



ISSN: 2230-9926

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

IJDR

International Journal of Development Research
Vol. 09, Issue, 10, pp. 30747-30750, October, 2019



RESEARCH ARTICLE

OPEN ACCESS

USO DE DIMENSÕES LINEARES PARA ESTIMAR A ÁREA DAS FOLHAS DE *Cajanus cajan* (L.) Millspaugh ATRÁVES DE MÉTODO NÃO DESTRUTIVO

¹Vinicius de Souza Oliveira, ²Rafael Ruy Gouvea, ²Alba Nise Merícia Rocha Santos, ²Lucas Corrêa Souza, ²Enilton Nascimento de Santana, ²Karin Tesch Kuhlcamp, ¹Omar Schmidt, ²Sara Dousseau Arantes and ¹Edilson Romais Schmidt

¹Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário Norte do Espírito Santo, São Mateus, Espírito Santo, Brasil

²Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), Linhares, Espírito Santo, Brasil

ARTICLE INFO

Article History:

Received 20th July, 2019

Received in revised form

14th August, 2019

Accepted 06th September, 2019

Published online 23rd October, 2019

Key Words:

Palavras-chave: *Cajanus cajan* (L.)

Millspaugh; superfície foliar;

Equações matemáticas.

ABSTRACT

Objetivou-se por este estudo, encontrar o melhor modelo matemático que estime a área das folhas trifoliolada de *Cajanus cajan* (L.) Millspaugh de maneira não destrutiva, a partir das dimensões lineares do comprimento e da largura da folha central. Foram utilizadas 380 folhas trifolioladas, sendo 300 utilizadas para a modelagem e 80 utilizada para a validação. Cada folha central foi mensurada quanto ao maior comprimento (C) e a maior largura (L). Posteriormente determinou-se o produto da multiplicação entra o comprimento e largura (CL). Foi obtido também, a área foliar observada (AFO) de cada folha trifoliolada. Para a modelagem, a AFO foi utilizada como variável resposta em função de C, L ou CL como variável explicativa, obtendo os modelos linear de primeiro grau, quadrático e potencia e seu respectivo coeficiente de terminação (R^2). Para a validação, os valores de C, L e CL foram substituídos nas equações propostas na modelagem obtendo assim a área foliar estimada (AFE). Calculou-se o erro médio (E), o erro absoluto médio (EAM), a raiz do quadrado médio do erro (RQME) e índice de Willmott (d). O melhor ajuste foi definido como aquele que apresentou valores de E, EAM e RQME mais próximos de zero e índice d de Willmott mais próximo de um. Sendo assim, a equação potencia $AFE = 1,5642 (CL)^{0,9672}$ melhor estimou a área das folhas de *Cajanus cajan* (L.) Millspaugh.

Copyright © 2019, Vinicius de Souza Oliveira 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, Rafael Ruy Gouvea, Alba Nise Merícia Rocha Santos, Lucas Corrêa Souza, Enilton Nascimento de Santana et al. 2019. "Uso de dimensões lineares para estimar a área das folhas de *Cajanus cajan* (L.) Millspaugh através de método não destrutivo", *International Journal of Development Research*, 09, (10), 30747-30750.

INTRODUCTION

Pertencente a família Fabaceae, o feijão guandu *Cajanus cajan* (L.) Millspaugh é uma leguminosa com porte arbustivo e ciclo anual ou semiperene, sendo seu cultivo disseminado por regiões tropicais e subtropicais, se destacando nos países asiáticos e africanos, seu uso esta associado a diversos fins como a restauração de áreas degradadas, melhoria das características do solo através da adubação verde, fitorremediação e alimentação humana e animal (Azevedo et al., 2007).

*Corresponding author: Vinicius de Souza Oliveira,

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

A estimativa da área foliar é característica primordial na avaliação do crescimento vegetativo, uma vez que esta ligada ao acúmulo de massa seca das plantas (Silva et al., 2015), isso acontece, pois, as folhas são o principal órgão responsável pelo processo da fotossíntese, trocas gasosas, perda de água devido a transpiração e interceptação luminosa (Favarin et al., 2002), sendo sua estimativa fundamental em estudos que envolva anatomia, morfologia e ecofisiologia vegetal (Lopes et al., 2004). São relatadas diversas maneira de se determinar área de uma folha, sendo eles métodos diretos ou indiretos. Os métodos diretos, exigem equipamentos específicos, de elevado custo e demanda de mão de obra especializada, além, de na maioria das vezes se fazer necessária a destruição das folhas o que não permite o acompanhamento do ciclo de uma mesma planta (Pompelli et al., 2012).

Já os métodos indiretos, são aqueles não destrutivos, de fácil utilização e que não exigem equipamentos sofisticados, esse método ainda tem a vantagem de permitir o acompanhamento da mesma planta durante todo seu desenvolvimento (Toebe *et al.*, 2012). Entre os métodos indiretos, destaca-se o uso de modelo matemáticos que através de equações geradas com as medições do comprimento, largura ou combinação destas variáveis, permite estimar com precisão e com custo baixo a área foliar da espécie estudada (Amaral *et al.*, 2009). Não são raros os estudos que busquem ajustar a melhor equação para estimar a área foliar de diversas culturas com interesse florestal e agrônomo (Carnelutti Filho *et al.*, 2012; Silva *et al.*, 2015; Schmidt *et al.*, 2017; Lavanhole *et al.*, 2018; Oliveira *et al.*, 2019). No entanto, ainda são ausentes da literatura pesquisas relacionadas a estimativa da área foliar de *Cajanus cajan*, se fazendo necessário o entendimento desta característica para a cultura em questão. Sendo assim, objetivou-se por este estudo obter, calibrar e indicar o melhor modelo matemático que estime a área das folhas trifoliolada de *Cajanus cajan* de maneira não destrutiva, a partir das dimensões lineares do comprimento e da largura da folha central.

MATERIALS AND METHODS

Para a estimativa da área foliar de feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millspaugh) foram utilizadas 380 folhas trifolioladas, sendo 300 utilizadas para a modelagem e 80 utilizadas para a validação, coletada de plantas de diferentes estádios de desenvolvimento pertencentes ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), localizado no município de Linhares, Norte do Estado do Espírito Santo, Brasil, com as seguintes coordenadas geográficas: 19° 25' 03" de latitude Sul e 40° 04' 50" de longitude Oeste. Em laboratório, e com auxílio régua graduada em milímetros, de cada folha central foram mensuradas quando ao maior comprimento (C), ao longo da nervura central e maior largura (L) longitudinal ambas as medidas em cm (Fig. 1).

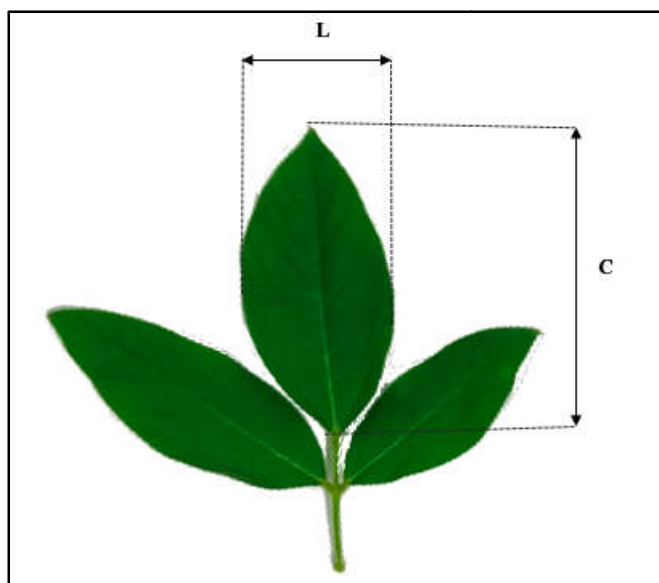


Fig. 1. Representação da medida do comprimento (C) e largura (L) de folhas de feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millspaugh) utilizadas para a modelagem

Posteriormente determinou-se o produto da multiplicação entre o comprimento e largura (CL) em cm². A área foliar observada

(AFO) de cada folha trifoliolada foi obtida com o analisador portátil LI-COR, modelo LI-3000C. Foi definido os valores mínimos, máximos, médios, amplitude e coeficiente de variação (CV) de cada característica. Para o ajuste da modelagem, com amostra de 300 folhas, a AFO foi utilizada como variável resposta em função de C, L ou CL como variável explicativa. Os modelos linear de primeiro grau ($AFE = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x$), quadrático ($AFE = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x + \hat{\beta}_2 x^2$) e potência ($AFE = \hat{\beta}_0 x^{\hat{\beta}_1}$) foram testados obtendo nove equações para estimar a área das folhas trifoliolada de *Cajanus cajan* (L.) Millspaugh e seu respectivo coeficiente de terminação (R²). As equações foram validadas com uma amostra de 80 folhas trifoliolada, onde os valores de C, L e CL foram substituídos nas equações propostas na modelagem obtendo assim a área foliar estimada (AFE) em cm². Assim, foi possível calcular o erro médio (E) pela expressão: $E = \frac{\sum_{i=1}^n (AFE - AFO)}{n}$, o erro absoluto médio (EAM) pela expressão: $EAM = \frac{\sum_{i=1}^n |AFE - AFO|}{n}$, a raiz do quadrado médio do erro (RQME) pela expressão: $RQME = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (AFE - AFO)^2}{n}}$ e índice de Willmott (d) (Willmott, 1981) pela expressão $d = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^n (AFE - AFO)^2}{\sum_{i=1}^n (|AFE - AFO| + |AFO - AFO|)^2} \right]$, onde, AFE são os valor estimados de área foliar; AFO são os valores observado de área foliar; \overline{AFO} é a média dos valores da área foliar observada; e n é o número de folhas amostradas usadas para a validação (n=80 no presente estudo). O melhor modelo foi definido como aquele que apresentou valores de E, EAM e RQME mais próximos de zero e índice d de Willmott (Willmott, 1981) mais próximo de um. Todas as análises estatísticas foram realizadas com auxílio do software R (R Core Team, 2019), com comandos desenvolvidos para o pacote de análise de dados ExpDes.pt versão 1.2 (Ferreira *et al.*, 2018).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, são apresentadas as dimensões mínimas, máximas e médias e para as variáveis comprimento (C), largura (L), produto do comprimento com a largura (CL) e área foliar observada (AFO) da superfície foliar, bem como sua respectiva amplitude e o coeficiente de variação (CV). A variabilidade medida pelo coeficiente de variação (CV) apresentou valores muito altos para todas as variáveis em estudo (Pimentel-Gomes, 2009). Essa alta variação também pode ser facilmente percebível observando os valores da amplitude que é a comparação dos valores máximos e mínimos obtidos para cada variável. Assim, pode-se dizer, que a população de folhas de *Cajanus cajan* (L.) Millspaugh esta bem representada pela amostragem obtida, com folhas pequenas, médias e grandes (Carnelutti Filho *et al.*, 2012), sendo esse fator importante para trabalhos que busque o melhor ajuste de equação para prever a área foliar, já que compreende todos os estádios de desenvolvimento da planta, podendo ser usadas durante todo o ciclo de desenvolvimento da cultura (Oliveira *et al.*, 2019). Na Tabela 2, estão representados os nove modelos de equação ajustados para estimar a área foliar de *Cajanus cajan* (L.) Millspaugh e os critérios de validação adotados neste estudo. As medidas de comprimento e largura utilizadas individualmente não apresentaram boa relação com a área foliar com coeficiente de determinação (R²) variando de 0,2185 a 0,8107 para todas as equações ajustadas com estas variáveis.

Tabela 1. Valores mínimos, máximos, médios, amplitude e coeficiente de variação (CV) das variáveis: comprimento (C); largura (L); produto do comprimento com a largura (CL) e área foliar observada (AFO) de folhas de *Cajanus cajan* (L.) Millspaugh utilizadas para a modelagem e para a validação

| Variável | Unidade | Mínimo | Maximo | Médio | Amplitude | CV |
|------------------------------------|-----------------|--------|--------|-------|-----------|-------|
| 300 folhas usadas para a modelagem | | | | | | |
| C | cm | 0,70 | 11,40 | 4,98 | 10,70 | 49,82 |
| L | cm | 0,70 | 10,90 | 3,05 | 10,20 | 68,10 |
| CL | cm ² | 0,91 | 57,00 | 15,59 | 56,09 | 81,08 |
| AFO | cm ² | 1,72 | 94,47 | 22,06 | 92,75 | 82,59 |
| 80 folhas usadas para validação | | | | | | |
| C | cm | 2,40 | 9,50 | 5,75 | 7,10 | 34,77 |
| L | cm | 0,90 | 4,20 | 2,44 | 3,30 | 34,85 |
| CL | cm ² | 2,16 | 39,90 | 15,61 | 37,71 | 64,63 |
| AFO | cm ² | 3,97 | 62,82 | 23,70 | 58,85 | 63,13 |

Tabela 2. Equações de modelo linear de primeiro, quadrático e potencia 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 (R²) para estimar a área de folhas de *Cajanus cajan* (L.) Millspaugh, além do erro médio (E), erro absoluto do erro (EAM), raiz quadrada médio do erro (RQME) e índice de Willmott (d)

| Modelo | Equação | R ² | E | EAM | RQME | d |
|------------|--|----------------|---------|--------|---------|--------|
| Linear | AFE = -9,6275 + 6,3545(C) | 0,7506 | 3,2396 | 4,6185 | 5,2719 | 0,9637 |
| Linear | AFE = 9,5559 + 4,0951(L) | 0,2185 | -4,2032 | 9,5999 | 12,4534 | 0,5600 |
| Linear | AFE = 0,63254 + 1,37446(CL) | 0,9091 | -1,6290 | 2,3632 | 3,1311 | 0,9882 |
| Quadrático | AFE = 5,98500 - 0,56221(C) + 0,60860(C) ² | 0,8078 | 1,5833 | 3,1059 | 3,7006 | 0,9833 |
| Quadrático | AFE = -9,9307 + 15,5701(L) - 1,1409 (L) ² | 0,3639 | -3,2800 | 5,8069 | 8,5197 | 0,8651 |
| Quadrático | AFE = 0,4882142 + 1,3960601(CL) - 0,0004782(CL) ² | 0,9092 | -1,6004 | 2,3493 | 3,1143 | 0,9883 |
| Potencia | AFE = 1,3229(C) ^{1,6573} | 0,8107 | 1,8832 | 3,1969 | 3,7861 | 0,9831 |
| Potencia | AFE = 12,2756(L) ^{0,5838} | 0,2223 | -3,3903 | 8,9208 | 11,6105 | 0,6381 |
| Potencia | AFE = 1,5642 (CL) ^{0,9672} | 0,9091 | -1,5480 | 2,3217 | 3,0968 | 0,9885 |

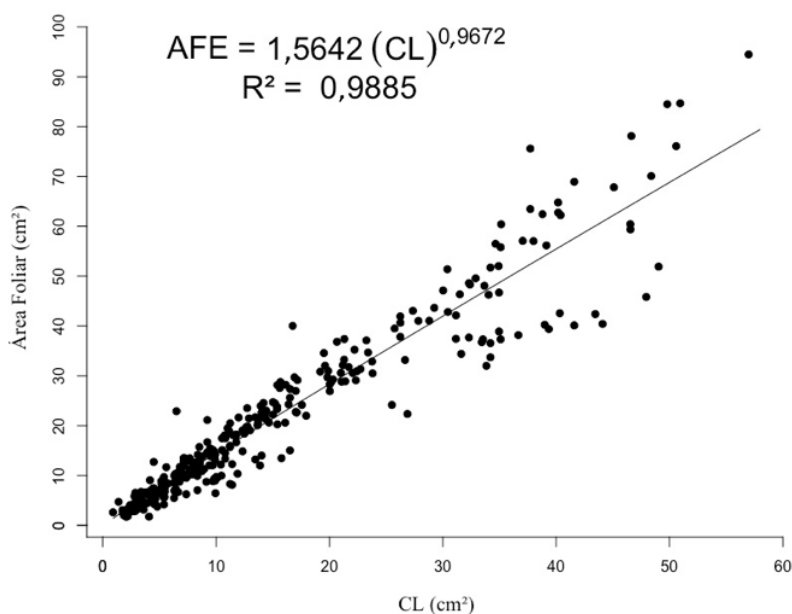


Fig. 2. Equação de modelo potencia e coeficiente de determinação (R²), utilizando a área foliar observada (AFO) como variável dependente, em função do produto do comprimento com a largura (CL) ajustada para estimar a área de folhas de *Cajanus cajan* (L.) Millspaugh

Por outro lado, o melhor desempenho foi obtido nas equações ajustadas a partir do produto da multiplicação do comprimento com a largura com R² superior a 0,90 para todos modelos mostrando que mais de 90% da área foliar de *Cajanus cajan* pode ser explicada pelo produto do comprimento com a largura. O melhor ajuste das equações encontrado na combinação de medidas da superfície foliar se dá segundo Lavanhole *et al.* (2018), pelas medidas do comprimento e largura da apresentarem valores discrepantes, assim quando

utilizadas de forma conjunta se tornar mais precisas, além disso, ainda segundo esses autores o formato lanceolado como o apresentado pelas folhas de *Cajanus cajan* (L.) Millspaugh contribui para este ajuste. Corroborando com essa afirmação, de fato a literatura nos mostra que esses modelos já foram ajustados para diversas espécies como *Raphanus sativus* L. (Carnelutti Filho *et al.*, 2012), *Mangifera indica* L. (Silva *et al.*, 2015), *Aechmea blanchetiana* (Lavanhole *et al.*, 2018) e *Acacia mangium* Willd. (Oliveira *et al.*, 2019). De modo geral,

apesar de todos os modelos obtidos a partir do produto da multiplicação do comprimento com a largura apresentarem boa relação com a área foliar, o modelo potencia representado pela equação $AFE = 1,5642 (CL)^{0,9672}$ teve melhor resultado com valores do erro médio(E), erro absoluto médio (EAM) e raiz quadrada média do erro (RQME) mais próximos de zero, o que segundo Hallak e Pereira Filho, (2011) é indicativo de melhor perfeição dos dados simulados, os resultados também demonstram, que para esta equação, o índice d de Willmott (Willmott, 1981) se apresentou mais próximo ao valor unitário fornecendo a ideia de melhor predição da área foliar por parte deste modelo. Assim, pode-se dizer que a estimativa da área foliar por esta equação teve o erro diminuído, sendo mais confiável já que utilizou dois parâmetros em sua elaboração (Lavanhole et al., 2018). Note, que houve boa adequação do modelo aos dados mostrais (Fig. 2) mostrando que essa equação tem boa aceitação na predição da área foliar de *Cajanus cajan* (L.) Millspaugh. Vale citar, que definido o modelo que melhor estime a área das folhas de *Cajanus cajan*, as medidas de CL não devem ser menores que $1,72 \text{ cm}^2$ e maiores que $57,00 \text{ cm}^2$, pois estes valores estariam fora dos limites obtidos neste estudo, assim haveria extrapolação dos valores utilizados para o ajuste do modelo podendo levar a predição imprecisa da área foliar (Levine, et al., 2017), entretanto, deve ressaltar que devido a elevada variabilidade do tamanho e número de folhas essa equação pode ser utilizada em um amplo número de amostras. Outro fato relevante, é que apesar da destruição necessária das folhas para o ajuste do modelo, após sua calibragem a área foliar pode ser obtida de maneira simples, sem novas destruições e sem a necessidade de uso de equipamentos específicos como planímetros.

Conclusão

Medidas individuais de apenas uma das dimensões foliares com o comprimento ou a largura não são indicadas para a determinação da área foliar de *Cajanus cajan* (L.) Millspaugh pois se mostraram pouco precisas. O modelo do tipo potencia representado pela equação $AFE = 1,5642 (CL)^{0,9672}$ gerado a partir do produto da multiplicação do comprimento com a largura melhor prediz a área das folhas de *Cajanus cajan* (L.) Millspaugh.

REFERÊNCIAS

Azevedo, R. L.; Riveiro, G. T.; Azevedo, C. L. L. 2007. Feijão Guandu: Uma Planta Multiuso. *Revista da Fapese*, 3, pp. 81-86.

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.

Favarin, J. L.; Dourado Neto, D.; García Y García, A.; Villa Nova, N. A.; Favarin, M. G. G. V. 2002. Equações para a

estimativa do índice de área foliar do cafeeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37, pp. 769-773.

Ferreira, E. B., Cavalcanti, P. P., Nogueira, D. A. 2018. Package 'ExpDes.pt'.

Hallak, R.; Pereira Filho, A. J. 2011. Metodologia para análise de desempenho de simulações de sistemas convectivos na região metropolitana de São Paulo com o modelo ARPS: sensibilidade a variações com os esquemas de advecção e assimilação de dados. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 26, pp. 591 – 608.

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.

Levine, D. M.; Stephan, D. F.; Szabat, K. A. 2017. *Statistic for managers using Microsoft Excel: global edition. (8th ed.)* London: Person. pp. 1-728.

Lopes, M. C.; Andrade, I.; Pedroso, V.; Martins, S. 2004. Modelos empíricos para estimativa da área foliar da videira na casta Jaen. *Ciência e Tecnologia Vitivinicultura*, 19, pp. 61-75.

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. 2019. Estimation of Single Leaf Area of *Acacia mangium* Willd. *International Journal of Plant & Soil Science*, 28, pp. 1-7. □

Pimentel-Gomes, F. 2009. *Curso de estatística experimental (15th ed.)*. Piracicaba, SP: Fealq.

Pompelli, M.F.; Antunes, W.C.; Ferreira, D.T.R.G.; Cavalcante, P.G.S.; Wanderley Filho, H.C.L.; Endres, L. 2012. Allometric models for non-destructive leaf area estimation of *Jatropha curcas*. *Biomass and Bioenergy*, 36, pp. 77-85.

R Core Team. 2019. *R: a language and environment for statistical computing*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing.

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 greenhouse and in the open field. *Fruits*, 72, pp. 24-30.

Silva, S. F.; Cabanez, P. A.; Mendonça, R. F.; Pereira, L. R.; Amaral, J. A. T. 2015. Modelos alométricos para estimativa da área foliar de mangueira pelo método não destrutivo. *Revista Agro@ambiente On-line*, 9, Pp. 86-90. □

Toebe, M.; Cargnelutti Filho, A.; Loose, L.H.; Heldwein, A.B.; Zanon, A.J. 2012. Leaf area of snapbean (*Phaseolus vulgaris* L.) according to leaf dimensions. *Semina*, 33, pp. 2491–2500

Willmott, C. J. 1981. On the validation of models. *Physical Geography*, 2, Pp. 184-194, 1981.
