

ESTIMATIVA DA ÁREA FOLIAR DA CAMOMILA COM O USO DO IMAGEJ

Jocélia Rosa da Silva¹
Arno Bernardo Heldwein²
Daniella Moreira Salvadé³
Andressa Janaína Puhl⁴
Adriana Almeida do Amarante⁵
Gabriel Franke Brixner⁶

RESUMO: A camomila é uma planta amplamente utilizada para diferentes fins, com destaque para o uso medicinal devido suas propriedades farmacológicas. As suas folhas são pequenas, pinadas e com segmentos lineares, o que dificulta a mensuração de sua área foliar. Existem vários métodos utilizados para obter a área foliar das plantas, sendo eles, de forma direta ou indireta. Entre esses, o método indireto pelo uso de fotografia das folhas e utilização de um software para o cálculo, pode vir a ser mais prático e resultar em menor custo. A partir da mensuração da área foliar da camomila, é possível analisar o crescimento e desenvolvimento da cultura, e conseqüentemente a produtividade de capítulos florais. Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho do software ImageJ, e obter um modelo de estimativa de área foliar através da área foliar medida ImageJ. O experimento foi conduzido na área experimental do Departamento de Fitotecnia, localizado na Universidade Federal de Santa Maria. O experimento contou com 28 parcelas em sete diferentes espaçamentos entre plantas (0,05, 0,10, 0,15, 0,20, 0,25, 0,30, 0,40 m) e 0,30 m entre as fileiras, semeadas em duas épocas (18 de março e 30 de junho de 2017), sendo a coleta das plantas realizada na fase vegetativa e reprodutiva das plantas. Para a obtenção do modelo de estimativa de área foliar da camomila, metade dos dados foram utilizados para o ajuste do modelo e a outra metade para a avaliação do modelo. A área foliar específica encontrada foi de 246 cm² g⁻¹, não diferindo entre as datas de semeadura, densidade de plantas e fase fenológica de coleta de plantas. A área foliar obtida através do uso do software ImageJ mostra tendência de superestimava da área foliar da camomila, apresentando alta precisão mas exatidão afetada, o que torna necessário a obtenção de um modelo de estimativa da área foliar. A área foliar estimada pelo modelo oriundo da relação entre a área foliar medida pelo integrador de área foliar e pelo ImageJ, obteve alta correlação com a área foliar observada pelo integrador, apresentando baixa dispersão dos

¹ Eng. Agrônoma, Me. em Agronomia, Doutoranda no Programa de Pós Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria.

² Eng. Agrônomo, Dr. em Agronomia, Professor no Programa de Pós Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria.

³ Graduanda em Agronomia na Universidade Federal de Santa Maria.

⁴ Eng. Agrônoma, Mestranda em Agronomia no Programa de Pós Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria.

⁵ Eng. Agrônoma, Mestranda no Programa de Pós Graduação em Fitossanidade na Universidade Federal de Pelotas

⁶ Eng. Agrônomo, Dr. em Agronomia, Professor no Colégio Agrícola De Uruguaiana.

Revista da 15ª Jornada de Pós graduação e Pesquisa. ISSN: 2526-4397

Submetido: 26/08/2018 Avaliado: 05/10/2018.

Congrega Urcamp, vol. 15, nº15, ano 2018.

dados, elevado coeficiente de determinação, demonstrando que o modelo possui alta precisão na estimativa e deve ser utilizado para a estimativa de área foliar da camomila quando se há disponíveis dados de área foliar medidos pelo ImageJ.

Palavras-chave: *Chamomilla recutita*, área foliar específica, datas de semeadura.

LEAF AREA ESTIMATION IN CHAMOMILE WITH THE USE OF THE IMAGEJ

ABSTRACT: Chamomile is a plant widely used for different purposes, with emphasis on medicinal use due to its pharmacological properties. Its leaves are small, pinned and with linear segments, which makes it difficult to measure its leaf area. There are several methods used to obtain the leaf area of the plants, being they, directly or indirectly. Among these, the indirect method of using the leaves' photograph and using software for the calculation can be more practical and result in a lower cost. From the measurement of the leaf area of chamomile, it is possible to analyze the growth and development of the crop, and consequently the productivity of floral chapters. Thus, the present work aims to evaluate the performance of the ImageJ software, and to obtain a model of leaf area estimation through the measured leaf area ImageJ. The experiment was performed in the experimental area of the Department of Plant Science in the Federal University of Santa Maria, conducted in two sowing dates (March 18 and June 30, 2017) at different plant densities (66, 33, 22, 16, 13, 11 and 8 plants m⁻²). The leaves of chamomile plants were collected in the plant vegetative and reproductive phases. In order to obtain the chamomile leaf area estimation model, half of the data were used to fit the model and the other half to evaluate the model. The specific leaf area was 246 cm²g⁻¹, with no differences between sowing dates, plant densities and phenological phases of plant collection. The leaf area obtained through the use of the ImageJ software shows a tendency to overestimate the leaf area of the chamomile, presenting high accuracy but affected accuracy, which makes it necessary to obtain a model of leaf area estimation. The leaf area estimated by the model from the relationship between the leaf area measured by the leaf area integrator and ImageJ, obtained a high correlation with the leaf area observed by the integrator, presenting low data dispersion, high coefficient of determination, showing that the model has high accuracy in the estimation and should be used for the estimation of the leaf area of the chamomile when there is available leaf area data measured by ImageJ.

Keywords: *Chamomilla recutita*, specific leaf area, sowing date.

INTRODUÇÃO

A camomila é uma planta da família Asteraceae, utilizada para fins medicinais, aromáticos, ornamentais e em cosméticos. Destaca-se pelas suas propriedades farmacológicas de ação anti-inflamatória, anti-espasmódica, calmante e adstringente (ALMEIDA, 2011). É uma planta com ampla dispersão no mundo devido sua grande adaptabilidade de cultivo (SALIMI; SHEKARI; HAMZEI, 2014) com destaque para a sua produção na Europa Central, América do Sul e África

(SINGH et al., 2011). No Brasil, sua produção concentra-se no estado do Paraná, sendo a espécie medicinal com maior área de plantio envolvendo pequenos agricultores (CORRÊA JÚNIOR; SCHEFFER, 2014). Mesmo assim, há poucos estudos de base ecofisiológica e de análise de crescimento que permitam fundamentar melhor o manejo de cultivo.

A área foliar específica (AFE) é a razão entre a superfície de captura de luz de uma folha por unidade de investimento de massa seca. A AFE é um parâmetro importante para a avaliação do crescimento e desenvolvimento da planta, sendo sua variação depende, por exemplo, da densidade populacional. Geralmente, a área foliar específica aumenta até um máximo, decrescendo após algum tempo, sobretudo em função da senescência das folhas mais velhas.

Outra variável muito importante para a avaliação do crescimento das plantas é o índice de área foliar (IAF), sendo esta a área foliar do dossel por unidade de superfície projetada no solo, representando a capacidade da planta em explorar o espaço disponível a ela. A fotossíntese é dependente da interceptação da radiação solar e está por sua vez é diretamente condicionada ao IAF das plantas, sendo o processo fotossintético dependente da interceptação da energia luminosa e a sua conversão em energia química (TAIZ; ZEIGER, 2013). Assim, deseja-se que a planta atinja o mais rápido possível o maior índice de área foliar, para que ocorra o fechamento do dossel no espaço entre as linhas de plantas, reduzindo a competição por plantas daninhas e aumentando a proteção do solo contra erosão. O conhecimento do índice de área foliar também viabiliza tomadas de decisão mais precisas relacionadas ao manejo da cultura, como adubação, espaçamento entre plantas, data de semeadura, manejo fitossanitário, entre outros.

A planta de camomila apesar de ser a planta medicinal de maior expressão na economia brasileira, são poucos os trabalhos que avaliam seu crescimento, principalmente pela dificuldade de mensuração de sua área foliar. A dificuldade de mensurar a área foliar está relacionada ao tamanho pequeno das folhas, que além disso são pinadas com segmentos lineares, o que torna a mensuração ou mesmo a estimativa onerosa e trabalhosa por métodos diretos.

Dispõe-se de muitos métodos diretos e indiretos para medir e/ou estimar a área foliar das plantas, em que nos métodos diretos são realizadas medições diretamente na folha e nos indiretos utilizam-se alguma variável que tenha correlação com a área foliar medida, em um modelo matemáticos com coeficientes determinados experimentalmente. Dentre os métodos mais utilizados e

convencionais para a determinação da área foliar estão o método das dimensões foliares, o método de disco foliares e o integrador de área foliar, porém o uso de imagens digitais vem se apresentando como mais prática e menos onerosa, sem resultar em perda significativa da precisão na determinação da área foliar.

Sendo a área foliar uma importante medida de avaliação do crescimento vegetal, o presente trabalho tem como objetivo testar o uso do software “ImageJ” na mensuração da área foliar da camomila, e obter um modelo de estimativa da área foliar que relacione os dados de área foliar obtidos através do ImageJ com os obtidos com integrador eletrônico de área foliar.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (latitude: 29° 43' 23”S, longitude: 53° 43' 15”W e altitude: 95 m). O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo fundamental Cfa, caracterizado como subtropical úmido com verão quente e precipitação pluvial distribuída de forma uniforme nas quatro estações do ano (HELDWEIN et al., 2009). O solo da área experimental pertence à Unidade de Mapeamento São Pedro, sendo classificado como Argissolo Vermelho Distrófico Arênico (STRECK et al., 2008).

As sementeiras ocorreram nos dias 18 de março e 30 de junho de 2017, utilizando a cultivar Mandirituba, sendo a distribuição das sementes realizada em linhas distanciadas 0,30 m entre si, após prévia aragem e gradagem da área. A adubação da cultura foi realizada com base na análise de solo e na necessidade da cultura da camomila (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC, 2016). Capinas eventuais foram efetuadas ao longo do ciclo da camomila, a fim de evitar danos por competição de plantas daninhas, sendo o controle das plantas daninhas o único trato cultural realizado. Durante o transcorrer do experimento não houve incidência de pragas e doenças, não sendo necessário intervir para proteção das plantas. Instalou-se sistema de irrigação por gotejamento em toda a área para que não ocorresse déficit hídrico e as plantas expressassem seu máximo potencial produtivo em relação às condições hídricas.

Após a emergência das plantas nas duas datas de sementeira foi realizado o desbaste dos excedentes para obter o número estabelecido de plantas dos tratamentos com diferentes densidades de plantas. O espaçamento entre linhas

adotado foi de 0,30 m e entre plantas nas fileiras de 0,05, 0,10, 0,15, 0,20, 0,25, 0,30, 0,40 m., totalizando densidades de 66 plantas m⁻², 33 plantas m⁻², 22 plantas m⁻², 16 plantas m⁻², 13 plantas m⁻², 11 plantas m⁻², e 8 plantas m⁻², respectivamente. Em cada uma das duas datas de semeadura o experimento constou de 28 parcelas, com quatro repetições para cada uma das sete diferentes densidades de plantas. Cada unidade experimental foi composta por 10 fileiras de plantas, com dimensões de 3 x 3 m, perfazendo uma área total de 9,0 m² e área útil de 4 m².

Foram realizadas seis coletas de duas plantas por parcela de cada uma 28 parcelas, nas duas datas de semeaduras, sendo três realizadas no estágio vegetativo e as outras três no estágio reprodutivo. Deste modo o experimento foi organizado no delineamento inteiramente casualizado, em esquema trifatorial. O fator A foi composto pelas datas de semeadura (18/03 e 30/06/2017), o fator B por diferentes densidades de plantas (66, 33, 22, 16, 13, 11 e 8 plantas m⁻²) e o fator C pelos estádios de avaliação (vegetativo e reprodutivo). Ao total foram coletadas 336 plantas para a análise da área foliar de camomila, sendo a metade utilizada para a obtenção do modelo e a outra metade para o teste do mesmo.

A partir da coleta, as folhas foram retiradas das plantas, sendo que o número de folhas analisadas por planta variou de dez para todas as folhas da planta, sendo estas folhas retiradas de forma aleatória, com diferentes tamanhos e localização na planta. A estimativa da área foliar foi realizada por dois métodos, sendo eles o integrador de área foliar (Li-3000) e por imagem digital utilizando o software ImageJ.

O método de imagem digital consistiu da fotografia das folhas de camomila sobre uma folha branca juntamente com uma régua graduada utilizando câmera fotográfica de 13 megapixels. Para o cálculo da área foliar das imagens foi utilizado o software ImageJ, que calcula a área de cada elemento que compõe a imagem, os pixels, tornando possível a determinação da área de cada folha separadamente. O ImageJ é um programa de acesso livre com funções de processamento e análise de imagens. Para medir área foliar pelo integrador de área foliar, modelo Li-3000 da Licor, cada folha foi passada individualmente pelo sensor eletrônico de aproximação retangular, que apresenta resolução de 1 mm². Após determinada a área foliar das folhas de camomila as amostras de folhas de cada planta foram acondicionadas em sacos de papel e secadas em estufa ventilada e aquecidas a 60 °C até que as amostras obtiveram peso constante. Após as folhas estarem secas estas foram pesadas em balança de precisão, com resolução de 0,001 g, para a determinação da massa seca das amostras de folhas que tiveram sua área medida.

Com os dados de área foliar oriundos do ImageJ foi possível a realização do cálculo da área foliar específica da camomila ((área de folha (cm²) /massa seca de folha(g)). A normalidade dos erros desses dados foi testada pelo teste de Shapiro Wilk e a homogeneidade das variâncias pelo teste de Bartlett, ambos pelo software Action® 2.5. A fim de atender as pressuposições do modelo matemático, foi utilizada a metodologia Box Cox para a transformação adequada dos dados. As médias das variáveis transformadas foram apresentadas com os valores originais. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo Teste F a 5% de probabilidade de erro, com o auxílio do software Sisvar® (FERREIRA, 2011) e, apresentando significância, as médias foram comparadas pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade, também pelo software Sisvar®.

Para a estimativa de área foliar da camomila metade dos dados foram utilizados para o ajuste do modelo. Para isso foi realizada a comparação entre a área foliar obtida pelo ImageJ e a área foliar obtida pelo integrador, onde os dados gerados foram submetidos à análise de regressão, com obtenção da equação da regressão. Com a outra metade dos dados foi realizada a avaliação do modelo, comparando os dados observados de área foliar medida pelo software ImageJ com os respectivos dados estimados pelo modelo a partir da área foliar observada pelo integrador de área foliar. Portanto, para a estimativa dos dados de área foliar, a área foliar do ImageJ foi aplicada na equação da regressão gerada com o outro banco de dados de área foliar obtida pelo integrador de área foliar.

Foram utilizados os seguintes indicadores estatísticos para avaliação do desempenho dos modelos: erro absoluto médio (EAM); coeficiente de determinação (R²), raiz do quadrado médio do erro (RQME), índice de concordância de Willmott (d); índice de confiança (c) (CAMARGO; SEMTELHAS 1997); e, posteriormente, análise dos parâmetros lineares e angulares da regressão entre a área foliar estimada pelo modelo e a área foliar observada.

RESULTADOS

Os valores da massa foliar específica, calculada através da área foliar medida pelo software ImageJ, não apresentaram diferença estatística significativa quando submetidos à análise de variação para os fatores testados (data de semeadura, densidade de plantas e fase fenológica) e também não houve interação entre os fatores. Por não haver diferença significativa entre a área foliar específica calculada

a partir da área foliar do ImageJ, com coeficiente de variação da análise de variância de 20,25 %, resultou em área foliar específica média de 246 cm² g⁻¹.

A comparação entre a área foliar da camomila obtida pelo ImageJ e pelo integrador de área foliar, representado pela regressão linear, demonstrou alto R², porém o ImageJ mostra tendência de superestimava da área foliar da camomila, apresentando alta precisão mas exatidão afetada (Figura 1). O método de imagens digitais (software ImageJ), apresenta maior dispersão dos dados, gerando erros de magnitude maior na estimativa da área foliar de camomila em comparação com as medidas obtidas através do integrador de área foliar. Uma das causas desta superestimava relaciona-se ao fato de que com o método da fotografia, não é possível captar de forma nítida, todos os contornos da folha, dificultando assim, a diferenciação dos segmentos foliares e sombras causadas pela folha.

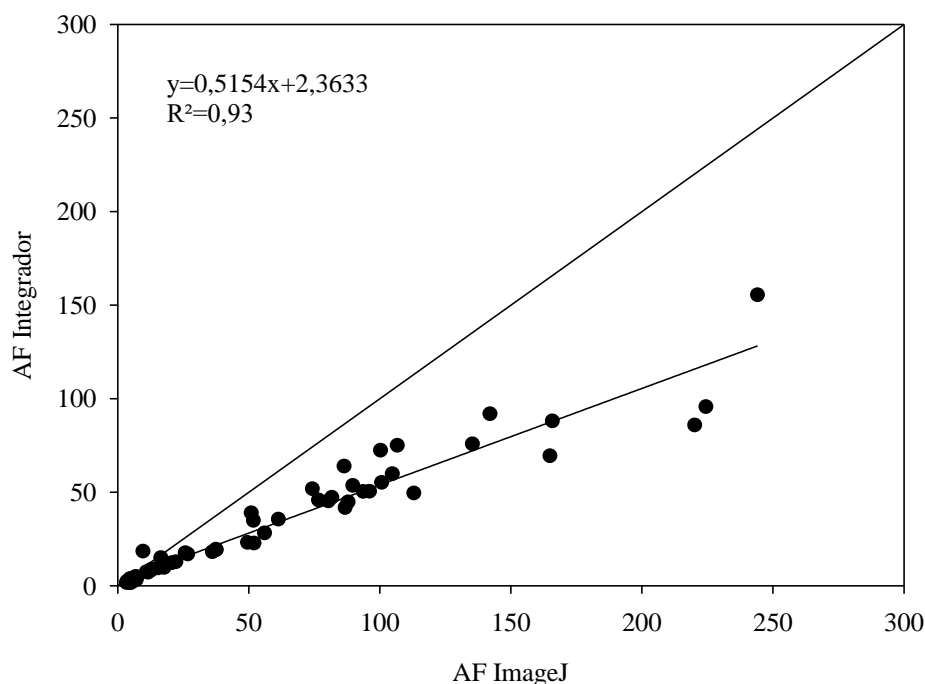


Figura 1 - Análise de regressão na comparação entre a área foliar determinada pelo integrador de área foliar (AF Integrador) e pelo software ImageJ (AF imageJ).

Figure 1 - Regression analysis in the comparison between the leaf area determined by integrator of leaf area (AF Integrator) and by the ImageJ software (AF imageJ).

Por superestimar a área foliar da camomila o uso do ImageJ não é aconselhado, podendo gerar muito erro na sua obtenção. Deste modo torna-se necessário aplicar um fator de correção ou um modelo para a estimativa da área foliar da camomila quando é usado o ImageJ. Assim, a equação da regressão da comparação entre a área foliar medida pelo integrador e a área foliar medida pelo

ImageJ, poderá ser o modelo para a estimativa da área foliar da camomila quando apenas se dispões de dados de área foliar medida pelo ImageJ.

Á partir da obtenção do modelo de estimativa da área foliar,este foi testado e comparados com a área foliar observada pelo método do integrador. A área foliar estimada com a equação 1, oriunda do integrador de área foliar, resultou em alta correlação com a área foliar observada pelo integrador, apresentando baixa dispersão dos dados, elevado coeficiente de determinação e maior aproximação com a linha 1:1 (Figura 2), demonstrando que este possui alta precisão na estimativa.

$$AF = (0,5154 * AF \text{ ImageJ}) + 2,3633 \quad (1)$$

em que: AF é a área foliar estimada (cm²) e AF ImageJ é a área foliar determinada pelo ImageJ.

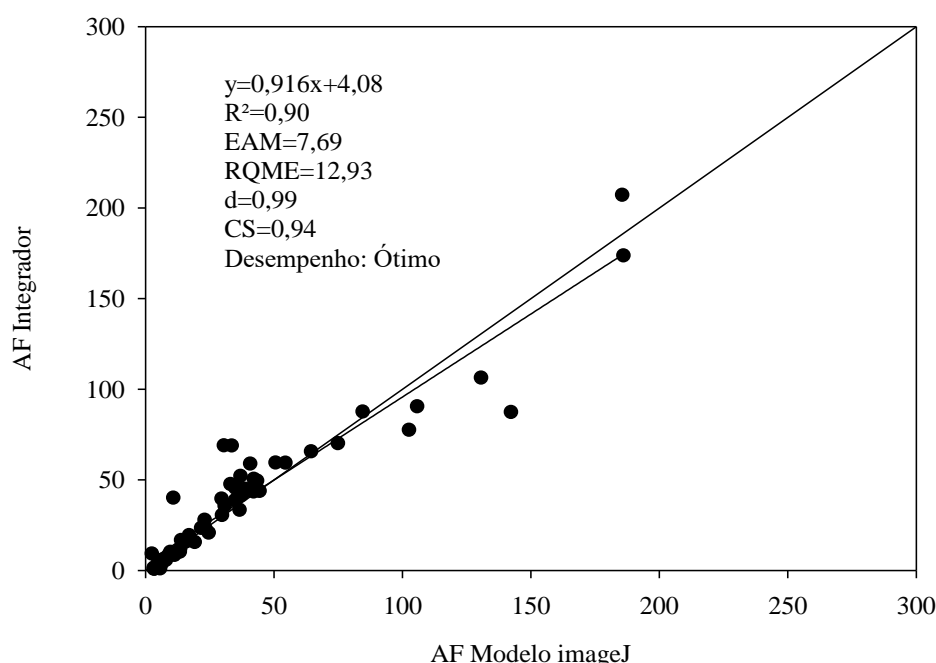


Figura 2 – Estatísticas do teste do modelo obtido através da regressão linear entre a área foliar determinada e pelo software ImageJ e a área foliar determinada pelo integrador de área foliar.

Figure 2 - Model test statistics obtained by linear regression between the given leaf area by the ImageJ software and the leaf area determined by leaf area Integrator

O EAM e RQME provenientes da relação entre os dados estimados de área foliar pelo modelo com os observados com Integrador (Figura 2) é considerado pequeno. O índice de Willmott (d) e o de confiança (c), que representam a exatidão e a precisão de um método, também mostraram clara concordância entre os dados observados e estimados para o modelo, sendo o desempenho classificado como ótimo de acordo com a classificação de Camargo e Sentelhas (1997).

DISCUSSÃO

Segundo Pereira e Machado (1987) ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura a área foliar específica possui pouca variação ou permanece praticamente constante quando se há boas condições edafoclimáticas, e geralmente há uma mudança na área foliar específicas das plantas quando estas são submetidas à condições abióticas muito estressantes. O sistema de irrigação por gotejamento instalado no experimento, associado as precipitações pluviométricas bem distribuídas ao longo do ano e a radiação solar que está dentro dos limites necessários para o pleno crescimento das culturas ao longo de todos os meses do ano (HELDWEIN et al., 2009), garantiram o pleno desenvolvimento das plantas de camomila semeadas na região de Santa Maria não gerando variação na área foliar específica.

Por não conseguir diferenciar corretamente os segmentos foliares, o software método ImageJ tende a apresentar maiores valores de área foliar do que o integrador de área foliar. Porém o método que utiliza imagens digitais para a estimativa da área foliar tem como vantagens ser de menor custo aquisitivo e de manutenção do que o integrador de área foliar Li-3100, uma vez que está disponível para download gratuitamente na internet (TAVARES-JÚNIOR et al., 2002), sendo assim uma boa alternativa para a determinação da área foliar em camomila. Godoy et al. (2007) também encontrou maiores erros na estimativa da área foliar por imagens do que pelo integrador de área foliar, causando uma pequena subestimativa da área foliar em laranja pera, mas com excelente precisão na estimativa. Adami et al. (2008) também encontraram com o método de imagem digital excelentes medidas de área foliar para folíolos de soja, demonstrando que apesar dos erros, consistem em um bom método para a estimativa da área foliar.

Como os resultados e as estatísticas obtidas com o modelo de estimativa da AF a partir dos dados de área foliar medidos pelo ImageJ foram satisfatórios, reduzindo significativamente a mão de obra, se justifica como de uso geral. Assim poderá ser utilizado para a determinação da área foliar da camomila em função dos dados de área foliar obtidos pelo ImageJ. A utilização do modelo permitirá reduzir o tempo e o trabalho para a determinação da área foliar sem que haja significativa diminuição na qualidade dos dados de área foliar obtidos com o software ImageJ.

CONCLUSÕES

A área foliar específica da camomila não diferiu entre as datas de semeadura, densidade de plantas e fase fenológica de coleta de plantas, sendo a área foliar específica da camomila de $246 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$.

A área foliar medida com o ImageJ mostra tendência de superestimava da área foliar da camomila quando comparada a área foliar medida pelo integrador de área foliar.

O modelo resultante dos dados de área foliar medidos no integrador eletrônico e o no ImageJ apresenta desempenho ótimo, sendo este indicado para a determinação da área foliar da camomila quando há dados de área foliar medida pelo ImageJ.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e a CAPES pela concessão das bolsas de produtividade em pesquisa e de estudo, possibilitando a realização desse trabalho.

REFERÊNCIAS

ADAMI, M.; HASTENREITER, F.A.; FLUMIGNAN, D.L.; FARIA, R.T. Estimativa de área de folíolos de soja usando imagens digitais e dimensões foliares. **Bragantia**, v. 67, n. 4, p. 1053-1058, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052008000400030>

ALMEIDA, M.Z. **Plantas medicinais**. 3. ed. - Salvador: EDUFBA, 2011. 224 p.

CAMARGO, A.D.; SENTELHAS, P.C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de agrometeorologia**, v. 5, n. 1, p. 89-97, 1997.

Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 11. ed. Porto Alegre: Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC, SBCS. 2016. 376p.

CORRÊA JÚNIOR, C.; SCHEFFER, M.C. As plantas medicinais, aromáticas e condimentares e a agricultura familiar. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 3, p. 376, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362014000300023>

FERREIRA, D.F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Ciência e agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>.

GODOY, L.J.G.; YANAGIWARA, R.S.; VILLAS BÔAS, R.L.; BACKES, C.; LIMA, C.P. Análise da imagem digital para estimativa da área foliar em plantas de laranja "Pêra". **Revista Brasileira Fruticultura**, v. 29, n. 3, p. 420-424, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452007000300004>.

HELDWEIN, A.B.; BURIOL, G.A.; STRECK, N.A. O clima de Santa Maria. **Ciência & Ambiente**, v. 38, p. 43-58, 2009.

PEREIRA, A.R.; MACHADO, E.C. Análise quantitativa do crescimento de comunidades vegetais. **Boletim Técnico do Instituto Agrônomo**. Campinas, n. 114, p. 1-33, 1987.

SALIMI, F.; SHEKARI, F.; HAMZEI, J. Methyl jasmonate improves salinity resistance in German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) by increasing activity of antioxidant enzymes. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 38, n. 1, p. 1-14, 2016.

STRECK, E.V.; KAMPF, N.; DALMOLIN, R.S.D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P.C. DO; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L.F.S. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2 ed. Porto Alegre: EMATER/ RS-ASCAR, 2008. 222p. ISBN 978-85-98842-04-2.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954p.

TAVARES-JÚNIOR, J.E.; FAVARIN, J.L.; DOURADO-NETO, D.; MAIA, A.H.N; FAZUOLI, L.C; BERNARDES, M.S. Análise comparativa de métodos de estimativa de área foliar em cafeeiro. **Bragantia**, v. 61, n. 2, p. 199-203, 2002. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052002000200013>