

Aplicativos e programas de baixo custo que possibilitam mensurar a área foliar

GOMES, H.SOUZA¹; CARVALHO, R.A.N.¹; CARVALHO, M.N.R.¹; LEITE, R.M.C.²; BEZERRA, A.C.³;

¹Discente do Curso de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Serra Talhada;

²Mestrando em Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Serra Talhada;

³Docente do curso de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco – Departamento de Agronomia.

RESUMO

O trabalho teve por objetivo comparar os melhores métodos de estimativa da área foliar do cladódio utilizando diferentes aplicativos de smartphones e programas computacionais para demonstrar a viabilidade e precisão para o uso em campo, tendo um baixo custo. O estudo foi conduzido na Unidade Acadêmica de Serra Talhada da Universidade Federal Rural de Pernambuco. A palma-forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill e *Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck) foi a cultura selecionada para tal estudo. O experimento contou com a utilização de quatro softwares para mensurar a área foliar do cladódio: LAfore (desktop), ImageJ (desktop), Easy Leaf (smartphone) e Petiole (Smartphone, sendo o LAfore considerado como referência. A comparação dos programas utilizou a regressão linear, coeficiente de correlação (r), índice de willmott (d), índice de confiança (c) e o erro padrão de estimativa (EPE). Constatou-se que, os programas/aplicativo de smartphone mais indicado foram o Easy Leaf, onde foi demonstrado um desempenho muito bom, além disso, o ImageJ também apresentou resultados próximos do LAfore, com um desempenho considerado como ótimo.

Palavras-chave: Cladódio; Regressão linear; scanner.

INTRODUÇÃO

A palma-forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill e *Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck), de maneira comumente conhecida por palma-gigante e palma-miúda, tem sido frequentemente utilizada no Nordeste brasileiro e cultivada há várias décadas, por possibilitar a alimentação animal em períodos críticos. Estas espécies possuem características morfofisiológicas -metabolismo fotossintético MAC, estômatos distribuídos uniformemente, entre outros, que as tornam tolerante a longas estiagens (Bispo et al., 2007).

Por sua vez, a área foliar é uma das partes mais importantes constituintes de uma planta, pois é ela que intercepta os raios solares, proporciona a troca de água e a transformação de luz em energia. O processo fotossintético depende da interceptação da

radiação solar e sua conversão em energia química. Portanto, o índice de área foliar (IAF) pode ser considerado um dos parâmetros indicativos de produtividade (FAVARIN et al., 2002). Contudo, a palma forrageira apesar de muito utilizada, há poucos relatos sobre métodos para mensurar a área foliar de uma forma mais prática e de baixo custo, destacando os estudos de Silva et al. (2014) e Pinheiro et al. (2015). Nesse sentido, métodos variados utilizando diferentes aplicativos/programas para calcular o área foliar do cladódio (AFC) é fundamental para melhorar a gestão da produção.

Métodos diretos e indiretos podem ser utilizados para se mensurar o AFC. Os métodos diretos são destrutivos e exigem a retirada da folha ou de outras estruturas, o que pode ser inviabilizado pelo número limitado de plantas na parcela experimental (Carlos Ivan, et al., 2008). Os métodos indiretos são não destrutivos e podem fornecer estimativas precisas da AFC, desde o início até o fim do ciclo da planta (PEKSEN, 2007).

O trabalho teve por objetivo comparar os melhores métodos de estimativa da área foliar do cladódio utilizando diferentes aplicativos de smartphones e programas computacionais para demonstrar a viabilidade e precisão para o uso em campo, tendo um baixo custo.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na Universidade Federal Rural de Pernambuco na Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE/UAST), a região é caracterizada pelo clima tipo BSw'h' – semiárido, quente e seco, com precipitação pluviométrica anual de 657 mm ano⁻¹ e temperatura média anual de 25,8 °C (ALVARES et al., 2013; LINS et al., 2017).

O experimento contou com a utilização de quatro aplicativos/programas para mensurar a área foliar do cladódio (AFC): “*Leaf Area FOR Everyone by Veiko Lehsten*” LAFore desenvolvido pela universidade de Oldenburg-Alemanha; Easy Leaf Area Free, desenvolvido por Easlon e Bloom (2014); ImageJ, programa desenvolvido exclusivamente para computador, Instituto Nacional de Saúde nos Estados Unidos, como apresentado por Schneider et al. (2012); Petiole: Plant Leaf Area, aplicativo para smartphone android, como apresentado por Tuyogon (2020) e Singh et al (2021).

Para tanto, desenvolvemos a avaliação em duas espécies de palma forrageira a Palma miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm Dick). Para a avaliação, coletamos os cladódios de diferentes ordens em duas plantas, sendo 26 da primeira (P1) e 19 da segunda (P2) .

A estimativa da área de cada cladódio, para os programas LAFore e ImageJ, necessitou do uso de um “scanner” comercial (modelo F4280, Marca HP). A partir do qual as imagens obtidas são processadas para estimativa da área. Contudo, estes equipamentos foram desenvolvidos para obter imagens de objetos com espessura fina, como folhas de papel, portanto foram realizadas algumas adaptações, como apresentada por da Silva et al. (2014). A digitalização dos cladódios ocorreu em um ambiente iluminado, utilizamos uma folha de papel A4 branco no lugar da tampa do “scanner”, resolução de 200 dpi (pontos por polegada) e imagens salvas em formato “tif”. A única diferença da imagem direcionado ao ImageJ

consistiu no uso de uma régua em conjunto com o cladódio, uma vez que este programa utiliza a dimensão informada para estimativa da área foliar.

Para a estimativa da área foliar do cladódio com o aplicativo *Easy Leaf Area*, requer um celular com câmera, no qual utilizamos um do modelo Smartphone Xiaomi MiA3. A imagem do cladódio necessita de um papel vermelho com área de 2x2 cm(4cm²) que serve como calibração do aplicativo e estimativa da área foliar (Figura 1). As imagens foram obtidas com cada com um papel do tipo A4 de cor branca, como plano de fundo para contrastar com as cores do cladódio. As imagens foram obtidas a uma altura padrão de 50 cm em relação à superfície com o papel e a planta.

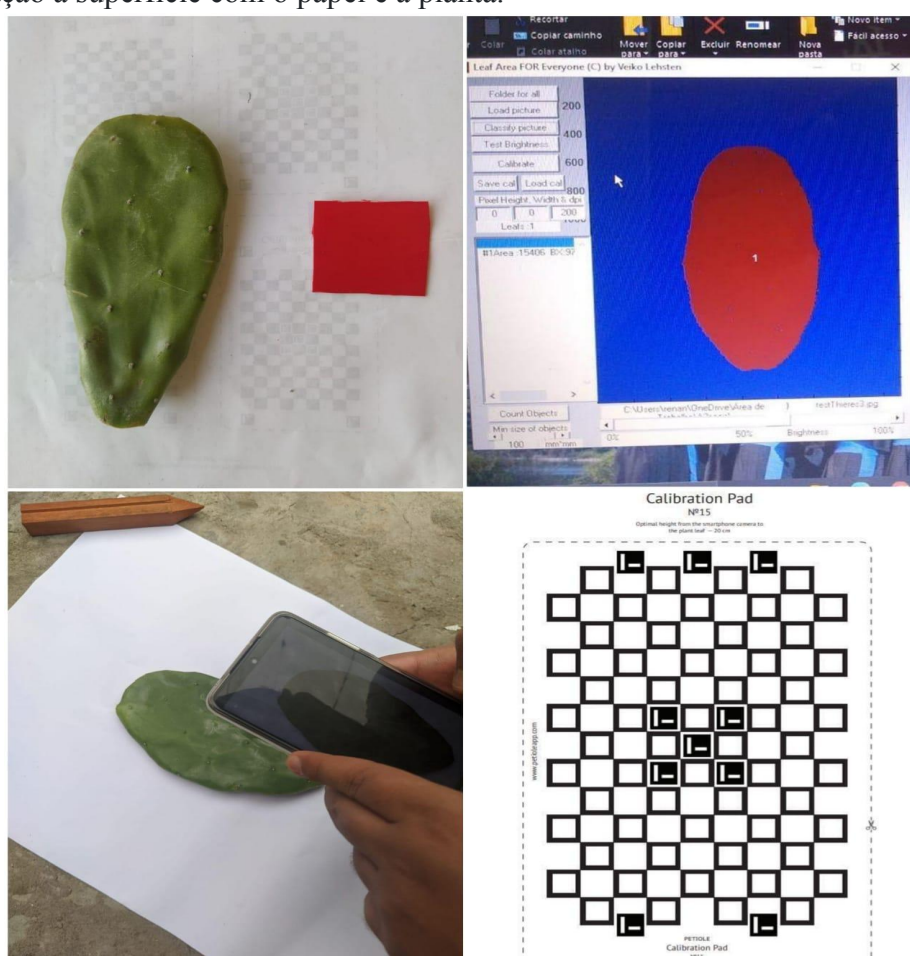


Figura 2 - Estimativa da área foliar do cladódio.

O aplicativo *Petiole* requer, inicialmente, um bloco de calibração, podendo ser para folhas de largura pequena, média e larga (Singh; Kumar; Singh, 2021). Nós utilizamos o bloco de folha larga e o procedimento de obtenção das imagens seguiu o padrão descrito na obtenção do *Easy Leaf*.

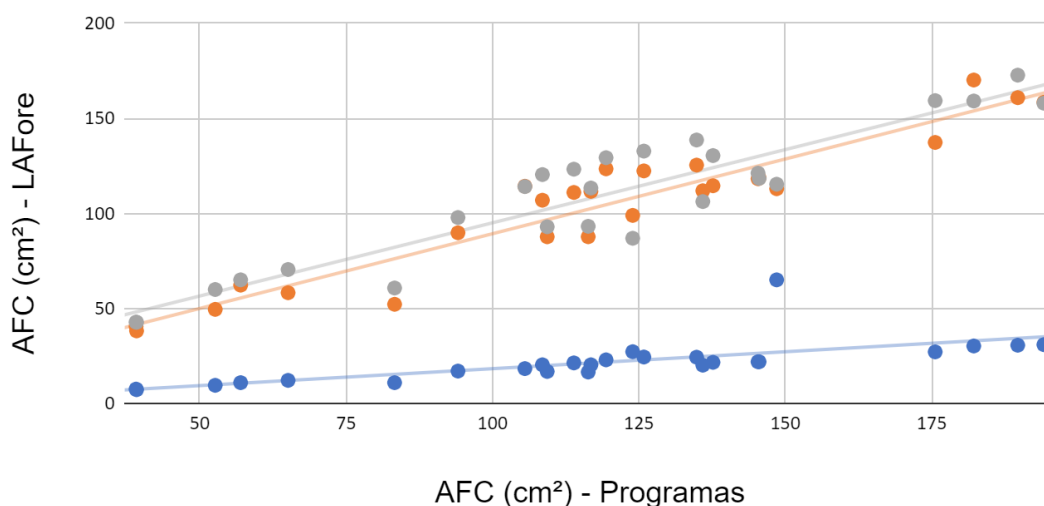
O método utilizado como referência para estimativa da área foliar do cladódio foi o LAFore, uma vez que outros estudos já avaliaram este programa em palmas forrageiras (DA

SILVA et al., 2014; PINHEIRO et al., 2015) A comparação dos programas utilizou a regressão linear, coeficiente de correlação (r), índice de willmott (d), índice de confiança (c) e o erro padrão de estimativa (EPE) (DA SILVA et al., 2014; MATOS et al., 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos demonstram maior consistência para *ImageJ* e *Easy leaf* com o LAFore, sendo a declividade da regressão na média das duas plantas (Figura 2A e 2B) de 0,848 e 0,794, respectivamente. Em contrapartida, o aplicativo *Petiole* apresenta pior desempenho na comparação com o programa de referência, com uma declividade média de 0,281. O coeficiente de determinação das regressões lineares, em média das duas plantas, foi 0,882 para *ImageJ* e 0,869 para o *Easy Leaf*.

A



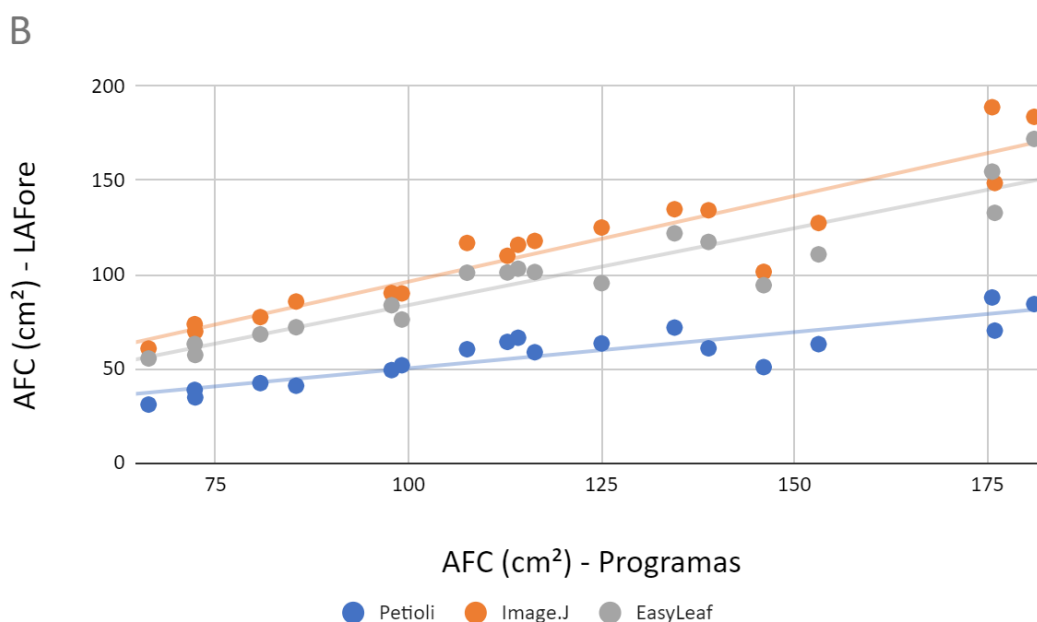


Figura 2 – Gráfico de dispersão e linha de tendência da regressão linear entre os programas (ImageJ, Easy Leaf e Petiole) e a referência (LAFore): (A) Planta 1 – P1; (B) Planta 2 – P2.

A Tabela 1 apresenta os resultados da estatística de ajuste ao programa de referência e o *ImageJ* possui um ajuste melhor em relação à referência, contudo o *Easy Leaf* apresenta um desempenho. Conforme a classificação de Camargo e Sentelhas (1997), o *ImageJ* apresenta um desempenho ótimo e *Easy Leaf* muito bom. Não desenvolvemos a análise da estatística para o *Petiole*, uma vez que os resultados da regressão não apresentaram um bom ajuste (Figura 2).

Estatística	ImageJ	Easy Leaf
r	0,93	0,92
d	0,94	0,92
c	0,88	0,85
Desempenho	Ótimo	Muito bom
EPE	18,03	20,79

O *ImageJ* apresentou um comportamento esperado, com resultados mais ajustados ao método de referência, uma vez que os procedimentos básicos são parecidos, como o uso de “scanner”. Ressalta-se que alguns estudos aplicaram este

programa na estimativa da área foliar em *Schlumbergera truncata* e em suculentas xerófitas da *Zygophyllaceae* (LEYTUR et al., 2021; XU et al., 2020). Contudo, é possível que a capacidade de predição deste programa possa ter sido diminuída em função da resolução da imagem, já que a resolução padrão é de 300 dpi (Easlon e Bloom, 2014; Klingler et al. (2020).

Por sua vez, o *Easy Leaf* é um dispositivo integrado que possibilita a estimativa em mais de um cladódio por vez, dependendo do enquadramento realizado na tomada da imagem. Dessa forma, é possível agilizar o procedimento de obtenção das áreas dos cladódios. Contudo, é necessária atenção à qualidade, pois sua baixa qualidade não permite obter uma grande quantidade de pixels com a mesma qualidade e diminui a capacidade de estimativa da área foliar Klingler et al. (2020).

Por fim, o *Petiole* não permitiu uma estimativa adequada da área, provavelmente em função da altura de obtenção da imagem, próxima a 50 cm, uma vez que se recomenda uma altura entre 5 e 25 cm. Inclusive, Singh, Kumar e Singh (2021) avaliaram o efeito de diferentes alturas, 8,12 e 16 cm, na estimativa da área foliar de *Neem* e rosas com este aplicativo e compararam com método de contagem em grade. Os autores não encontraram diferenças significativas entre as alturas na calibração, contudo os autores desenvolveram as estimativas na faixa de altura recomendada.

CONCLUSÕES

Constatou-se que, os programas/aplicativo de smartphone mais indicado foram o *Easy Leaf*, onde foi demonstrado um desempenho muito bom, além disso, o *ImageJ* também apresentou resultados próximos do *LAfore*, com um desempenho considerado como ótimo. Dessa forma, demonstrando uma ótima confiabilidade e desempenho com relação a estimativa de área foliar do cladódio.

REFERÊNCIAS

- ÁLVARES, CA, STAPE, JL, SENTELHAS, PC, GONÇALVES, JDM, & SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v. 5, n. 1, p. 89–97, 1997.
- DA SILVA, T. G., DE MIRANDA, K. R., DOS SANTOS, D. C., DE QUEIROZ, M. G., SILVA, M. D. C., DA CRUZ NETO, J. F., & ARAÚJO, J. E. Área Do Cladódio De Clones De Palma Forrageira: Modelagem, Análise E Aplicabilidade. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 9, n. 4, p.

633–641, 2014.

EASLON, H. M.; BLOOM, A. J. Easy Leaf Area: Automated digital image analysis for rapid and accurate measurement of leaf area. **Applications in Plant Sciences**, v. 2, n. 7, p. 1400033, 1 jul. 2014.

KLINGLER, A., SCHAUMBERGER, A., VUOLO, F., KALMÁR, LB, & PÖTSCH. Comparison of Direct and Indirect Determination of Leaf Area Index in Permanent Grassland. **PFG – Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science**, v. 88, n. 5, p. 369–378, 20 out. 2020.

LEYTUR, M., GANDOLFO, E., CARNELOS, D., GIARDINA, E., & DI BENEDETTO, A. Biomass accumulation of *schlumbergera truncata* (Haw.) moran (thanksgiving cactus) grown under high pot density. **Journal of the Professional Association for Cactus Development**, v. 23, p. 121–133, 2021.

LINS, FAC, DA SILVA, JLB, DE ALBUQUERQUE MOURA, GB, ORTIZ, PFS, OLIVEIRA, JDA, & ALVES, MVC. Quantile technique to precipitation, rainfall anomaly index and biophysical parameters by remote sensing in Serra Talhada, Pernambuco. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**, v. 7, n. 6, p. 334–344, 2017.

MOREIRA DE MATOS, R., DANTAS NETO, J., SUASSUNA DE LIMA, A., FERREIRA DA SILVA, P., EDICLÉCIA BORGES, V., & GALVÃO SOBRINHO, T. Teor De Umidade Por Diferentes Métodos Em Neossolo Do Semiárido Brasileiro. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 4, p. 1588–1597, 2017.

PINHEIRO, KM, SILVA, TGFD, DINIZ, WJDS, CARVALHO, HFDS, & MOURA, MSBD. Indirect methods for determining the area index of forage cactus cladodes. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 2, p. 163–171, 2015.

SCHNEIDER, C. A.; RASBAND, W. S.; ELICEIRI, K. W. NIH image to ImageJ: 25 year of image analysis. **Natume Methods**, v. 9, n. 7, p. 671–675, 2012.

SINGH, J.; KUMAR, A.; SINGH, L. Performance of the petiole mobile application on the leaf area estimation as varied with calibration height. **The Pharma Innovation**, v. 10, n. 4S, p. 337–341, 2021.

TUYOGON, D. S. J. **Bio-uptake of metalloids (inorganic antimony and arsenic) by plants and development of electroanalytical methods for antimony detection and speciation.**

Liverpool: University of Liverpool, 31 ago. 2020.

XU, X., CHEN, N., FENG, J., ZHOU, M., HE, J., ZOU, Y., ... & JENKS, MA. Comparative analyses of leaf cuticular lipids of two succulent xerophytes of the Ordos Plateau (Gobi Desert), *Tetraena mongolica maxim* and *Zygophyllum xanthoxylum* (Bunge) Engl. **Environmental and Experimental Botany**, v. 177, p. 104129, 1 set. 2020.

BISPO, S. V., FERREIRA, M. D. A., VÉRAS, A. S. C., BATISTA, Â. M. V., PESSOA, R. A. S., & BLEUEL, M. P. Palma forrageira em substituição ao feno de capim-elefante. Efeito sobre consumo, digestibilidade e características de fermentação ruminal em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.1902-1909, 2007.