

Dimensões lineares da folha e seu uso na determinação do perfil vertical foliar de gladiolo

Natalia Teixeira Schwab; Nereu Augusto Streck (*); Amanda Rehbein; Bruna San Martin Rolim Ribeiro; Lilian Osmari Uhlmann; Josana Andréa Langner; Camila Coelho Becker

Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Av. Roraima, 1000, 97105-900 Santa Maria (RS), Brasil.

(* Autor correspondente: nstreck2@yahoo.com.br)

Recebido: 13/jan./2014; Aceito: 3/mar./2014

Resumo

O gladiolo, importante flor de corte, é uma planta herbácea e suas folhas apresentam formato de lança. Os objetivos do trabalho foram determinar um modelo matemático empírico que melhor estima a área da folha do gladiolo a partir de dimensões lineares e aplicar o modelo matemático para determinar o perfil vertical da área das folhas de diferentes posições na planta. Para isso foi realizado um experimento de campo em Santa Maria com quatro cultivares de gladiolo (Peter Pears, Rose Friendship, Jester e Amsterdã), sendo coletadas 50 folhas de cada cultivar, das quais mensuraram-se o comprimento (C) e a maior largura (L). Em seguida, fotocopiou-se cada folha em um *scanner*, calculando-se a área individual (AF) com auxílio de um *software*. A relação entre área e as dimensões das folhas foi ajustada no modelo potência e a capacidade preditiva das equações foi avaliada por várias estatísticas. Resultados indicam que o modelo $AF = a(C.L)$ é o mais indicado para a estimativa da área foliar em gladiolo, podendo-se utilizar $a = 0,644$ para as quatro cultivares testadas. As menores folhas estão nas posições basais e apicais e as maiores, na posição intermediária da planta.

Palavra-chave: *Gladiolus grandiflorus*, Palma-de-Santa-Rita, floricultura, área fotossintetizante.

Linear dimensions of leaves and its use for estimating the vertical profile of leaf area in gladiolus

Abstract

Gladiolus, an important cut flower, is a herbaceous plant that has sword-shaped leaves. The objectives of this study are to determinate an empirical model to estimate the area of gladiolus leaves from its linear dimensions and to apply this model to estimate the vertical profile of leaf area in different position on the plant. A field experiment was conducted in Santa Maria, RS, Brazil, with four gladiolus cultivars (Peter Pears, Rose Friendship, Jester and Amsterdam). A total of fifty leaves from each cultivar were collected and their width (C) and length (L) measured. Each leaves have then their area (AF) measured digitally. The relationship between area and dimensions of each leaf was fitted to a power model and the performance of the equations was evaluated by several statistics. Results indicates that the model $AF = a(C.L)$ is the best model to estimate leaf area in gladiolus, with $a=0.664$ for the four cultivars. Smaller leaves are ate the bottom and at the upper position and larger leaves are ate intermediate position on the plant.

Key words: *Gladiolus grandiflorus*, Sword lily, floriculture, photosynthetic area.

1. INTRODUÇÃO

O gladiólo ou palma-de-Santa-Rita (*Gladiolus x grandiflorus* Hort.) é uma importante flor de corte (Choudhary et al., 2011) cultivada na maioria dos países tropicais e subtropicais (Ahmad et al., 2011). Ocupa a oitava posição mundial no comércio de flores de corte (Ahmad et al., 2008) e no Brasil tem maior consumo em Finados. É uma planta herbácea, perene de ciclo anual, propagada por cormos e com folhas simples em formato de lança.

Como com outras culturas agrícolas, estudos básicos do crescimento e desenvolvimento vegetal de espécies florícolas são importantes, pois tais estudos explicam o rendimento final da cultura e auxiliam no refinamento de práticas de manejo para maximizar a eficiência de ecossistemas com o mínimo de impacto ambiental. Dentre os parâmetros de crescimento vegetal, a área das folhas representa um dos mais importantes, pois está relacionada à interceptação da radiação solar, a qual é responsável pela produção de fotoassimilados que implicarão diretamente na produtividade biológica e econômica da cultura. O índice de área foliar (IAF) é um dos índices ecofisiológicos mais utilizados em estudos da dinâmica do crescimento e desenvolvimento de folhas, representando a área total das folhas pela área de solo que cada planta ocupa na lavoura. No entanto, nem todas as folhas que compõem o IAF estão diretamente expostas à radiação solar, pois existe um perfil vertical de distribuição da área das folhas que varia com sua posição na haste (Fagundes et al., 2009). Em gladiólo, a inserção das folhas é a partir de pontos muito próximos, que saem de um caule subterrâneo expandido denominado cormo.

A área foliar de uma planta depende do número e do tamanho das folhas e pode ser determinada a partir de métodos de medição destrutivos (diretos) ou não destrutivos (indiretos) (Marshall, 1968), tais como o uso de aparelho integrador de área foliar, para o primeiro caso, e a partir de medidas lineares do limbo, no caso de método indireto (Aquino et al., 2011). Os métodos destrutivos têm a desvantagem de não serem aplicáveis em casos onde a quantidade de amostras é limitada e/ou quando se pretende manter a avaliação de outros parâmetros em experimentos por um longo período de tempo, o que impossibilita a destruição das unidades experimentais ou parcelas para a realização de medidas diretas da área foliar. Já com os métodos não destrutivos (indiretos) as plantas amostradas são mantidas na parcela e assim pode-se acompanhar o crescimento e a expansão das folhas de uma mesma planta até o final do seu ciclo (Fagundes et al., 2009).

O método indireto de determinação da área de folhas a partir de dimensões lineares já foi utilizado para diversas culturas agrícolas, como girassol (Aquino et al., 2011), batata (Silva et al., 2008), feijão-caupi (Lima et al., 2008), feijão-vagem (Toebe et al., 2012), couve-folha (Marcolini et al., 2005) e também para plantas invasoras, como, por exemplo,

Brachiaria plantaginea (Bianco et al., 2005), *Brachiaria subquadriflora*, *Brachiaria mutica* (Marchi et al., 2011) e *Typha latifolia* (Bianco et al., 2003). Como nesse método usam-se modelos ajustados por regressão, os coeficientes são dependentes da espécie e até da cultivar dentro de cada espécie, devendo-se, portanto, determiná-los para cada genótipo. Para o gladiólo não foi encontrado na literatura relato sobre a estimativa da área das folhas a partir de dimensões lineares, o que constituiu motivação para a realização deste trabalho.

Os objetivos do trabalho foram: a) determinar um modelo matemático empírico que melhor estime a área da folha do gladiólo a partir de dimensões lineares; e b) aplicar o modelo matemático para determinar o perfil vertical da área das folhas em diferentes posições na planta.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Um experimento de campo com a cultura do gladiólo foi conduzido em Santa Maria, RS (latitude 29°43'23", longitude 53°43'15", altitude de 95 m). Foram realizados plantios em quatro datas, 18/4/2012, 19/7/2012, 14/9/2012 e 17/7/2013, com as cultivares Peter Pears (ciclo precoce), Rose Friendship (ciclo médio) e Jester (ciclo tardio) nas duas primeiras datas de plantio, Amsterdã (ciclo precoce), Rose Friendship e Jester, na terceira e Peter Pears (ciclo precoce), na quarta data. A adubação foi de 500 kg ha⁻¹ de NPK 5-20-20, seguindo-se a análise de solo.

As plantas foram cultivadas em canteiros com 1 m de largura, distribuídas em linhas pareadas espaçadas em 0,40 m e com espaçamento entre plantas de 0,20 m. Foram realizados tratos culturais indicados para a espécie durante o ciclo de desenvolvimento (Tombolato, 2004).

Para a estimativa das equações que relacionam a área de folhas individuais com duas dimensões lineares, coletaram-se ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura 50 folhas de diversos tamanhos e posições na planta, de plantas sadias de cada cultivar na primeira (Peter Pears, Rose Friendship e Jester) e na terceira data de plantio (Amsterdã). Tomou-se o cuidado de destacar as folhas na sua inserção, de modo que somente a porção fotossinteticamente ativa da folha fosse amostrada.

Após o destacamento foi medido o comprimento (C) e a maior largura (L) de cada folha (Figura 1). O comprimento foi definido como a distância entre o ponto de inserção da folha no limbo foliar da folha antecedente e a extremidade oposta da folha e a largura, como a maior dimensão perpendicular ao eixo do comprimento. Em seguida, cada folha foi fotocopiada em um *scanner* e a área individual de cada folha (AF) foi calculada com auxílio do *software* Quant, versão 1.0.1 (2003). A relação entre área da folha e suas dimensões lineares foi ajustada ao modelo potência considerando-se as dimensões lineares, individualmente, e o seu produto pelas equações 1, 2 e 3:

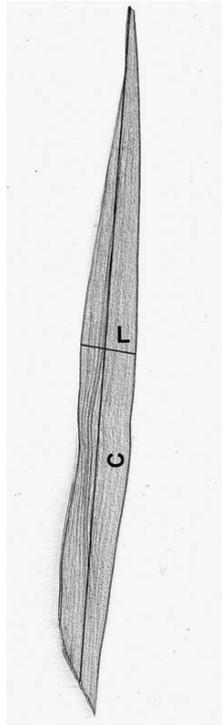


Figura 1. Folha de gladiólio com as dimensões lineares comprimento (C) e largura (L).

$$AF = a \cdot (L)^b \quad (1)$$

$$AF = a \cdot (C)^b \quad (2)$$

$$AF = a \cdot (L \cdot C)^b \quad (3)$$

em que AF é a área da folha (cm²), L é a maior largura da folha (cm), C é o comprimento da folha (cm), *a* é o coeficiente de forma e *b* é o coeficiente potência.

Optou-se pelo modelo potência em função de ele, quando comparado a outros modelos, ser frequentemente o que melhor ajusta a relação AF e dimensões lineares em diferentes culturas agrícolas (Aquino et al., 2011; Cargnelutti Filho et al., 2012; Toebe et al., 2012). Além disso, o modelo potência é bastante flexível em termos de forma de resposta, a qual é dada pelo coeficiente *b*. Quando o coeficiente *b* é menor que 1, a relação entre a variável resposta e o preditor é saturante em relação ao preditor; quando *b* é igual a 1, a relação é proporcional indefinidamente.

Os coeficientes *a* e *b* das equações 1, 2 e 3 foram estimados por regressão não linear, forçando-se a relação entre área e dimensão da folha a passar pela origem, usando-se o *software* Excel™. Na equação 3 considerou-se *b* = 1, pois a folha de gladiólio tem formato lanceolado e também por que na maioria dos trabalhos em que a área da folha foi estimada a partir do produto das duas dimensões lineares da folha em diversas espécies vegetais foi utilizado o modelo da regressão linear simples, $y = ax$ (Bianco et al., 2005; Fagundes et al., 2009; Silva et al., 2008). Matematicamente, utilizar o coeficiente *b* = 1 na relação entre a área da folha e o produto entre as

duas dimensões lineares também é desejável e apropriado, pois nesse caso o coeficiente de forma da equação 3 representa a fração da área da folha em relação à área do retângulo de lados C e L.

Para testar o desempenho das equações 1, 2 e 3, foram coletadas 50 folhas das cultivares Amsterdã, Rose Friendship e Jester no experimento com plantio em 14/9/2012 e da cultivar Peter Pears com plantio em 17/7/2013, as quais constituem dados independentes. O desempenho das equações 1, 2 e 3 foi avaliado pelas estatísticas: erro médio absoluto (EMA) – equação 4; raiz quadrada média do erro (RQME) – equação 5; índice BIAS – equação 6; índice de concordância (d) – equação 7; índice de confiança ou desempenho (c) – equação 8; coeficiente de correlação (r) – equação 9; e índice de concordância modificado (d1) – equação (10):

$$EMA = \frac{\sum_{i=1}^N |S_i - O_i|}{N} \quad (4)$$

$$RQME = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (S_i - O_i)^2}{N}} \quad (5)$$

$$BIAS = \frac{\sum_{i=1}^N S_i - \sum_{i=1}^N O_i}{\sum_{i=1}^N O_i} \quad (6)$$

$$d = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^N (S_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^N (|S_i'| + |O_i'|)^2} \right] \quad (7)$$

$$c = r \cdot d \quad (8)$$

$$r = \frac{a \sum S_i + b \sum S_i \cdot O_i - N(\bar{S}_i)^2}{\sum S_i^2 - N(\bar{S}_i)^2} \quad (9)$$

$$d1 = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^N |S_i - O_i|}{\sum_{i=1}^N (|S_i'| + |O_i'|)} \right] \quad (10)$$

Nas equações 4, 5, 6, 7, 9 e 10 S_i representa os valores estimados, O_i os valores observados e N o número de observações, onde $S_i' = S_i - \bar{O}$ e $O_i' = O_i - \bar{O}$. Na equação 9,

$$b = \frac{s_{O_i S_i}}{s_{O_i O_i}}, \quad a = \bar{S}_i - b \cdot \bar{O}_i, \quad s_{O_i S_i} = \sum O_i \cdot S_i - \frac{\sum O_i \cdot S_i}{N} \quad \text{e} \quad s_{O_i O_i} = \sum O_i^2 - \frac{(\sum O_i)^2}{N}$$

O EMA e a RQME expressam a magnitude do erro produzido pelo modelo, de modo que quanto mais próximas de zero essas duas estatísticas, melhor é o modelo. O EMA é menos sensível para valores extremos do que a RQME, uma vez que não eleva ao quadrado a diferença entre os valores estimados e os observados. O índice BIAS expressa o desvio médio dos valores estimados em relação aos valores observados, indicando assim a tendência de o modelo superestimar ou subestimar os valores estimados e, portanto, quanto mais próximo de zero essa estatística,

menor é a magnitude do erro sistemático do modelo (Leite e Andrade, 2002). O índice d é uma medida de quanto o modelo está livre de erro, quanto mais próximo de 1, menor erro apresenta essa estimativa (Willmott, 1981). Os valores do índice d variam de 0 (zero), para nenhuma concordância, a 1, para a concordância perfeita. O índice de confiança ou desempenho (c), proposto por Camargo e Sentelhas (1997), indica o desempenho dos métodos, quanto mais próximo de 1, melhor é o desempenho do modelo.

O coeficiente de correlação (r) indica o grau de dispersão e associação dos dados simulados em relação aos dados observados. Quanto mais próximo de 1, mais correlacionados serão os dados simulados e observados. Além dessas estatísticas, a relação entre dados de área de folhas medida e calculada foi submetida a análise de regressão simples do modelo $y = a + bx$, em que a é o coeficiente linear (considerado 0 (zero) na análise, para forçar o modelo a passar pela origem) e b é o coeficiente angular, o qual deve ser o mais próximo possível da unidade. O índice dI (Equação 10) é uma modificação do índice d (Equação 7) sugerida por Willmott et al. (1985), pois a utilização da função quadrática na equação 7 pode resultar em valores elevados desse índice e, portanto, a modificação proposta tende a resultar em um índice mais rigoroso. Os valores do índice dI variam de 0 (zero), para nenhuma concordância, à 1, para a concordância perfeita.

A fim de testar a aplicabilidade do modelo com melhor desempenho para quantificar o perfil da distribuição da área das folhas de diferentes posições na planta de gladiolo, esse modelo foi aplicado a dados de dimensões lineares das folhas individuais coletadas na época de floração, quando todas as folhas estavam expandidas, nas cultivares Rose Friendship, Peter Pears e Jester, em um outro experimento conduzido em Santa Maria, RS, com datas de plantio 2/9/2011, 4/1/2012 e 1.º/6/2012. As práticas de manejo usadas nesse experimento foram as mesmas realizadas no experimento anterior.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 2 estão plotados os dados de área da folha versus sua largura (L), comprimento (C) e o produto comprimento x largura ($C.L$) e as equações ajustadas para cada modelo (Equações 1, 2 e 3, respectivamente). Quando apenas uma das dimensões lineares (L ou C) é usada como preditor, o coeficiente b das equações 1 e 2 é maior que 1, indicando relação não linear entre as duas variáveis, mas sem saturação na faixa de valores medidos. Quando o preditor da área foliar é o produto entre a largura e o comprimento da folha, a relação passa a ser linear, com maior coeficiente de determinação, sugerindo que para estimar a área da folha do gladiolo é mais indicado utilizarem-se as duas dimensões da folha do que apenas uma delas.

O desempenho da equação 3 com os coeficientes angulares indicados nas figuras 2c, f, i e m foi melhor do que o das outras duas equações com dados dependentes (Figura 3). Os pontos estão muito mais próximos da linha 1:1 e os coeficientes angulares de determinação (R^2) são muito próximos de 1 quando foi usado o produto entre comprimento e largura da folha (Figuras 3c, f, i, m).

Na tabela 1 estão as estatísticas da capacidade preditiva das equações 1, 2 e 3 com os coeficientes indicados na figura 2. Todas as estatísticas confirmam que a melhor equação para estimar a área da folha do gladiolo é a que usa o produto do comprimento e largura da folha (Equação 3), com EMA variando de 6,2 a 8,5 cm²/folha e RQME variando de 8,1 a 13,6 cm²/folha.

O coeficiente a da equação 3 variou de 0,6269 a 0,6976 entre as quatro cultivares, uma variação pequena (0,0707) entre as cultivares de ciclo precoce a tardio. Essa pequena variação indica que o formato lanceolado das folhas das quatro cultivares é similar. Em função da pequena variação do coeficiente a , foi ajustada uma única equação 3 para os dados das quatro cultivares e depois essa nova equação geral foi testada com os dados independentes de cada cultivar. A equação ajustada para todas as cultivares juntas foi $AF = 0,664$ (C.L), com $R^2 = 0,9325$, e as estatísticas de desempenho dessa equação estão na parte inferior da tabela 1. Comparando-se as estatísticas de desempenho da equação 3 com o coeficiente a de cada cultivar com as estatísticas utilizando-se a equação 3 com o coeficiente $a = 0,664$ nota-se que o erro é similar, inclusive as estatísticas para as cultivares Rose Friendship, Peter Pears e Amsterdã mostram melhor desempenho da equação 3 com o coeficiente $a = 0,664$. Esses resultados indicam que se pode usar uma equação geral para mais de uma cultivar de gladiolo. Isso é importante, pois a cada ano são lançadas novas cultivares de gladiolo, mas se o formato das folhas dessas cultivares é similar ao formato de folhas de cultivares anteriores, então não é necessário estimar o coeficiente a da equação 3 com tanta frequência.

Na figura 4 é apresentado o perfil vertical da área da folha das cultivares Rose Friendship, Peter Pears e Jester em três datas de plantio, calculadas com a equação 3, e o coeficiente a para cada cultivar, indicados nas figuras 2c, f, i, m (barras preenchidas) e com a equação $AF = 0,644$ (C.L) (barras vazias). Para uma mesma data de plantio, o perfil vertical da área foliar tem um padrão similar, com as folhas basais e apicais sendo menores que as folhas nas posições intermediárias.

Comparando-se as épocas de cultivo, a área das folhas foi maior no plantio de 2/9/2011, quando o crescimento das folhas ocorreu no mês de outubro e novembro, época em que a radiação solar incidente foi elevada e as temperaturas amenas. Comparando-se a área de folhas calculada com a equação 3 e o coeficiente a dependente do genótipo (barras preenchidas) e a área calculada com a equação geral para as quatro cultivares (barras vazias), nota-se que a diferença é

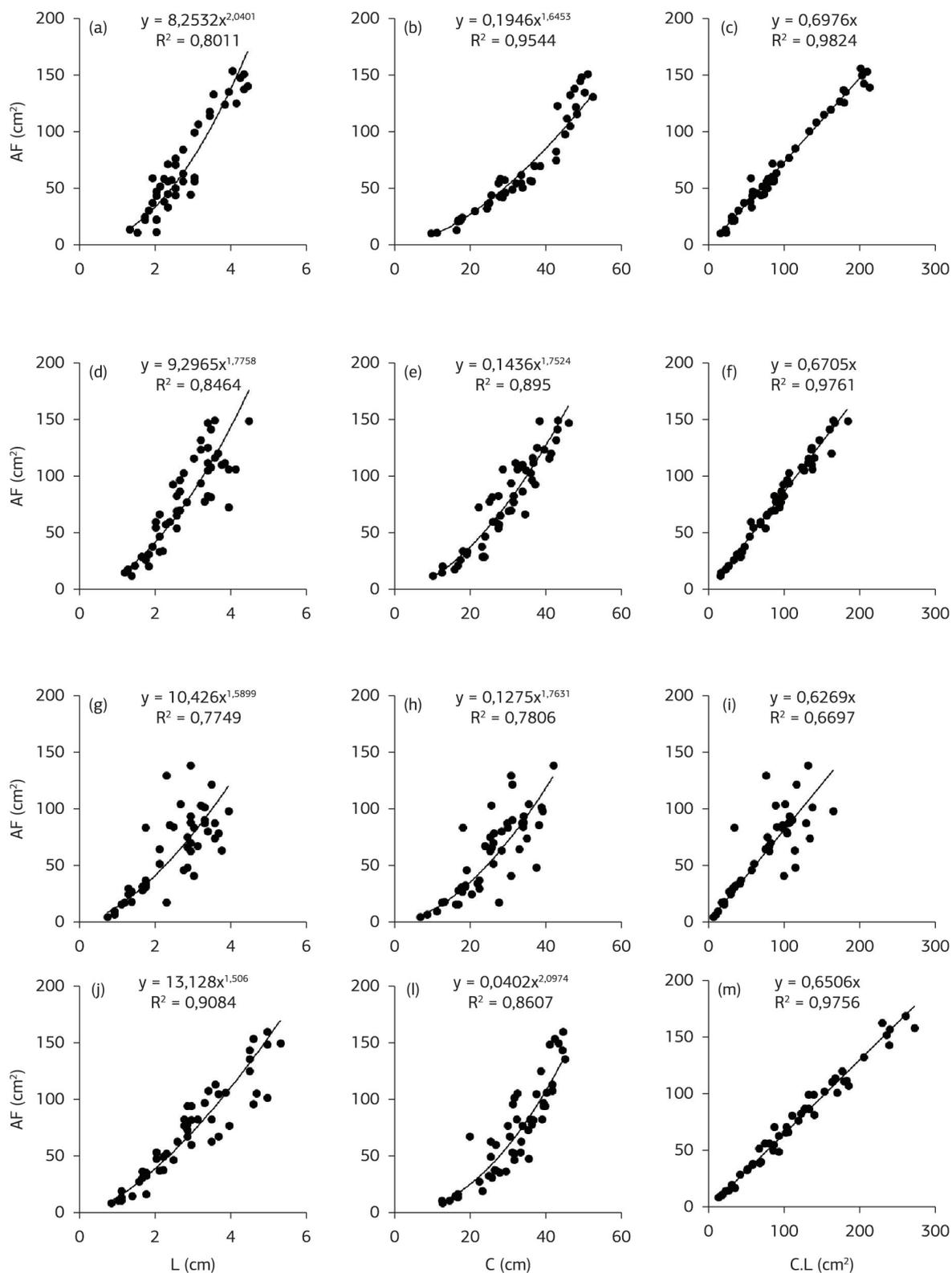


Figura 2. Relação entre área da folha (AF) de gladiolo e suas dimensões lineares largura (L), comprimento (C) e o produto (C.L) para as cultivares Jester (a, b, c), Rose Friendship (d, e, f), Peter Pears (g, h, i) e Amsterdã (j, l, m); a curva e a equação ajustada em cada painel são modelos indicados nas equações 1, 2 e 3, respectivamente.

Tabela 1. Estatísticas do desempenho dos modelos empíricos de estimativa da área da folha (AF) de gladiolo a partir de suas dimensões lineares comprimento (C) e largura (L), com dados independentes

Cultivar	EMA	RQME	BIAS	Estatísticas*			
				d	C	r	d1
Modelo AF = a. (L)^b							
Jester	25,38	35,93	-0,1779	0,8407	0,78025	0,9281	0,6843
Rose Friendship	23,54	28,05	0,3382	0,8792	0,80007	0,9100	0,6743
Peter Pears	13,18	16,80	0,1080	0,9620	0,84670	0,8803	0,8182
Amsterdã	13,45	16,34	0,0768	0,9716	0,93788	0,9653	0,8231
Modelo AF = a. (C)^b							
Jester	19,27	25,08	0,2190	0,8960	0,7383	0,8960	0,6041
Rose Friendship	22,66	27,90	-0,1875	0,9264	0,8343	0,9264	0,7207
Peter Pears	24,40	28,77	0,2216	0,8708	0,7694	0,8835	0,6294
Amsterdã	26,28	34,44	0,0658	0,8780	0,7449	0,8780	0,7866
Modelo AF = a. (C.L)							
Jester	6,315	10,52	0,0110	0,9768	0,9301	0,9522	0,9034
Rose Friendship	8,060	12,45	0,0014	0,9788	0,9384	0,9587	0,9023
Peter Pears	6,236	8,142	0,0562	0,9916	0,8115	0,8184	0,9177
Amsterdã	8,546	13,62	0,0577	0,9793	0,9446	0,9646	0,9311
Modelo AF = 0,664. (C.L)							
Jester	6,6371	10,42	0,06693	0,9795	0,9459	0,9657	0,8822
Rose Friendship	6,930	9,21	-0,0031	0,9888	0,9549	0,9657	0,9013
Peter Pears	4,978	6,23	0,0003	0,9954	0,9612	0,9657	0,9371
Amsterdã	5,240	7,31	-0,0087	0,9941	0,9560	0,9657	0,9313

*EMA = erro médio absoluto (cm²/folha); RQME = raiz quadrada média do erro (cm²/folha); BIAS = índice BIAS; d = índice de concordância; c = índice de confiança; r = coeficiente de correlação de Pearson; d1 = índice de concordância modificado.

pequena, variando de 0,65 a 4,92 cm²/folha (considerando-se todas as folhas das três cultivares e três datas de plantio), o que corresponde a uma diferença de 0,97% a 5,92% da área foliar total da planta, respectivamente. Esses resultados indicam que para as quatro cultivares de gladiolo testadas neste estudo a área de folhas individuais pode ser estimada com uma única equação que considera o comprimento e a maior largura da folha.

O modelo potência (equações 1 e 2) ajustou melhor os dados de AF versus comprimento e AF versus largura de folhas (Figuras 2a, b, d, e, g, h, j, l). Esses resultados concordam com trabalhos anteriores com outras espécies agrícolas, de que quando apenas uma das dimensões lineares é usada para estimar a área da folha, o modelo potência é o mais adequado (Aquino et al., 2011; Cargnelutti Filho et al., 2012; Toebe et al., 2012). Já quando é utilizado o produto comprimento e largura, o melhor modelo foi o modelo linear ou a equação da reta (polinômio de primeiro grau, equação 3, Figuras 2c, f, m), o que também concorda com trabalhos anteriores com outras espécies agrícolas e silvestres (Aquino et al., 2011; Cargnelutti Filho et al., 2012; Fagundes et al.; 2009). Nesse caso, alguns autores consideraram o valor do coeficiente linear (intercepto) no modelo (Aquino et al., 2011; Cargnelutti Filho et al., 2012; Toebe et al., 2012). No presente trabalho, optou-se por forçar o modelo linear a passar pela origem (coeficiente angular igual a 0 – zero) por entender-se que biologicamente é mais apropriado, já que se não há x (comprimento x largura é 0 – zero), o que só ocorre quando não há folhas na planta de gladiolo e não pode haver área de folha calculada pelo

modelo, similarmente ao que acontece com o modelo potência.

O erro da estimativa de AF com o modelo que usa o produto de C x L (Tabela 1) em geral é menor para gladiolo comparado com outras culturas como, por exemplo, em girassol, para o qual Aquino et al. (2011) relatam valores de RQME de 39 a 78 cm²/folha. Em nabo forrageiro, Cargnelutti Filho et al. (2012) relatam valores de EMA de 8,1 a 20,5 cm²/folha e RQME de 13,8 a 24,4 cm²/folha, e em feijão de porco, Toebe et al. (2012) encontraram EMA de 16,9 a 32,7 cm²/folha e RQME de 22,2 a 42,0 cm²/folha. Esses resultados indicam que a estimativa de AF em gladiolo pelo comprimento e largura é mais precisa que naquelas espécies, o que pode ser explicado por se tratarem de folhas uniformes e com formato lanceolado bem definido.

O método não destrutivo de estimativa da área da folha por modelos empíricos de regressão que usam as dimensões lineares das folhas geralmente contém coeficientes que dependem da espécie e até da cultivar dentro da mesma espécie. Essa é uma desvantagem quando novas cultivares são usadas nos experimentos. Aquino et al. (2011) demonstraram que a precisão das equações empíricas na estimativa da AF não foi reduzida com o uso de uma única equação para duas cultivares de girassol. Os resultados do presente trabalho indicam que a equação AF = 0,664 (C.L) pode ser usada para quatro cultivares de gladiolo (Peter Pears, Amsterdã, Rose Friendship e Jester). Esses resultados demonstram que a variação do coeficiente da forma como é usado o produto C x L das folhas é pequeno dentro da espécie, já que a mesma caracteriza-se por apresentar folhas em formato de lança, não

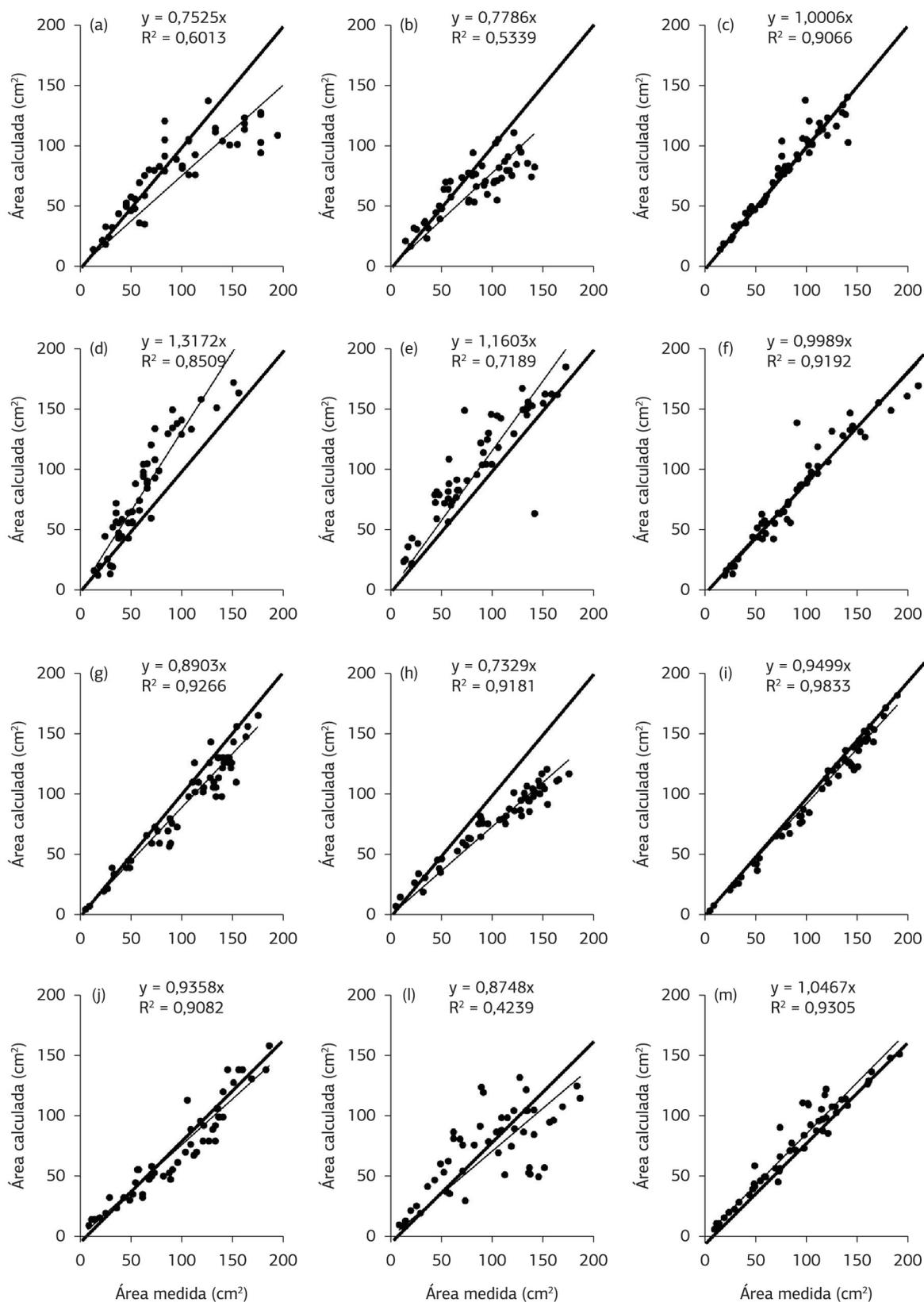


Figura 3. Área da folha calculada pela equação (cm²) levando em consideração as dimensões lineares largura (L), comprimento (C) e o produto (C.L) respectivamente versus a área da folha medida pelo scanner (cm²) para as cultivares Jester (a, b, c), Rose Friendship (d, e, f), Peter Pears (g, h, i) e Amsterdã (j, l, m); a equação ajustada em cada painel são modelos indicados na figura 2.

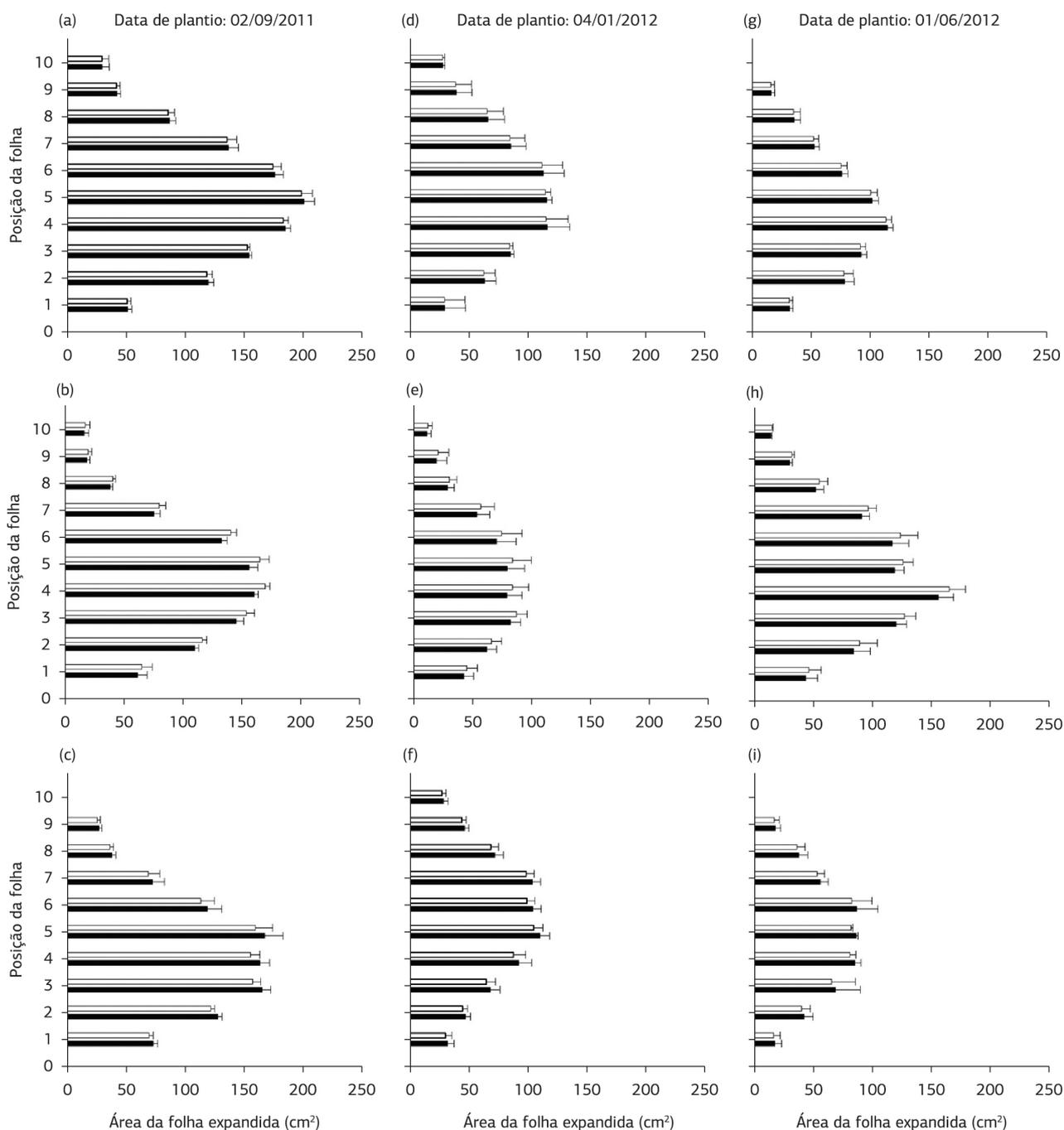


Figura 4. Perfil vertical da área da folha de gladiolo cultivado em três épocas: data de plantio: 2/9/11 – (a) Rose Friendship, (b) Peter Pears e (c) Jester; 4/1/12 – (d) Rose Friendship, (e) Peter Pears e (f) Jester; e 1.º/6/12 – (g) Rose Friendship, (h) Peter Pears e (i) Jester; barras preenchidas representam a área calculada com equação específica para cada cultivar, ou seja, para Rose Friendship foi utilizada a equação $AF = 0,6705.(C.L)$, para Peter Pears foi utilizada a equação $AF = 0,6269.(C.L)$; para Jester foi utilizada a equação $AF = 0,6976.(C.L)$; barras vazias representam a área calculada com a equação geral equação $AF = 0,664.(C.L)$ para todas as cultivares.

ocorrendo variações no formato entre diferentes cultivares de *Gladiolus grandiflorus*, o que reduz a necessidade de calibração das equações de regressão. Sugere-se, portanto, que a calibração seja necessária apenas para espécies de gladiolo que tenham diferenças morfológicas das folhas mais acentuadas, tais como espécies nativas do sul da África e regiões mediterrâneas, que não são usualmente cultivadas para a produção de flores de corte.

O conhecimento do perfil vertical de área foliar no dossel da cultura é importante, pois indica como a área de folhas em diferentes posições da planta contribui para a AF total e o IAF da cultura. Em plantas de gladiolo, que apresentam de 7 a 12 folhas/planta, dependendo da cultivar (Tomblato, 2004), as duas primeiras folhas basais e a duas últimas folhas apicais são as menores, enquanto as folhas nas posições 4, 5 e 6 são as maiores (Figura 4). Essa distribuição parabólica no

tamanho das folhas também é observada em outras espécies vegetais, como *Aspilia montevidensis* (Fagundes et al., 2009). No caso do gladiólo, a hipótese é que as primeiras duas folhas são pequenas, pois o seu crescimento é dependente das reservas do cormo, já que a fotossíntese líquida na planta nesse estágio ainda é baixa, pois a área fotossintetizante é reduzida. À medida que mais folhas são emitidas na planta, a área fotossintetizante aumenta e assim aumenta a fotossíntese líquida e a disponibilidade de fotoassimilados para o crescimento das folhas, aumentando o seu tamanho na porção intermediária da planta. À medida que aumenta o número de folhas, a espiga que diferenciava quando a planta apresentava de três a quatro folhas visíveis (Shillo e Havelly, 1976) também cresce no interior do cartucho da planta, e o crescimento da espiga representa o dreno principal na planta. Dessa forma, as folhas apicais apresentam grande competição por fotoassimilados com a espiga, o que certamente contribui para o menor tamanho das duas últimas folhas superiores da planta. A época de plantio não tem efeito no perfil vertical de área foliar, mas tem efeito sobre o tamanho das folhas (Figura 4), seguramente pelo efeito do ambiente que afeta a fotossíntese líquida do dossel, marcada pela disponibilidade de radiação solar e pela temperatura do ar, o que é mais notável em regiões extratropicais.

4. CONCLUSÃO

O modelo $AF = a(C.L)$, em que C é o comprimento da folha (cm) e L é a maior largura da folha (cm), é o mais indicado para a estimativa da área da folha em gladiólo. O fator de correção, representado pelo coeficiente *a*, varia pouco com a cultivar, podendo ser usado o valor de 0,644 para as cultivares Peter Pears, Amsterdã, Rose Friendship e Jester. O perfil vertical da área das folhas em gladiólo caracteriza-se por menores folhas na posição basal e apical e maiores folhas na posição intermediária.

REFERÊNCIAS

AHMAD, T.; AHMAD, I.; QASIM, M. Present Status and Future Prospects of Gladiolus Cultivation in Punjab, Pakistan. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, v.5, p.227-238, 2008.

AHMAD, I.; KHATTAK, A.M.; ARA, N.; AMIN, N.U. Effect of planting dates on the growth of gladiolus corms in Peshawar. *Sarhad Journal of Agriculture*, v.27, p.195-199, 2011.

AQUINO, L.A.; SANTOS JÚNIOR, V.C.; GUERRA, J.V.S.; COSTA, M.M. Estimativa da área foliar do girassol por método não destrutivo. *Bragantia*, v.70, p.832-836, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052011000400015>

BIANCO, S.; PITELLI, R.A.; PITELLI, A.M.C.M. Estimativa da área foliar de *Typha latifolia* usando dimensões lineares do limbo foliar. *Planta Daninha*, v.21, p.257-261, 2003. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582003000200011>

BIANCO, S.; PITELLI, R.A.; BIANCO, M.S. Estimativa da área foliar de *Brachiaria plantaginea* usando dimensões lineares do limbo foliar. *Planta Daninha*, v.23, p.597-601, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582005000400006>

CAMARGO, A.P.; 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, p.89-97, 1997.

CARGNELUTTI FILHO, A.; TOEBE, M.; BURIN, C.; FICK, A.L.; CASAROTTO, G. Estimativa da área foliar de nabo forrageiro em função de dimensões foliares. *Bragantia*, v.71, p.47-51, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052012000100008>

CHOUDHARY, M. MOOND, S.K.; KUMARI, A. Correlation Studies in Gladiolus. *Research in Plant Biology*, v.4, p.68-72, 2011.

FAGUNDES, J.D.; STRECK, N.A.; KRUSE, N.D. Estimativa da área foliar de *Aspilia montevidensis* (Spreng.) Kuntze utilizando dimensões lineares. *Revista Ceres*, v.56 p.266-273, 2009.

LEITE, H.G.; ANDRADE, V.C.L. Um método para condução de inventários florestais sem o uso de equações volumétricas. *Revista Árvore*, v.26, p.321-328, 2002. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622002000300007>

LIMA, C.J.G.S.; OLIVEIRA, F.A.; MEDEIROS, J.F.; OLIVEIRA, M.K.T.; OLIVEIRA FILHO, A.F. Modelos matemáticos para estimativa de área foliar de Feijão-caupi. *Caatinga*, v.21, p.120-127, 2008.

MARCHI, S.R.; MARTINS, D.; COSTA, N.V. Método não destrutivo de estimativa da área foliar de plantas daninhas de ambiente aquático: tanner-grass e capim-fino. *Semina: Ciências Agrárias*, v.32, p.1717-1724, 2011. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2011v32n4Sup1p1717>

MARCOLINI, M.W.; CECÍLIO FILHO, A.B.; BARBOSA, J.C. Equações de regressão para a estimativa da área foliar de couve folha. *Científica*, v.33, p.192-198, 2005.

MARSHALL, J.K. Methods of leaf area measurement of large and small leaf samples. *Photosynthetica*, n.2, p.41-47, 1968.

SHILLO, R.; HALEVY, A.H. Inflorescence development of flowering and blasted gladiolus plants in relation to development of other plant parts. *Scientia Horticulturae*, v.4, p.79-86, 1976. [http://dx.doi.org/10.1016/0304-4238\(76\)90068-6](http://dx.doi.org/10.1016/0304-4238(76)90068-6)

SILVA, M.C.C.; FONTES, P.C.R.; VIANA, R.G. Estimativa da área da folha da batateira utilizando medidas lineares. *Horticultura Brasileira*, v.26, p.83-87, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362008000100016>

TOEBE, M.; FILHO, A.C.; LOOSE, L.H.; HELDWEIN, A.B.; ZANON, A.J. Área foliar de feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) em função de dimensões foliares. *Semina: Ciências Agrárias*, v.33, p.2491-2500, 2012.

TOMBOLATO, A.F.C. Cultivo comercial de plantas ornamentais. Campinas: Instituto Agrônomo, 2004. 221p.

WILLMOTT, C.J. On the validation of models. *Physical Geography*, v.2, p.184-194, 1981.

WILLMOTT, C.J.; ACKLESON, S.G.; DAVIS, J.J.; FEDDEMA, K.M.; KLINK, D.R. Statistics for the evaluation and comparison of models. *Journal of Geophysical Research*, v.90, p.8995-9005, 1985. <http://dx.doi.org/10.1029/JC090iC05p08995>