

PREDIÇÃO DA ÁREA FOLIAR UTILIZANDO UMA FORMA GEOMÉTRICA PLANA COMO MODELO ANÁLOGO ESTIMATIVO

Rogério Antonio Krupek

Universidade Estadual do Paraná,
campus de União da Vitória.
Colegiado de Ciências Biológicas.
E-mail: rogerio.krupek@unespar.edu.br.

Ricardo Gonçalves

Licenciado em Ciências Biológicas.
Universidade Estadual do Paraná,
campus de União da Vitória.
E-mail: ricardogoncalves2112@gmail.com

RESUMO

Muitos estudos já foram desenvolvidos buscando utilizar medidas lineares, aplicadas a equações matemáticas, como forma de estimar a área foliar em diferentes espécies. Neste estudo, sugerimos a utilização da área de uma forma geométrica plana como modelo análogo para obtenção da área foliar de três espécies arbóreas. A forma geométrica utilizada foi a elipse e as espécies, cujas folhas aproximam-se a este formato são *Lithaea brasiliensis*, *Myrsine umbellata* e *Sebastiania commersoniana*. Um total de 100 folhas de cada espécie foram fotografadas e inseridas no programa Image J, onde foram obtidas as medidas de raio foliar (maior e menor eixo) e a área foliar medida. Posteriormente, as medidas de raio foram utilizadas para a obtenção da área foliar estimada utilizando a fórmula básica para o cálculo da área de uma elipse. Os resultados mostraram correlação entre a área medida e estimada, além de altos valores de índice de concordância e confiança. Com base nisto, podemos considerar a utilização deste tipo de ferramenta para a determinação estimada da área foliar para estas espécies.

Palavras-chave: Folha. Elipse. Estrutura foliar. Estimativa.

LEAF AREA PREDICTION USING A FLAT GEOMETRIC SHAPE AS AN ESTIMATE ANALOGUE MODEL

ABSTRACT

Several studies have already been developed seeking to use linear measures, applied to mathematical equations, as a way to estimate the leaf area in different species. In this study, we suggest using the area of a simple geometric shape as an analogous model to obtain the leaf area of three tree species. The geometric shape used was the ellipse and the species whose leaves are close to this shape are *Lithaea brasiliensis*, *Myrsine umbellata* and *Sebastiania commersoniana*. A total of 100 leaves of each species were photographed and inserted into the Image J program, where measurements of leaf radius (major and minor axis) and the measured leaf area were obtained. Subsequently, radius measurements were used to obtain the estimated leaf area using the basic formula for calculating the area of an ellipse. The results showed a correlation between the measured and estimated area, in addition to high concordance and confidence index values. Based on this, we can consider the use of this type of tool for the estimated determination of the leaf area for these species.

Key words: Leaf. Ellipse. Leaf structure. Estimate.

1. INTRODUÇÃO

Dentre os diferentes órgãos vegetais, já amplamente variáveis estruturalmente, a folha pode ser considerada como aquele que apresenta maior variação estrutural (MARQUES et al., 1999). Dentre as características morfológicas da folha, a área foliar está entre aquelas que apresentam maior grau de plasticidade (BOEGER et al., 2008). Considerando que a folha corresponde a um dos mais importantes órgãos da planta, devido suas funções vitais (p.ex. fotossíntese, trocas gasosas, transpiração), possíveis alterações na sua estrutura podem ser relacionadas a condições ambientais específicas.

Considerando a comum variação na morfologia da folha, a obtenção de medidas adequadas torna-se um desafio. Neste sentido, qualquer método que auxilie neste processo é relevante. Dentre estas medidas, a área foliar é de extrema importância para a análise do crescimento e desenvolvimento da planta. O uso de modelos matemáticos para a estimativa da área foliar tem se tornado uma alternativa interessante, pois é um método não destrutivo e de fácil utilização. Além disso, tem se mostrado adequado para utilização em muitas espécies vegetais (p.ex. laranja - MAZZINI et al., 2010; mangueira - LIMA et al., 2012; abacaxi - FRANCISCO et al., 2014; maracujá - SCHMILDT et al., 2016).

Embora a utilização de equações para estimativa da área foliar ser comum e bem documentada, a utilização de fórmulas baseadas em figuras geométricas é muito rara (p.ex. KRIEGER, 2014). Embora muitas espécies apresentem folhas com formatos que lembram

formas geométricas simples (circular, elíptica, piramidal), a tentativa de obtenção da área a partir destes modelos não é comum. O uso deste tipo de método é ainda mais prático e rápido que a utilização de equações ajustadas, pois não depende da produção de modelos matemáticos, mas apenas da obtenção de algumas métricas simples (p.ex. comprimento e largura da folha) e posterior aplicação na fórmula da área da forma geométrica correspondente.

Levando em conta tal pressuposto, objetivamos neste trabalho averiguar a possibilidade de uso da fórmula para cálculo da área de uma elipse para estimar a área foliar de plantas que apresentam folhas com o formato próximo a esta forma geométrica. Para tanto foram selecionadas três espécies que se encaixam nesta categoria: *Lithaea brasiliensis* Marchand (Anacardiaceae), *Myrsine umbellata* Mart. (Primulaceae) e *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L. B. Sm. & Downs (Euphorbiaceae).

2. METODOLOGIA

As folhas utilizadas neste estudo foram coletadas de populações pertencentes a três diferentes espécies (*Lithaea brasiliensis* Marchand, *Myrsine umbellata* Mart. e *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L. B. Sm. & Downs) ocorrentes no município de Canoinhas, localizada no planalto norte de Santa Catarina. A escolha das espécies foi realizada considerando o formato das folhas que se aproximam de uma elipse (oblongas em *L. brasiliensis*; ovadas em *M. umbellata*; elípticas-lanceoladas em *S. commersoniana*) (Figura 1).

Um total de cem folhas foram coletadas de cada uma das espécies, sendo que foram utilizadas as folhas que se apresentavam íntegras, sem deformações oriundas de fatores distintos como, por exemplo, deficiência nutricional, pragas ou doenças. As folhas retiradas das árvores foram acondicionadas em sacos plásticos e levadas ao laboratório onde foram obtidas imagens fotográficas de cada uma das folhas. Posteriormente, as imagens foram inseridas no

programa Image J, onde passaram por um tratamento digital. As folhas foram transformadas em escala de preto e branco e calculada a área da cor preta da imagem. Este processo foi realizado para as 300 imagens em questão. Os valores do raio maior e menor foram obtidos utilizando-se o próprio programa Image J, tomando-se como base uma medida padrão de 5cm obtida juntamente com a imagem digital da folha amostrada (Figura 2).

Figura 1 – Imagem do ramo e detalhe da folha de *Lithaea brasiliensis* (a) *Myrsine umbellata* (c) e *Sebastiania commersoniana* (c) coletadas no município de Canoinhas - SC e utilizadas neste estudo.

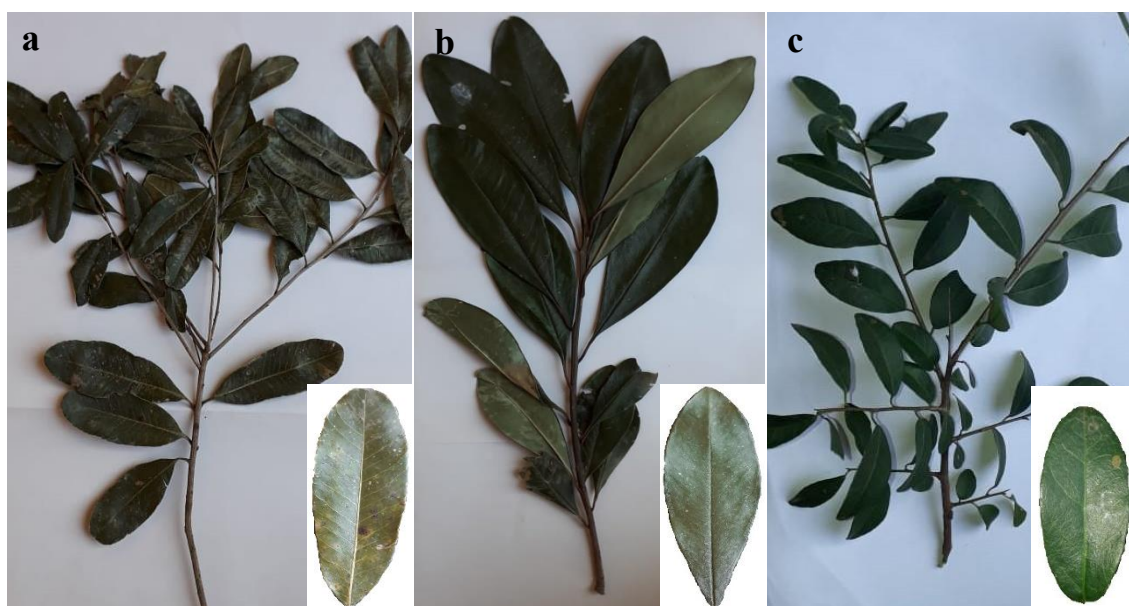
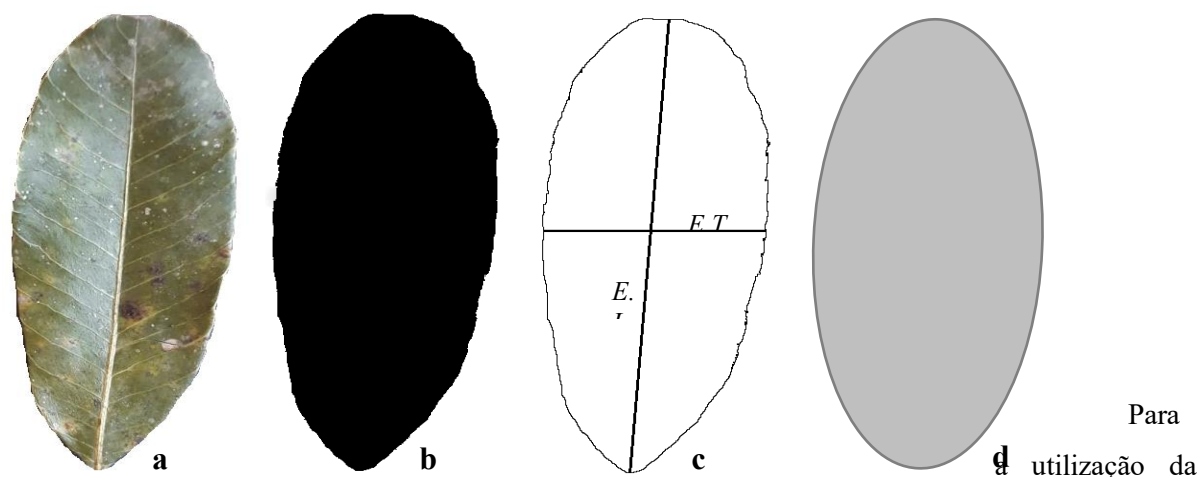


Figura 2. Modelo esquemático dos procedimentos utilizados na preparação das folhas para a análise da área foliar, sendo: a) imagem digital da folha; b) imagem monocromática para cálculo da área; c) medida dos eixos longitudinal (E.L.) e transversal da folha (E.T.); d) comparativo da folha com uma elipse perfeita.



elipse como modelo de predição da área foliar, foi assumido que as folhas das três espécies possuem uma área igual a esta forma geométrica plana. Assim sendo, a área foliar foi estimada utilizando a fórmula básica para o cálculo da área de uma elipse, qual seja:

$$A = a \cdot b \cdot \pi$$

Onde: A = área; a = raio do maior eixo (longitudinal); b = raio do menor eixo (transversal); $\pi = 3,14$

Para testar o desempenho e acurácia da elipse como modelo de obtenção da área foliar foi realizada uma análise de correlação (utilizando o coeficiente de correlação r de Pearson) entre os valores observados (obtido através da análise de imagem) e estimados (utilizando a fórmula da área de uma elipse). Tal análise indica a precisão e dispersão dos valores em relação à média. Segundo Camargo & Camargo (2000), o coeficiente de correlação, embora indique alta precisão, pode apresentar erros sistemáticos resultando em informações erradas. Desta forma, utilizamos aqui também o índice de concordância (Robinson e Hubbard, 1990), o qual é representado pela fórmula abaixo:

$$d = 1 - \left[\frac{\sum (P_i - O_i)^2}{\sum (|P_i - O| + |O_i - O|)^2} \right]$$

Onde: d = índice de concordância; P_i = valores estimados; O_i = valores observados; O = média dos valores observados.

Os valores de concordância (d) variam de 0 a 1, considerando a presença de nenhuma concordância e concordância perfeita, respectivamente.

Por fim, para agregar as informações obtidas para os dois índices acima descritos, utilizamos ainda o índice de confiança (CAMARGO & CAMARGO, 2000), o qual é representado pela equação abaixo:

$$c = r \cdot d$$

onde: c = índice de confiança; r = coeficiente de correlação; d = índice de concordância.

Os valores do índice de confiança variam de 0 a 1, sendo que $c=0$ significa confiança nula e $c=1$ significa confiança perfeita.

Possíveis diferenças entre as áreas foliares medidas e estimadas foram ainda averiguadas utilizando-se o teste t de Student, para cada uma das espécies avaliadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores nominais obtidos tanto para a área foliar medida (análise de imagem) quanto para a área estimada (área da elipse) encontram-se na tabela 1.

Aparentemente, os valores estimados obtidos foram levemente maiores que aqueles medidos pelo programa de análise de imagem para todas as espécies (Tabela 1). Tal fato pode ser explicado pelas características foliares, como por exemplo as regiões de ápice e principalmente na base, que normalmente apresentam, mesmo em folhas com formato aparentemente elíptico, leves diminuições do ângulo perimétrico, para fins de ajuste de inserção ao pecíolo. Mesmo assim, as medidas estiveram todas muito próximas, principalmente para *L. brasiliensis* e *S. commersoniana*, cujos valores médios diferiram em torno de apenas 1 cm². As maiores diferenças médias foram obtidas para as áreas foliares de *M. umbellata*, provavelmente devido a imensa

variação no tamanho das folhas avaliadas (Tabela 1). Em um estudo utilizando medidas lineares para obtenção da área foliar, Moraes et al. (2013) também obtiveram valores estimados levemente maiores que os valores medidos para as cinco espécies (*Psidium cattleianum*, *Leandra*

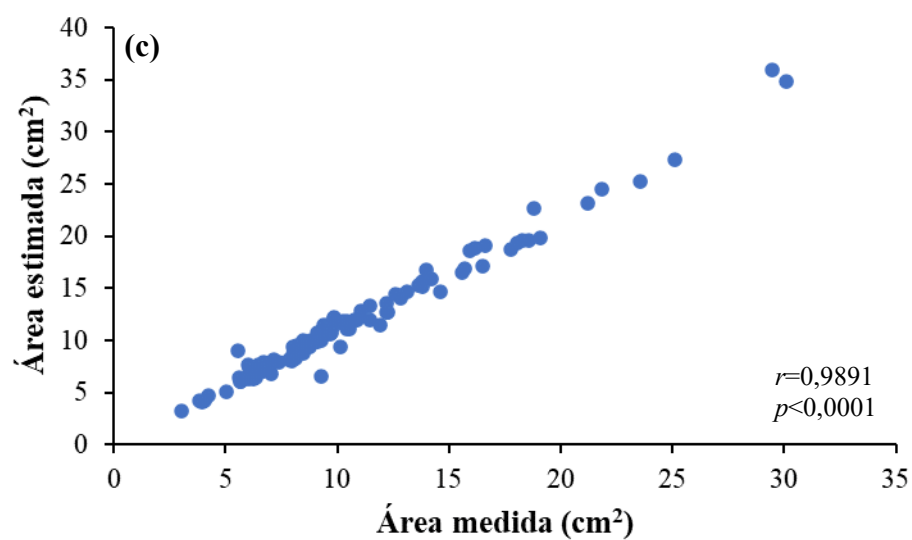
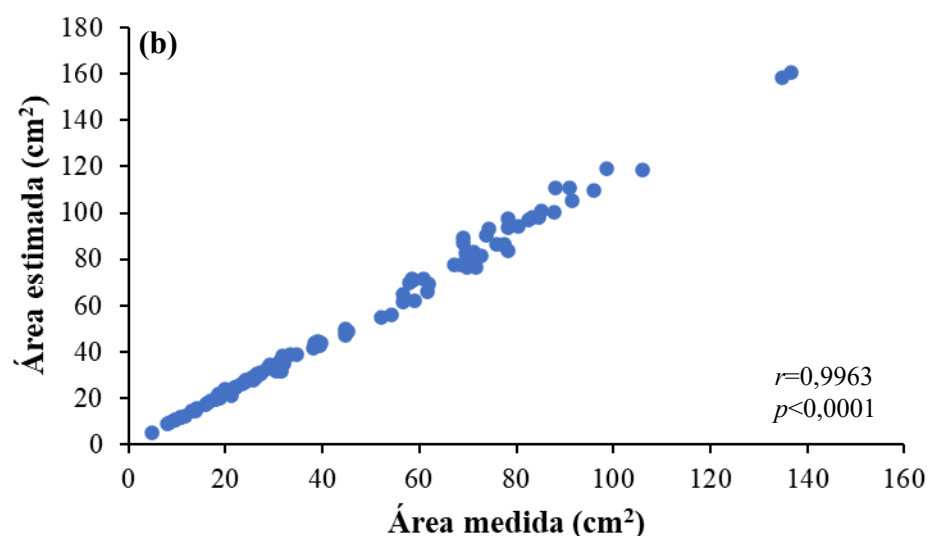
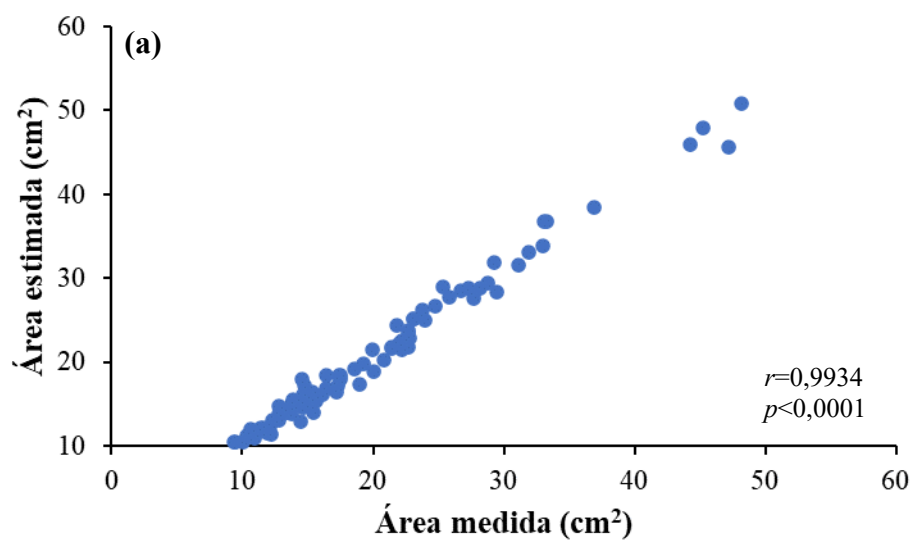
australis, *Sebastiania commersoniana*, *Miconia sellowiana* e *Psychotria suterella*) avaliadas.

A relação entre os valores obtidos para as duas técnicas de medidas da área está apresentada na figura 3.

Tabela 1 - Valores nominais (mínimo, máximo, média e desvio padrão) da área foliar medida (AM) e estimada (AE) para as três espécies avaliadas. Valores em cm².

Valores	<i>Lithaea brasiliensis</i>		<i>Myrsine umbellata</i>		<i>Sebastiania commersoniana</i>	
	AM	AE	AM	AE	AM	AE
Mínimo	3,97	4,13	4,80	4,85	3,00	3,25
Máximo	48,15	50,75	136,58	160,54	30,11	35,95
Média	18,73	19,45	47,13	54,03	10,83	11,98
Desvio padrão	8,97	9,36	29,48	35,04	5,26	5,99

Figura 3 - Relação obtida a partir do teste de correlação entre a área foliar medida (via programa Image J) e área foliar estimada (área da elipse) para as espécies *Lithaea brasiliensis* (a) *Myrsine umbellata* (c) e *Sebastiania commersoniana* (c).



área foliar para estas três espécies. O bom desempenho obtido revela que este mecanismo simples pode auxiliar na obtenção desta medida morfoestrutural. Os índices de concordância e confiança (Tabela 2) reforçam os resultados e comprovam a eficiência do uso da fórmula apresentada.

Os resultados obtidos a partir do teste de correlação demonstram a acurácia da utilização da área da elipse como mecanismo para estimar a

Tabela 2 - Valores obtidos para determinação da acurácia e desempenho da fórmula com base na área da elipse para estimativa da área foliar em *Lithaea brasiliensis*, *Myrsine umbellata* e *Sebastiania commersoniana*.

Espécies	Testes de desempenho		
	Correlação (r) <i>p</i> <0,001	Índice de concordância (d)	Índice de confiança (c)
<i>Lithaea brasiliensis</i>	0,993	0,999	0,992
<i>Myrsine umbellata</i>	0,996	0,995	0,991
<i>Sebastiania commersoniana</i>	0,989	0,997	0,986

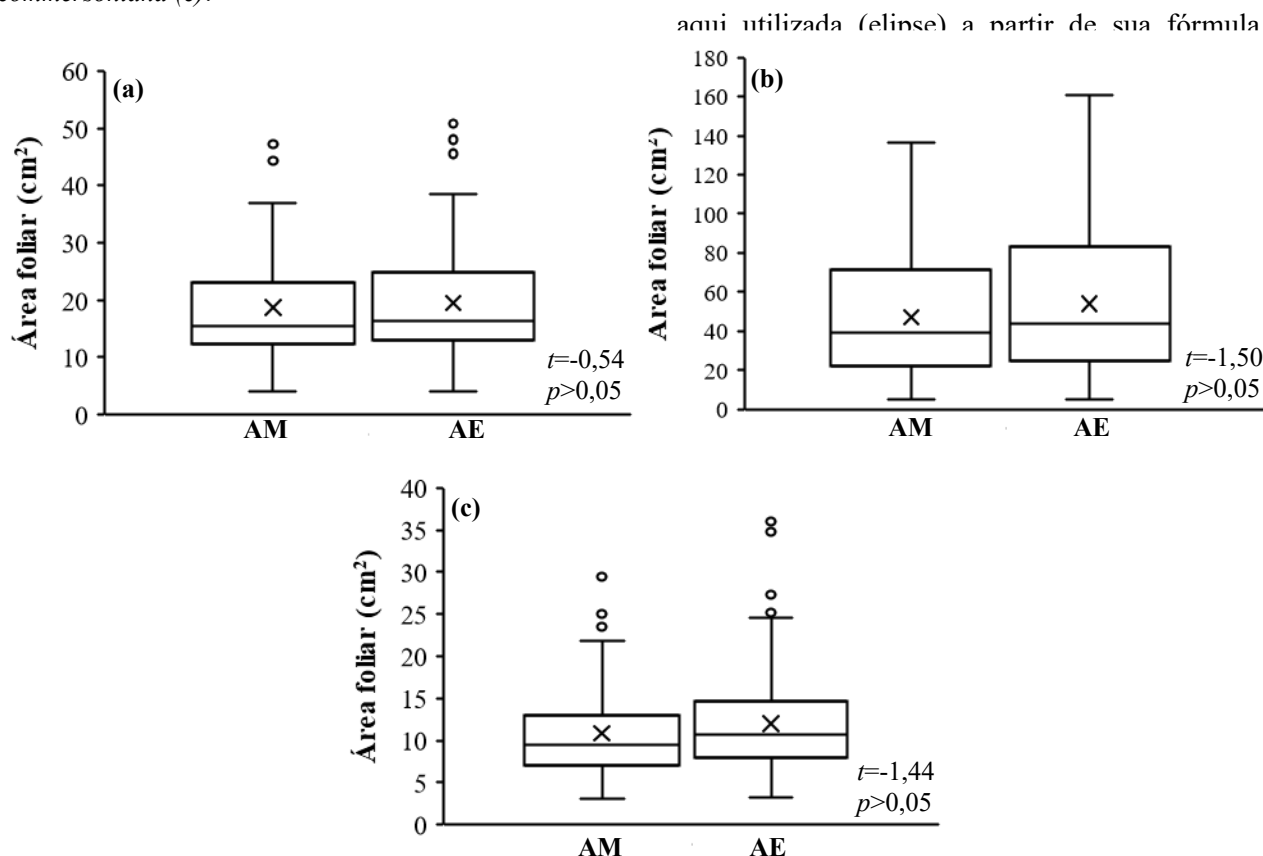
Os índices aqui obtidos beiram a perfeição (tanto *d* quanto *c* muito próximos a 1). Lavanhole et al. (2016) encontraram valores de índice de concordância variando entre 0,12 e 0,98 para área foliar estimada de *Aechmea blanchetiana*, considerando valores entre 0,70 e 0,74 como adequados para tal determinação. Além disso, Marrocos et al. (2010) consideraram valores acima de 0,85 de índice de concordância como sendo satisfatório e eficiente para a estimativa da área foliar de *Beta vulgaris*. Para Lavanhole et al. (2016), o formato da folha de cada espécie deve interferir nos valores de índice de concordância. Lima et al. (2012), analisando a área foliar de *Magnifera indica* concluíram que a ausência de polimorfismo foliar aliado ao formato da folha (lanceolado) favorece a obtenção de valores estimados de área foliar mais adequados. Considerando a alta variação no

tamanho das folhas avaliadas neste estudo (Tabela 1), os resultados obtidos ressaltam o bom desempenho da utilização da fórmula da área para uma elipse como ferramenta para

determinação da estimativa da área foliar de *Lithaea brasiliensis*, *Myrsine umbellata* e *Sebastiania commersoniana*.

Por fim, para averiguar possíveis diferenças estatísticas entre as duas técnicas de amostragem, o teste *t* de Student confirmou os dados acima amostrados apontando para uma possibilidade de utilização da fórmula para o cálculo da área de uma elipse como meio de estimativa para a área foliar destas três espécies (Figura 4).

Figura 4 - Valores (mínimo, máximo, 1º e 3º quartis, mediana e média) comparativos entre a área foliar medida (AM) e área foliar estimada (AE) para as espécies *Lithaea brasiliensis* (a), *Myrsine umbellata* (b) e *Sebastiania commersoniana* (c).



A ausência de diferenças estatísticas ($p > 0,05$) entre os valores obtidos para a área foliar medida e estimada pela área da elipse confirmam o bom desempenho da mesma e sua possível indicação para utilização em plantas que apresentam folhas no formato elíptico como as três espécies aqui utilizadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos neste estudo confirmam a possibilidade de utilização de mecanismos simples para a obtenção de medidas morfoestruturais em plantas. A forma geométrica

uma elipse. Além disso, esta é uma representação de um método extremamente simples e de fácil acesso e aplicação, inclusive em campo, obtendo-se medidas rápidas sem a necessidade de equipamentos específicos ou a destruição das folhas.

REFERÊNCIAS

- BOEGER, M.R.T.; GLUZEZAK, R.M.; PIL, M.W.; GOLDENBERG, R.; MEDRI, M. Variabilidade morfológica foliar de *Miconia sellowiana* (DC) Naudin (Melastomataceae) em diferentes fitofisionomias no estado do Paraná. **Brazilian Journal of Botany**, v.31, n.3, p.443-452, 2008.
- FRANCISCO, J.P.; DIOTTO, A.V.; FOLEGATTI, M.V.; SILVA, L.D.B.; PIEDADE, S.M.S. Estimativa da área foliar do abacaxizeiro cv. Vitória por meio de relações alométricas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.36, n.2, p.285-293, 2014.
- KRIEGER, J. D. A protocol for the creation of useful geometric shape Metrics illustrated with a newly derived geometric Measure of leaf circularity. **Applications in Plant Sciences**, v.2, n.8, p.1-6, 2014.
- 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.
- LIMA, R.T.; SOUZA, P.J.O.P.; RODRIGUES, J.C.; LIMA, M.J.A. Modelos para estimativa da área foliar da mangueira utilizando medidas lineares. **Revista Brasileira Fruticultura**, v.34, n.4, p.974-980, 2012.
- MARQUES, A.R.; GARCIA, Q.S.; FERNANDES, G.W. Effects of sun and shade on leaf structure and sclerophylly of *Sebastiania myrtilloides* (Euphorbiaceae) from Serra do Cipó, Minas Gerais, Brazil. **Boletim Botânico**, v.18, p. 21-27, 1999.
- MARROCOS, S.T.P.; DANTAS, M.S.M.; DOMBROSKI, J.L.D.; LUCENA, R.R.M.; BATISTA, T.M.V. Análise comparativa de métodos de estimativa de área foliar em beterraba. **Revista Verde**, v. 5, n. 5, p. 140-146, 2010.
- MAZZINI, R.B.; RIBEIRO, R.V.; PIO, R.M. A simple and non-destructive model for individual leaf area estimation in Citrus. *Fruits*, Cambridge, v.65, n.5, p.269-275, 2010.
- MORAES, L.; SANTOS, R.K.; WISSER, T.Z.; KRUPPEK, R.A. Avaliação da área foliar a partir de medidas lineares simples de cinco espécies vegetais sob diferentes condições de luminosidade. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 11, n.4, p.381-387, 2013.
- SCHMILDT, E.R.; NEGRIS, F.S.; CESANA JÚNIOR, E.; SCHMILDT, O.; ALEXANDRE, R.S. Equações para estimar área foliar de maracujá amarelo. **Nucleus**, v.13, n.1, 97-104, 2016.