

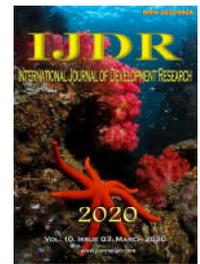


ISSN: 2230-9926

Available online at <http://www.journalijdr.com>

IJDR

International Journal of Development Research
Vol. 10, Issue, 03, pp. 34399-34402, March, 2020



RESEARCH ARTICLE

OPEN ACCESS

AJUSTE DE EQUAÇÕES MATEMÁTICAS PARA DETERMINAR A ÁREA FOLIAR DE MUDAS DE *Allagoptera arenaria* DE FORMA NÃO DESTRUTIVA

¹Vinicius de Souza Oliveira, ²João Vitor Garcia Silva, ²Adriele dos Santos Jardim, ²Lana Lírio Longue, ²André Luíz Ribeiro Azevedo, ²Adriano Alves Fernandes, ²Gleyce Pereira Santos, ²Omar Schmidt, ³Robson Prucoli Posse, ⁴Sara Dousseau Arantes and ²Edilson Romais Schmidt

¹Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Alegre, Espírito Santo, Brasil;

²Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário Norte do Espírito Santo, São Mateus, Espírito Santo, Brasil;

³Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Itapina, Colatina, Espírito Santo, Brasil; ⁴Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), Linhares, Espírito Santo, Brasil

ARTICLE INFO

Article History:

Received 06th December, 2019

Received in revised form

11th January, 2020

Accepted 03rd February, 2020

Published online 30th March, 2020

Key Words:

Modelagem; Estimativa da área foliar; Validação.

*Corresponding author: Vinicius de Souza Oliveira

ABSTRACT

O objetivo deste estudo foi ajustar equações matemáticas para estimar de forma não destrutiva a área foliar de mudas de *Allagoptera arenaria* a partir das dimensões lineares do limbo foliar. Para tanto, 205 folhas foram utilizadas sendo obtidas de cada folha as medidas do maior comprimento (C), maior largura (L) e área foliar observada (AFO). Determinou-se também o produto da multiplicação do comprimento com a largura (CL). Para o ajuste das equações, foram utilizadas 175 folhas onde os valores da AFO foram usados como variável dependente em função de C, L, ou CL como variável independente, sendo ajustados os modelos linear de primeiro grau, quadrático e potência. Todos os modelos foram validados com base em amostra de 30 folhas separadas para esta finalidade. Assim, a área foliar das mudas de *A. arenaria* pode ser determinada pela equação de modelo potência obtida pelo produto da multiplicação do comprimento com a largura (CL).

Copyright © 2020, Eder Pereira Gomes et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Citation: Vinicius de Souza Oliveira, João Vitor Garcia Silva, Adriele dos Santos Jardim et al. 2020. "Ajuste de equações matemáticas para determinar a área foliar de mudas de *allagopteraarenaria* de forma não destrutiva", *International Journal of Development Research*, 10, (03), 34399-34402.

INTRODUCTION

A *Allagoptera arenaria* (Gomes) Kuntze é uma palmeira nativa das regiões de restinga do sudeste brasileiro (Hoodge, 1964). Comumente conhecida como guriri, guri, buri, guri-da-praia, buri-da-praia, buriri-da-praia, pissandó (Corrêa, 1926), essa espécie possui alta capacidade de resistência a ação das queimadas, característica esta que confere a espécie vantagem no processo de regeneração de áreas que sofreram algum tipo de impacto (Almeida e Araujo, 1997). Em relação a área foliar, esta característica está intimamente ligada ao crescimento e desenvolvimento das culturas durante todo o seu ciclo de cultivo (Jadoski et al., 2012). Essa característica está associada a eficiência com que as plantas praticam o processo da fotossíntese interferindo no acúmulo de massa seca das plantas e consequentemente na produção e qualidade da cultura, além de ser importante em estudos relacionados a danos bióticos e abióticos (Busato et al., 2009). Levando em consideração a necessidade de o uso de metodologias simples para a

determinação da área foliar, destaca-se o uso de equações matemáticas. Para a elaboração destas equações é necessário relacionar a área foliar que é uma característica de difícil aferição a qual se deseja estimar com características lineares de fácil medição da superfície foliar, como o comprimento, largura ou combinação de ambas. Essa técnica, não demanda de equipamentos sofisticados, podendo estimar com precisão a área foliar no tempo real, à campo, sem a obrigatoriedade de coleta das folhas, sendo uma metodologia de baixo custo (Fonte e Araújo, 2007). Diversos autores têm relatado o uso de equações matemáticas para a obtenção da área foliar de espécies vegetais (Antunes et al., 2008; Santos et al., 2014; Carvalho et al., 2017; Schmidt et al., 2017; Oliveira et al., 2019a; Pinheiro et al., 2019; Schmidt et al., 2019). Essas equações, permitem, desde que seja obedecido critérios apropriados de seleção, estimar com exatidão a área das folhas em estudo de maneira simples, rápida e sem a necessidade de destruição das folhas. Entretanto, não se encontrou na literatura estudos que relacionem esta técnica aplicada a *Allagoptera arenaria*. Desta forma, o presente estudo tem por

objetivo ajustar equações matemáticas para estimar de forma não destrutiva a área foliar de mudas de *Allagoptera arenaria* (Gomes) Kuntze a partir das dimensões lineares do limbo foliar.

METODOLOGIA

Para a realização do presente estudo, foram utilizadas 205 folhas de mudas de palmeira guriri (*Allagoptera arenaria* (Gomes) Kuntze) com 210 dias após o plantio obtidas de viveiro credenciado no município de São Mateus, Norte do Estado do Espírito Santo, Brasil, localizado com as seguintes coordenadas geográficas: 18° 40' 36" de latitude Sul e 39° 51' 35" de longitude Leste. O clima da região se caracteriza como tropical AW, com inverno seco e chuvas durante o verão (Alvares et al., 2014). De todas as 205 folhas foram medidas o maior comprimento (C) ao longo da nervura central, em cm e maior largura (L), em cm, ambas as medidas foram obtidas com auxílio de régua graduada (Fig. 1). Também foi determinado produto da multiplicação do comprimento com a largura (CL) para todas as folhas, em cm². Para a obtenção da área foliar observada (AFO), em cm², utilizou-se o medidor de bancada LI-COR, modelo LI-3100C.

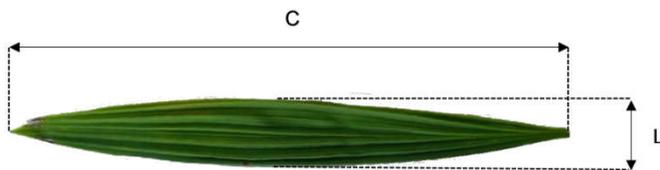


Fig. 1. Representação da medida do comprimento (C) e largura (L) de folhas de guriri (*Allagoptera arenaria* (Gomes) Kuntze) utilizadas para a modelagem

Para o ajuste dos modelos, foram utilizadas 175 folhas onde os valores da AFO foram usados como variável dependente (y) em função de C, L, ou CL como variável independente (x). Os modelos linear de primeiro grau, quadrático e potência foram testados e suas respectivas representações podem ser vistas na Tabela 1. Desta forma, foram obtidos nove modelos e seu respectivo coeficiente de determinação (R²). Foi utilizado o método de mínimos quadrados para estimar os parâmetros (coeficiente linear), (coeficiente angular) e (coeficiente quadrático).

Tabela 1. Denominação e representação dos modelos de equação ajustadas para estimativa da área foliar de mudas de guriri (*Allagoptera arenaria* (Gomes) Kuntze)

Denominação da equação	Representação do modelo
Linear	$AFE = \beta_0 + \beta_1 x$
Quadrático	$AFE = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2$
Potência	$AFE = \beta_0 x^{\beta_1}$

A validação foi realizada com 30 folhas, em que os valores de C, L e CL foram substituídos nas equações ajustadas na modelagem obtendo assim área foliar estimada (AFE) por cada modelo, em cm². Assim, foi possível calcular o erro absoluto médio (EAM), raiz quadrada média do erro (RQME) e índice de Willmott (d) (Willmott, 1981) através das expressões 1, 2 e 3.

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

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

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

Onde, AFE são os valores estimado de área foliar, AFO são os valores observado de área foliar, é a média dos valores da área foliar observada, e n é o número de folhas amostradas usadas para a validação, sendo n = 30 no presente estudo. Como critério de seleção da melhor equação que estime a área foliar das mudas de palmeira guriri foi adotado o EAM e RQME mais próximo de zero e índice d de Willmott (Willmott, 1981) mais próximo a um. Para a realização das análises estatística e a elaboração dos gráficos utilizou-se o software R (R Core Team, 2019), com auxílio do pacote de dados ExpDes.pt versão 1.2 (Ferreira et al., 2018).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As nove equações obtidos para estimar a área foliar das mudas de palmeiraguriri de forma não destrutiva a partir das medidas lineares da superfície foliar estão representadas na Tabela 2. É notório que houve alta relação entre a área foliar observada (AFO) e o produto da multiplicação entre o comprimento e a largura (CL) da superfície foliar com valores do coeficiente de determinação superando 0,97 para todas as equações, demonstrando que mais de 97% da área foliar estimada pelos modelos pode ser explicada por CL. Para os modelos ajustados com uma única medida individualmente, não houve boa relação entre o comprimento (C) ou a largura (L) e a área foliar com valores de R² abaixo de 0,88. Porém, a utilização do R² como única forma de seleção de modelos matemáticos pode não ser uma maneira adequada, já que a concordância das variáveis pode não ser precisa, levando a estimativas errôneas da área foliar por parte dos modelos (Antunes et al., 2008). Por essa razão, outros critérios de validação devem ser adotados em conjunto para definir qual a melhor a equação a ser indicada para a predição da área foliar das diversas espécies vegetal. Assim, é possível identificar que a equação de modelo potência baseada em CL apresentou menores valores tanto para o erro médio absoluto (EAM) e a raiz quadrada média do erro (RQME), além de valores do índice d conforme Willmott (1981) mais próximos a um, demonstrando que este modelo é o mais satisfatório e que apresenta melhor desempenho comparado aos demais modelos analisados.

O uso de modelos matemáticos baseados em uma única medida permite maior agilidade na tomada dos dados por necessitar apenas de uma única medição, reduzindo pela metade o número de medidas quando comparados a modelos bidimensionais (Santos et al., 2016; Oliveira et al., 2019a), entretanto, esse modelos são menos preciso para a maioria das espécies são utilizados em casos específicos (Espindula et al., 2018) como já citados para *Coffea dewevrei* (Schmildt et al., 2019) e *Schinusterebinthifolius* Raddi (Oliveira et al., 2019b), onde para ambas as espécies modelo quadrático obtido com a maior largura da folha foi o mais indicado ou para *Passiflora mucronata* (Schmildt et al., 2016) onde a equação de modelo potência associada a largura teve melhor desempenho.

Porém, de fato, a combinação de medidas para estimar a área foliar é relatada com mais frequência na literatura para diversas espécies (Antunes et al., 2008; Carnelutti Filho et al., 2012; Carvalho et al., 2017; Schmildt et al., 2017; Lavanhole et al., 2018; Oliveira et al., 2019a; Pinheiro et al., 2019; Ribeiro et al., 2019; Santos et al., 2019).

Tabela 2. Equações de modelo linear de primeiro, quadrático e potência utilizando a área foliar observada (AFO) em função do comprimento (C), largura (L) e produto do comprimento com a largura (CL) e seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) para estimar a área de folhas de mudas de guriri (*Allagoptera arenaria* (Gomes) Kuntze), além do erro absoluto do erro (EAM), raiz quadrada médio do erro (RQME) e índice de Willmott (d)

Modelo	Equação	R^2	EAM	RQME	d
Linear	$AFE = -53,4254 + 5,2584(C)$	0,8507	9,1317	11,1144	0,9732
Linear	$AFE = -27,3604 + 20,0417(L)$	0,7778	10,0151	13,9727	0,9497
Linear	$AFE = 3,038913 + 0,565355(CL)$	0,9712	4,7984	6,6143	0,9904
Quadrático	$AFE = 1,49027 + 0,24497(C) + 0,10756(C)^2$	0,8755	8,2346	10,2633	0,9768
Quadrático	$AFE = 11,2646 + 1,9588(L) + 1,9231(L)^2$	0,8023	11,1882	14,8106	0,9432
Quadrático	$AFE = 4,76065717 + 0,53328857(CL) + 0,00011806(CL)^2$	0,9714	4,8725	6,7362	0,9901
Potência	$AFE = 0,1778 (C)^{1,8783}$	0,8762	8,1581	10,2347	0,9771
Potência	$AFE = 6,0546(L)^{1,5260}$	0,8045	10,3513	14,1594	0,9496
Potência	$AFE = 0,708(CL)^{0,9628}$	0,9711	4,7825	6,5721	0,9907

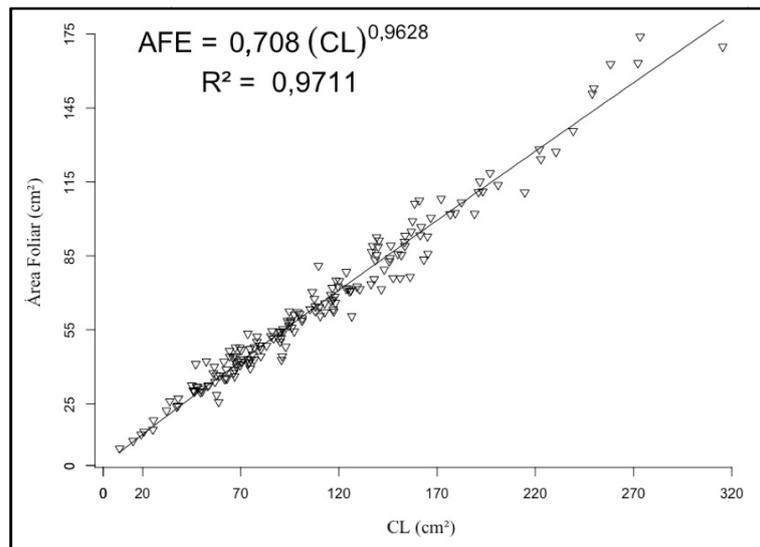


Figura 3. Equação de modelo potência e coeficiente de determinação (R^2), utilizando a área foliar observada (AFO) como variável dependente, em função do produto do comprimento com a largura (CL) ajustada para estimar a área de folhas de mudas de guriri (*Allagoptera arenaria* (Gomes) Kuntze)

Isso ocorre, pois, as medidas de C e L tem valores discrepantes e quando utilizadas individualmente não tem boa relação, entretanto, quando em combinado, estas medidas apresentam maior precisão (Lavanhole *et al.*, 2018), corroborando com os resultados encontrados no presente estudo. Em síntese, a equação de modelo potência representada por obtida a partir do produto da multiplicação do comprimento com a largura (CL) cujo o comportamento pode ser observado na Figura 2, se mostrou mais apta para a estimativa da área foliar de mudas de palmeira guriri por atender melhor a todos os critérios estatísticos estabelecidos neste estudo. Apesar de resultados precisos na determinação da área foliar, a leitura por planímetro possui desvantagens, pois o equipamento necessário para as medições tem custo elevado de compra e de manutenção, além disso, esse equipamento demanda maior tempo de leitura da área das folhas, requer folhas planificadas e turgidas e em alguns casos não pode ser utilizado pois dependendo do local de coleta e do número de amostras existentes (Lucena *et al.*, 2011; Santos *et al.*, 2014). Entretanto, apesar da utilização de planímetro no presente estudo para a determinação da área das folhas de mudas de palmeiraguriri deve-se ressaltar, que uma vez ajustada a equação não há mais a necessidade da utilização deste equipamento sendo que as medidas da superfície foliar de comprimento e largura podem ser facilmente obtidas com simples equipamentos como uma régua graduada. Além disso, a área foliar das mudas de palmeira guriri pode ser determinada sem a destruição das folhas, auxiliando o pesquisador em novos estudos sobre essa espécie, como por exemplo respostas a fertilizantes, captação

luminosa e comportamento a disponibilidade hídrica (Oliveira *et al.*, 2019a).

Conclusão

A área foliar das mudas de *Allagoptera arenaria* (Gomes) Kuntze pode ser obtida através produto da multiplicação do comprimento com a largura (CL) pela equação de modelo potência de maneira simples e sem a necessidade de destruição das folhas.

REFERÊNCIAS

- Almeida, A.L.; Araujo, D.S.D. 1997. Comunidades vegetais do cordão arenoso externo da Reserva Ecológica Estadual de Jacarepiá. *Oecologia Brasiliensis*, 3, pp. 47-63.
- Alvares, C. A.; Stape, J. L.; Sentelhas, P. C.; Gonçalves, J. L. M.; Sparovek, G. 2014. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22, pp. 711-728.
- Antunes, W.C., Pompelli, M.F., Carretero, D.M., Damatta F.M. 2008. Allometric models for non-destructive leaf area estimation in coffee (*Coffea arabica* and *Coffea canephora*). *Annals of Applied Biology*, 153, pp. 33-40.
- Busato, C.; Fontes, P. C. R.; Braun, H.; Busato, C. C. M. 2010. Estimativa da área foliar da batateira, cultivar Atlantic, utilizando dimensões lineares. *Revista Ciência Agronômica*, 41, pp. 702-708.

- Buttaro, D.; Roupshael, Y.; Rivera, C. M.; Colla, G.; Gonnella, M. 2015. Simple and accurate allometric model for leaf area estimation in *Vitis vinifera* L. genotypes. *Photosynthetica*, 53, pp. 342-348.
- Cargnelutti Filho, A.; Toebe, M.; Burin, C.; Fick, A. L.; Casarotto, G. 2012. Estimativa da área foliar de nabo forrageiro em função de dimensões foliares. *Bragantia*, 71, pp. 47-51.
- Carvalho, J. O., Toebe, M., Tartaglio, F. L., Bandeira, C. T., Tambara, A. L. 2017. Leaf area estimation from linear measurements in different ages of *Crotalaria juncea* plants. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 89, pp. 1851-1868.
- Corrêa, M. P. 1926. Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas. volume 1. Ministério da agricultura. Serviço de informação agrícola. Rio de Janeiro. pp. 747.
- Espindula, M.C., Passos, A.M.A., Araújo, L.F.B., Marcolan, A.L., Partelli, F.L., Ramalho, A.R. 2018. Indirect estimation of leaf area in genotypes of 'Conilon' coffee (*Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner). *Australian Journal of Crop Science*, 12, pp. 990-994.
- Ferreira, E. B.; Cavalcanti, P. P.; Nogueira, D. A. 2018. Package 'ExpDes.pt'.
- Fontes, P. C. R.; Araújo, C. 2007. Adubação nitrogenada de hortaliças: princípios e práticas com o tomateiro. Viçosa: UFV. pp. 148.
- Hoodge, W.H. 1964. A strand palm of southeastern Brazil. *Principes*, 8, pp. 55-57.
- Jadoski, S. O.; Lopes, E. C.; Maggi, M. F.; Suchoronzek, A.; Saito, L. R.; Denega, S. 2012. Método de determinação da área foliar da cultivar de batata Ágata a partir de dimensões lineares. *Semina*, 33, pp. 2545-2554.
- Lavanhole, D. F.; Oliveira, P. S.; Vitória, E. L.; Aoyama, E. M. 2018. Estimativa de área foliar por meio de relações alométricas em *Aechmea blanchetiana* (Baker) L. B. SM sob distintas condições de luminosidade. *Iheringia: Série Botânica*, 73, pp. 363-373.
- Lucena, R. R. M.; Batista, T. M. V.; Dombroski, J. L. D.; Lopes, W. A. R.; Rodrigues, G. S. O. 2011. Medição da área foliar de aceroleira. *Revista Caatinga*, 24, pp. 40-45.
- Oliveira, V. S.; Covre, A. M.; Gouvea, D. S.; Canal, L.; Santos, K. T. H. S.; Santos, J. S. H.; Santos, G. P.; Pinheiro, A. P. B.; Schmildt, O.; Posse, R. P.; Czepak, M. P.; Arantes, S. D.; Alexandre, R. S.; Amaral, J. A. T.; Vitória, E. L.; Schmildt, E. R. 2019b. Determination of the Leaf let Area of *Schinus molle* Raddi in Function of Linear Dimensions. *Journal of Agricultural Science*, 11, pp. 198-204.
- Oliveira, V. S.; Santos, G. P.; Santos, K. T. H.; Chisté, H.; Nascimento, A. L.; Cerri Neto, B.; Schmildt, O.; Arantes, S. D.; Posse, R. P.; Schmildt, E. R. 2019a. Ajuste de modelos de regressão para estimar a área de folhas de carambola. *International Journal of Development Research*, 9, pp. 29649-29652.
- Pinheiro, A. P. B., Oliveira, V. S., Santos, K. T. H., Santos, J. S. H., Santos, G. P., Silva, J. V. G., Jardim, A. S., Longue, L. L., Nunes, S. F., Azeredo, A. L. R., Pires, F. R., Fernandes, A. A., Schmildt, O., Czepak, M. P., Schmildt, E. R. 2019. Estimation leaf area by composite leaves of *canavaliarosea* seedlings through linear dimensions from last leaflet. *Journal of Agricultural Science*. 11, pp. 299-308.
- R Core Team. 2019. R: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing.
- Ribeiro, A. M. S., Mundim, D. A., Mendonça, D. C., Santos, K. T. H. Santos, J. S. H., Oliveira, V. S., Santos, G. P., Rosa, L. V. C. A., Santana, W. R., Schmildt, O., Vitória, E. L., Schmildt E. R. 2019. Leaf Area Estimation of Garden Boldo From Linear Dimensions. *Journal of Agricultural Science*, 11, pp. 461-469.
- Santos, G. P.; Oliveira, V. S.; Schmildt, O.; Souza, J. M.; Santos, K. T. H.; Santos, J. S. H.; Nascimento, A. L.; Amaral, J. A. T.; Amaral, J. F. T.; Schmildt, E. R. 2019. Modelagem da área foliar para mudas de cafeeiro conilon LBI em diferentes recipientes de cultivo. *International Journal of Development Research*, 9, pp. 30851-30855.
- Santos, J. C. C.; Costa, R. N.; Silva, D. M. R.; Souza, A. A.; Moura, F. B. P.; Silva Junior, J. M.; Silva, J. V. 2016. Use of allometric models to estimate leaf area in *Hymenaea courbaril* L. *Theoretical and Experimental Plant Physiology*, 28, pp. 357-369.
- Santos, S. N.; Digan, R. C.; Aguilar, M. A. G.; Souza, C. A. S.; Pinto, D. G.; Marinato, C. S.; Arpini, T. S. 2014. Análise comparativa de métodos de determinação de área foliar em genótipos de cacau. *Biosci. J.*, 30, pp. 411-419.
- Schmildt, E. R.; Hueso, J. J.; Pinillos, V.; Steldfeldt, A.; Cuevas, J. (2017) Allometric models for determining leaf area of 'Fino de Jete' cherimoya grown in green house and in the open field. *Fruits*, 72, pp. 24-30.
- Schmildt, E. R.; Oliari, L. S.; Schmildt, O.; Alexandre, R. S.; Pires, F. R. 2016. Determinação da área foliar de *Passiflora mucronata* a partir de dimensões lineares do limbo foliar. *Revista Agro@ambiente On-line*, pp. 351-354.
- Schmildt, O., Santana, E. N., Oliveira, V. S., Gouvea, R. R., Souza, L. C., Santos, A. N. M. R., Silva, S. M., Santos, K. T. H., Santos, G. P., Fanton, C. J., Arantes, S. D., Schmildt, E. R. 2019. Estimation of leaf area by linear dimensions in *Coffea dewevrei*. *International Journal of Plant & Soil Science*. 28, pp. 1-8.
- Willmott, C. J. 1981. On the validation of models. *Physical Geography*, 2, pp. 184-194.
