representadas na Tabela 2. Entre os tipos de modelos testados, os que obtiveram maiores valores de coeficiente de determinação ( $R^2$ ) foram aqueles ajustados em função do produto do comprimento com a largura (CL) superando os 0.99, tendo desempenho superior aos ajustados com base em apenas uma dimensão linear (comprimento ou largura). Esse comportamento, segundo Lavanhole *et al.* (2018) se dá pelo fato da folha apresentar formato lanceolado (FIGURA 1) contribui para melhores ajustes das equações que relacionam o comprimento com a largura como variável independente, isso porque essas duas características têm valores de medidas discrepantes, assim quando em conjunto, os dois parâmetros se mostram mais precisos do que apenas um.

**Tabela 2.** Equação com ajuste linear de primeiro grau, quadrático e potencial e seu respectivo coeficiente de determinação ( $R^2$ ) utilizando a área foliar observada (AFO) como variável dependente, em função do comprimento (C), largura (L) e produto do comprimento com a largura (CL), de folhas de *Trema micrantha*

Modelo	Equação	$R^2$
Linear	$AFE = -22,36064 + 4,86301(C)$	0,9217
Linear	$AFE = -14,4422 + 10,2751(L)$	0,9566
Linear	$AFE = 0,152867 + 0,663894(CL)$	0,9901
Quadrático	$AFE = 7,78919 - 2,28572(C) + 0,41488(C)^2$	0,9547
Quadrático	$AFE = -5,65864 + 5,07643(L) + 0,74553(L)^2$	0,9642
Quadrático	$AFE = -0,3410445 + 0,6949788(CL) - 0,0004436(CL)^2$	0,9903
Potencia	$AFE = 0,1545(C)^{2,2337}$	0,9550
Potencia	$AFE = 2,5372(L)^{1,6925}$	0,9625
Potencia	$AFE = 0,6946(CL)^{0,9892}$	0,9901

Ao validar os modelos a partir da amostra de 54 folhas (Tabela 3), verificou-se que a área foliar observada (AFO) e a área foliar estimada (AFE) não diferiram estatisticamente pelo teste t ( $p < 0.05$ ) em todos os modelos ajustados, indicando que a AFO e AFE apresentam valores bem semelhantes. Entretanto, entre os ajustes encontrados, a equação de modelo linear de primeiro grau gerada a partir do produto do comprimento com a largura (CL) foi a que apresentam os valores do erro absoluto médio (EAM) e raiz quadrada média do erro (RQME) mais próximos ao zero o que segundo Schwab *et al.*, (2014) indicam modelos mais adequados e índice d de Willmott mais próximo ao unitário o que sugere que é o modelo menor erro na estimativa da área foliar. Essa mesma equação também apresentou valor de  $R^2$  superior a 0.99 na modelagem indicando boa correlação entre a AFO e CL.

O mesmo ajuste de modelos baseados em duas medidas, foi observado para as espécies *Sida cordifolia* e *Sida rhombifolia* (BIANCO *et al.*, 2008), *Jatropha curcas* (POMPELLI *et al.*, 2012), *Raphanus sativus* L. (CARNELUTTI FILHO *et al.*, 2012), *Crotalaria juncea* (CARVALHO *et al.*, 2017), *Litchi chinensis* Sonn. (OLIVEIRA *et al.*, 2017), *Annona cherimola* Mill. (SCHMILDT *et al.*, 2017) e *Acacia mangium* Willd. (OLIVEIRA *et al.*, 2019), evidenciando notoriedade no uso destes modelos, corroborando com os resultados encontrados no presente estudo.

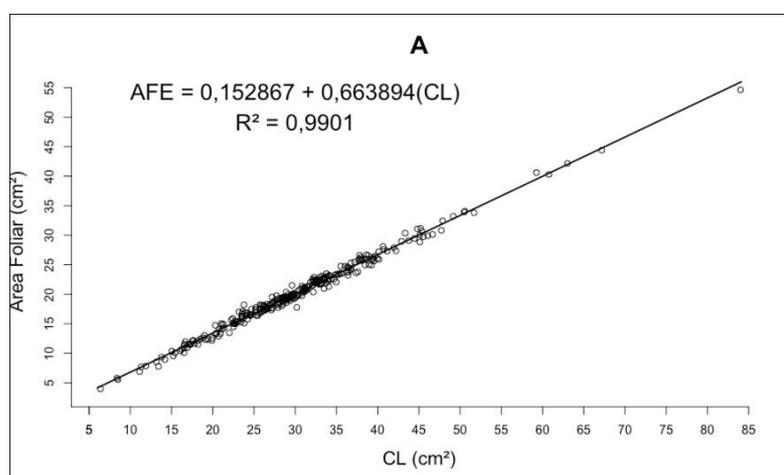
**Tabela 3.** Área foliar observada (AFO) e área foliar estimada (AFE) de equações linear de primeiro grau, quadrática e potencial para as variáveis independente comprimento (C), largura (L) e produto do comprimento com a largura (CL), além do valor de  $p$ , erro absoluto do erro (EAM), raiz quadrada médio do erro (RQME) e índice d Willmott de folhas de *Trema micrantha* utilizadas para validação

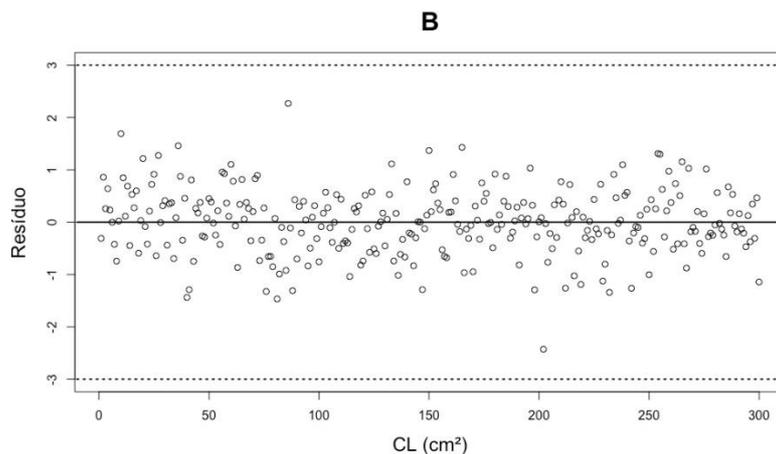
Modelo	Variável	AFO	AFE	Valor $p^*$	EAM	RQME	d
Linear	C		19,463	0,7402	1,159	1,571	0,978
Linear	L		19,181	0,9492	1,045	1,327	0,982
Linear	CL		19,184	0,9461	0,398	0,519	0,998
Quadrática	C		19,385	0,7896	0,928	1,258	0,984
Quadrática	L	19,120	19,116	0,9973	0,988	1,266	0,983
Quadrática	CL		19,192	0,9399	0,413	0,531	0,997
Potencial	C		19,371	0,8026	0,976	1,297	0,984
Potencial	L		19,121	0,9984	1,000	1,275	0,982
Potencial	CL		19,196	0,9369	0,400	0,522	0,997

A equação de modelo linear de primeiro grau representada por  $AFE = 0,152867 + 0,663894(CL)$  em que o produto da multiplicação do comprimento com a largura (CL) foi usado como variável independente, cujo comportamento ilustrado na Figura 2A é a mais indicada por estimar com melhor precisão a área de folhas de *Trema micrantha*. Além disso, a análise da dispersão residual (Figura 2B), apresentou resultados satisfatórios com 99% dos valores compreendidos dentro  $\pm 3$  erros padrões o que indica acurácia dos dados amostrados (ALMEIDA *et al.*, 2019). Assim, em 99% dos casos apurados a área foliar será estimada com precisão pelo modelo. Desta forma, segundo Bianco *et al.*, (2008) as análises estatísticas empregadas no ajuste e na validação do modelo foram corretas, considerando o parâmetro biológico em estudo.

Deve-se ressaltar, que as folhas utilizadas no presente estudo foram analisadas através de método destrutivo, sendo necessário a remoção da planta. Entretanto, após o ajuste do melhor modelo matemático, a equação pode ser usada em futuras pesquisas obtendo medidas simples da superfície foliar sem a obrigatoriedade de equipamentos específicos, podendo ser usado por exemplo uma régua. Assim, segundo Cargnelutti Filho *et al.* (2012) na prática, a medida do comprimento e da largura capaz de estimar a área das folhas, com precisão e sem a necessidade da destruição das folhas podendo ser utilizada durante todo a ciclo da cultura.

**Figura 2.** Equação linear de primeiro grau, coeficiente de determinação ( $R^2$ ) (A) e resíduo (B), usando a área foliar observada (AFO) como variável dependente em função do produto da multiplicação do comprimento com a largura (CL) de folha de *Trema micrantha*





## CONCLUSÃO

A área foliar de *Trema micrantha* pode ser estimada de maneira precisa e não destrutiva através da equação de modelo linear de primeiro grau representada por  $AFE = 0,152867 + 0,663894(CL)$  a partir do produto da multiplicação do comprimento com a largura (CL).

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, C. O. E. **Ensaio:** da amostra ao teorema do limite central: Um pouco dos fundamentos e uma aplicação prática. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, p.1-40, 2019. (Documentos, 233).
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2014. <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- BIANCO, S.; CARVALHO, L. B.; BIANCO, M. S. Estimativa da área foliar de *Sida cordifolia* e *Sida rhombifolia* usando dimensões lineares do limbo foliar. **Planta Daninha**, v.26, n.4, p.807-813, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582008000400012>
- BINDI, M.; MIGLIETTA, F.; GOZZINI, B.; ORLANDINI, S.; SEGHI, L. A simple model for simulation of growth and development in grapevine (*Vitis vinifera*). I. Model description. **Vitis**, v.36, n.2, p.67-71, 1997.
- 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. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052012000100008>
- CARVALHO, J. O.; TOEBE, M.; TARTAGLIO, F. L.; BANDEIRA, C. T.; TAMBARA, A. L. Leaf area estimation from linear measurements in different ages of *Crotalaria juncea* plants. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.89, n.3, p.1851-1868, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765201720170077>
- FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. **Package 'ExpDes.pt'**, 2018. 62p.

IFEP – Instituto de Pesquisa e estudo florestais. Disponível em:

<<https://www.ipef.br/identificacao/nativas/detalhes.asp?codigo=2>> Acessado em: 28/06/19.

LAVANHOLE, D. F.; OLIVEIRA, P. S.; VITÓRIA, E. L.; AOYAMA, E. M. Estimativa de área foliar por meio de relações alométricas em *Aechmea blanchetiana* (Baker) L. B. SM sob distintas condições de luminosidade. **Iheringia, Série Botânica**, v.73, n.3, p.363-373, 2018. <http://dx.doi.org/10.21826/2446-8231201873313>

LEVINE, D. M., STEPHAN, D. F.; SZABAT, K. A. **Estatistic for managers using Microsoft Excel**: global edition. 8th ed. London: Person, 2017. 728p.

LOPES, M. C.; ANDRADE, I.; PEDROSO, V.; MARTINS, S. Modelos empíricos para estimativa da área foliar da videira na casta Jaen. **Ciência e Tecnologia Vitivinicultura**, v.19, n.2, p.61-75, 2004.

MALAGI, G.; CITADIN, I.; SCARIOT, S.; REIS, L. Método não destrutivo para determinação da área foliar da videira, cultivar BRS-VIOLETA. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, n.4, p.1250-1254, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452011005000005>

MONTEIRO, J. E. B. A.; SENTELHA, 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. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052005000100002>

OLIVEIRA, P. S.; SILVA, W.; COSTA, A. A. M.; SCHMILDT, E. R.; VITÓRIA, E. L. Leaf area estimation in litchi by means of allometric relationships. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.39, n. special, p.1-6, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452017403>

OLIVEIRA, V. S.; GALOTE, J. K. B.; DAMACENO, I. V.; FURTADO, N. S.; SANTOS, K. T. H.; SANTOS, J. S. H.; SANTOS, G. P.; CHISTÉ, H.; SCHMILDT, O.; CZEPAK, M. P.; ARANTES, S. D.; VITÓRIA, E. L.; SCHMILDT, E. R. Estimation of single leaf area of *Acacia mangium* Willd. **International Journal of Plant & Soil Science**, v.28, n.3, p.1-7, 2019. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2019/v28i330107>

PEZZINI, R. V.; CARGNELUTTI FILHO, A.; ALVES, B. M.; FOLLMANN, D. N.; KLEINPAUL, J. A.; WARTHA, C. A.; SILVEIRA, D. L. Models for leaf area estimation in dwarf pigeon pea by leaf dimensions. **Bragantia**, v.77, n.2, p.221-229, 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.2017106>

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**, 15th ed.. Piracicaba: Fealq. 2009. 451p.

POMPELLI, M. F.; ANTUNES, W. C.; FERREIRA, D. T. R. G.; CAVALCANTE, P. G. S.; WANDERLEY FILHO, H. C. L.; ENDRES, L. Allometric models for non-destructive leaf area estimation of *Jatropha curcas*. **Biomass and Bioenergy**, v.36, p.77-85, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.10.010>

R CORE TEAM. **R**: a language and environment for statistical computing. 2018. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>, acessado em: 10/07/2018.

- REFLORA. **Flora do Brasil**. *Trema micrantha* (L.) Blume. Disponível em: <<http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/listaBrasil/FichaPublicaTaxonUC/FichaPublicaTaxonUC.do?id=FB106894>> Acessado em: 28/06/19.
- SANTOS, R. O.; SOARES, R. N.; PIMENTEL, M. P. Q.; ABREU, J. C.; LIMA, R. B.; SILVA, B. M. S. Modeling the leaf área of *Ormosia paraenses* Ducke by statistical models and artificial neural networks. **Chilean Journal of Agricultural Research**. v.78, p.511-520, 2018. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392018000400511>
- SCHINDELIN, J.; RUEDEN, C. T.; HINER, M. C.; ELICEIRI, K. W. The Image J ecosystem: an open platform for biomedical Image analysis. **Molecular Reproduction and Development**. 82, n.7-8, p.518–529, 2015. <http://dx.doi.org/10.1002/mrd.22489>
- SCHMILDT, E. R.; HUESO, J. J.; PINILLOS, V.; STELDFELDT, A.; CUEVAS, J. Allometric models for determining leaf area of 'Fino de Jete' cherimoya grown in greenhouse and in the open field. **Fruits**, v.72, n.1, p.24-30, 2017. <https://doi.org/10.17660/th2017/72.1.2>
- SCHWAB, N. T.; STRECK, N. A.; REHBEIN, A.; RIBEIRO, B. S. M. R.; ULHMANN, L. O.; LANGNER, J. A.; BECKER, C. C. Dimensões lineares da folha e seu uso na determinação do perfil vertical foliar gladiolo. **Bragantia**, v.73, n.2, p.97-105, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/brag.2014.014>
- STOLARSKI, O. C.; GORENSTEIN, M. R.; LUBKE, M.; LUBKE, L.; O'CONNOR, P. H. P.; BECHARA, F. C. *Trema micrantha* (L.) Blume. In plantations for ecological restoration: early development in the brazilian subtropical forest. **Ciência Florestal**. v.28, n.3, p. 1217-1228, 2018. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509833351>
- WILLMOTT, C. J. On the validation of models. **Physical Geography**, v.2, n.2, p.184-194, 1981.