

## ESTIMATIVA DA ÁREA FOLIAR DO ABACAXIZEIRO CV. VITÓRIA POR MEIO DE RELAÇÕES ALOMÉTRICAS<sup>1</sup>

JOÃO PAULO FRANCISCO<sup>2</sup>, ADRIANO VALENTIM DIOTTO<sup>3</sup>, MARCOS VINICIUS FOLEGATTI<sup>4</sup>,  
LEONARDO DUARTE BATISTA DA SILVA<sup>5</sup>, SONIA MARIA DE STEFANO PIEDADE<sup>6</sup>

**RESUMO** – A área foliar possui correlação entre as atividades fotossintéticas e de transpirações das espécies vegetais, uma vez que esta reflete a capacidade da planta em interceptar as radiações e efetuar as trocas gasosas. Dessa forma, torna-se um importante indicativo da produtividade das culturas agrícolas. Tendo em vista a escassez de trabalhos sobre a estimativa da área foliar do abacaxizeiro, torna-se objetivo deste trabalho identificar equações para a determinação da área foliar do abacaxizeiro cv Vitória utilizando relações alométricas das plantas. Foram utilizadas 120 plantas de abacaxizeiro, coletadas aleatoriamente no momento da indução floral artificial, que ocorreu aos 270 dias após o plantio. Foram mensurados altura (h) e número de folhas (NF), comprimento (C) e largura (L) da folha “D” e o produto destas duas últimas variáveis (CxL). Os dados foram submetidos à análise de regressão e selecionou-se a equação que melhor se ajustou às correlações. A validação dos modelos utilizou 60 novas plantas, e os valores obtidos foram avaliados por meio do coeficiente de determinação ( $R^2$ ), correlação de Pearson (r), erro médio (EA), erro médio absoluto (ERA) e raiz do quadrado médio do erro (RQME). O modelo que utilizou o produto das dimensões lineares ( $AF=19,298*(C \times L)-559,9*$ ) mostrou-se o mais adequado para a estimativa da área foliar do abacaxizeiro, devido aos baixos erros encontrados, alta correlação e fácil mensuração.

**Termos para indexação:** abacaxi, dimensões lineares, biometria.

## LEAF AREA ESTIMATIVE OF PINEAPPLE (CV. VITORIA) USING ALLOMETRIC RELATIONSHIPS

**ABSTRACT** – The plant leaf area has correlation between the photosynthesis activity and plant transpiration, once reflect the plant capacity to intercept the radiation. Therefore can be an important indicative of productivity in agricultural crops. Front of the scarcity of studies about pineapple leaf area, this study aimed identify equations to determine the pineapple leaf area (cv Vitoria) by alometric relationships. 120 pineapples plants were used and collected at the moment of flower induction, 270 days after transplanting. Height (h) and number of leaves (NF), length (C) and width (L) of “D” leaf were measured. The product of length and width (CxL) was considered as an additional variable. The data was analyzed with regression analysis and was chose the equation that presented the best correlation. The model validation used 60 new plants and the results was evaluated by coefficient of determination ( $R^2$ ), Pearson correlation (r), mean error (EA), absolute mean error (ERA) and the root mean square error (RQME). The product of length and width like variable ( $AF=19,298*(C \times L)-559,9*$ ) was the best to determine the leaf area in the pineapple, with low errors, high correlation and facility on the measurement.

**Index terms:** pineapple, linear dimensions, biometry.

<sup>1</sup>(Trabalho 216-13). Recebido em: 20-05-2013. Aceito para publicação em: 13-02-2014.

<sup>2</sup>Engenheiro Agrônomo, Doutorando em Engenharia de Sistemas Agrícolas, ESALQ/USP. e-mail: jpbausen@usp.br

<sup>3</sup>Engenheiro Agrônomo, pós-doutorando, University of Nebraska – Lincoln e-mail: avdiotto@usp.br

<sup>4</sup>Engenheiro Agrônomo, Prof. Titular ESALQ/USP. E-mail: mvfolega@usp.br

<sup>5</sup>Engenheiro Agrícola, Prof Adjunto UFRRJ. E-mail: irriga@ufrj.br

<sup>6</sup>Engenheira Agrônoma, Prof. Doutor ESALQ/USP. E-mail: soniamsp@usp.br

## INTRODUÇÃO

A análise de crescimento de plantas baseia-se no fato de que cerca de 90% da atividade fotossintética resulta em matéria seca acumulada (BENINCASA, 1988). Por apresentar relação direta com a atividade fotossintética, a área foliar é uma variável do crescimento determinante na produtividade das plantas, uma vez que a fotossíntese realizada depende da interceptação da energia luminosa pelo dossel e da sua conversão em energia química. A eficiência desse processo depende da taxa de fotossíntese por unidade de área e da interceptação da radiação solar (FAVARIN et al., 2002).

A estimativa da área foliar pode ser realizada por meio de instrumentos de medição (métodos destrutivos) ou por modelos de regressão (métodos não destrutivos). Os métodos destrutivos, apesar de serem simples e precisos, apresentam o inconveniente de demandar tempo e provocam a destruição da massa vegetal, não sendo adequados a medições de acompanhamento de crescimento de plantas (LU et al., 2004). Métodos de medição não destrutivos caracterizam-se por estabelecerem relações entre fatores, como área foliar e medições lineares realizadas em folhas, por exemplo. Estes, além de não comprometerem a avaliação de outros parâmetros dependentes da área foliar, reduzem a variabilidade associada a procedimentos de amostragem, bem como permitem que a medida seja realizada várias vezes em diferentes momentos no mesmo indivíduo (LIMA; SILVA et al., 2004).

De acordo com Pinto et al. (2004), a adoção de modelos de regressão ou equações matemáticas para estimativa da área foliar torna-se uma alternativa não destrutiva simples, rápida, confiável e barata. Esses modelos apresentam boa precisão para estimar a área foliar real em função das dimensões lineares, envolvendo medidas de comprimento, largura e área foliar de amostras de folhas, a fim de ajustar equações de regressão e escolher aquelas que apresentam melhor precisão estatística para estimar a área de amostras subsequentes (ARAUJO et al., 2005).

Relações alométricas para a estimativa da área foliar de plantas têm sido empregadas por vários autores (RAMOS et al., 2008; MALAGI et al., 2010; BOSCO et al., 2012). Essas relações são determinadas empiricamente, estabelecendo a forma e a significância entre duas ou mais variáveis biológicas, a forma dessa relação é estabelecida por meio de análises de regressão (NIKLAS, 1994). O método mais comum de descrição de relações alométricas em plantas tem sido a análise de regressão linear (YAMADA et al., 2000). A análise

de regressão estima a relação funcional entre  $Y$  (dependente) e  $X$  (independente), estabelecendo uma média esperada para os valores de  $Y$  para um determinado valor específico de  $X$  (NIKLAS, 1994).

Diversos pesquisadores desenvolveram equações que correlacionam relações alométricas para as mais diversas culturas com alto grau de precisão. Queiroga et al. (2003) estimaram a área foliar de feijão-vagem por meio da largura máxima do pecíolo central. Silva et al. (2004) desenvolveram equações matemáticas para a estimativa da área foliar da macieira por meio da medição do comprimento e maior largura do limbo foliar. Ramos et al. (2008) identificaram equações para a estimativa da área foliar de plantas de pupunheira utilizando a altura, o diâmetro da haste principal, o comprimento e a largura da ráquis foliar. Lima et al. (2008) correlacionaram o comprimento e a largura das folhas de feijão-caupi com a área foliar total das plantas. Bosco et al. (2012) ajustaram equações de regressão linear e quadrática para a estimativa da área foliar em função das dimensões das folhas de macieira e verificaram que os modelos que utilizam comprimento e largura de folhas estimam a área foliar total da planta com acurácia e precisão.

As equações matemáticas para a estimativa da área foliar foram desenvolvidas na busca de um método fácil e rápido de ser executado, sendo uma metodologia importante por adequar-se facilmente ao uso no campo, podendo as avaliações ser realizadas várias vezes ao longo do desenvolvimento da cultura e nas mesmas plantas. No entanto, as pesquisas desenvolvidas sobre a estimativa de área foliar no abacaxizeiro, por meio de relações alométricas, são inexistentes, necessitando de estudos, uma vez que, na literatura, não há equações matemáticas que permitam essa medição na espécie. A obtenção de modelos que permitam estimar a área foliar do abacaxizeiro pode tornar-se uma ferramenta de fácil aplicação, apresentando baixo custo e a não necessidade de destruição das plantas para a obtenção da área foliar, o que permite o acompanhamento do desenvolvimento vegetativo do abacaxizeiro ao longo de todo o ciclo.

Objetivou-se neste trabalho identificar equações para a estimativa da área foliar do abacaxizeiro cv. Vitória utilizando dimensões foliares da folha "D", altura da planta e número total de folhas.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Departamento de Engenharia de Biosistemas da ESALQ/USP (22°42'30"S, 47°30'00"W, altitude de 520 metros) e conduzido em casa de vegetação. O plantio do abacaxizeiro Vitória foi realizado em maio de 2012, em trincheiras abertas ao nível do solo, com dimensões de 3,20 m de comprimento por 0,80 m de largura e 0,50 m de profundidade. Utilizaram-se mudas micropropagadas com tamanho médio de 25 cm dispostas em fileiras duplas com espaçamento de 0,90 x 0,40 x 0,40 m. O solo utilizado no preenchimento das trincheiras corresponde a um perfil classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico (EMBRAPA, 2009), obtido na profundidade de 0,30 m da camada agricultável, proveniente do Câmpus da ESALQ. O monitoramento meteorológico da área experimental foi realizado por meio da instalação, no centro do experimento, de sensores de temperatura e umidade relativa do ar – termoigrômetro modelo HMP45C da Vaisala®, com os dados coletados a cada minuto e média a cada dez minutos. Para coleta e armazenamento dos dados, utilizou-se um sistema automático de aquisição de dados (CR23X, Campbell Scientific®). Os sensores foram instalados a 2 m de altura.

No momento da indução floral artificial, que ocorreu aos 270 dias após o plantio, foram escolhidas aleatoriamente 60 plantas para estudo das equações de estimativa da área foliar. Ainda em campo, foi medida a altura (h, em cm) de todas as plantas selecionadas. Essas plantas foram retiradas da área experimental e, em laboratório, contabilizou-se o número total de folhas (NF) e identificou-se a folha “D” de cada planta. Considera-se a folha “D” como a mais importante do ponto de vista do manejo da cultura. É a folha metabolicamente mais ativa na planta, refletindo o real estado nutricional do abacaxizeiro. Por se tratar de uma folha-referência e ser facilmente destacada das plantas sem prejudicar seu desenvolvimento, foi utilizada para a obtenção das medidas alométricas. Nas folhas “D”, foram mensurados o comprimento (C, em cm) e a largura (L, em cm), determinada pela máxima largura medida, e calculado o produto destas duas variáveis (CxL, em cm<sup>2</sup>). Esses dois últimos parâmetros foram medidos com auxílio de uma régua milimetrada. Todas as medidas foram realizadas seguindo recomendações de Benincasa (1988).

Para testar os métodos de estimativa, a área foliar total das plantas foi obtida por meio do medidor eletrônico CI-203CA (CID Bio–Science). Correlacionou-se a área foliar (Y) com h, NF, C, L e CxL, selecionando-se as equações que melhor se

ajustaram às correlações. Empregou-se a análise de regressão entre a área foliar medida e a área foliar estimada, utilizando-se de 60 novas plantas. As análises de regressão tiveram como variável dependente os caracteres de natureza destrutiva e como independentes os facilmente mensuráveis e não destrutivos.

Para a avaliação do desempenho dos modelos na comparação das estimativas, calcularam-se os coeficientes de correlação de Person (r) e de determinação (R<sup>2</sup>) entre os valores estimados de área foliar ( $\hat{Y}_i$ ) e os valores observados de área foliar da planta por meio do medidor eletrônico ( $Y_i$ ), o erro absoluto (EA), o erro médio absoluto (ERA), a raiz do quadrado médio do erro (RQME) e a menor dispersão dos pontos em relação à área foliar real (Soma dos Quadrados do Resíduo). O erro absoluto (EA) foi calculado por meio da equação 1.

$$EA = \left( \frac{\hat{Y}_i - Y_i}{Y_i} \right) \times 100 \quad (1)$$

em que:  $\hat{Y}_i$  são os valores estimados de área foliar e  $Y_i$  são os valores observados de área foliar por meio do medidor eletrônico.

O erro médio absoluto foi calculado por meio da equação 2.

$$ERA = \frac{\sum_{i=1}^n |\hat{Y}_i - Y_i|}{n} \quad (2)$$

em que: n é o número de plantas amostradas.

A raiz do quadrado médio do erro foi calculada por meio da equação 3.

$$RQME = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - Y_i)^2}{n}} \quad (3)$$

Inicialmente, os dados experimentais foram submetidos ao teste de Kolmogorov-Sminov (P>0,01) para a verificação da normalidade. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa estatístico R, versão 2.2.1 (R. DEVELOPMENT CORE TEAM, 2013).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de comprimento (C), largura (L), produto do comprimento vezes largura (CxL), altura (h), número de folhas (NF) e área foliar (AF) apresentaram distribuição normal, conforme resultados obtidos pelo teste de Kolmogorov-Sminov, portanto não foi necessária a transformação dos dados obtidos. Na Tabela 1, apresenta-se um

resumo das medidas lineares obtidas nas diferentes folhas "D" e a área foliar encontrada por meio do medidor eletrônico CI-203CA (CID Bio-Science).

Sabe-se, que quanto maior a variabilidade das variáveis biométricas avaliadas, melhor será o desempenho do modelo gerado, pois permitirá sua utilização nos diferentes estádios de desenvolvimento da planta. Reinhardt et al. (1992) avaliaram o crescimento vegetativo do abacaxizeiro e verificaram que a utilização de mudas pequenas (< 30 cm) da cultivar Smooth Cayenne resulta, durante todo o ciclo, em comprimento de folha "D", variando entre 35 e 63 cm; largura de folha "D" entre 3,0 a 7,0 cm; número de folhas entre 5 e 50; altura de plantas entre 35 e 70 cm. Observaram ainda que o abacaxizeiro apresenta crescimento sigmoide, o que indica que após o tratamento de indução floral a planta reduz sua taxa de crescimento vegetativo e acúmulo de matéria seca. De acordo com Ventura et al. (2009), as recomendações técnicas de cultivo do abacaxizeiro 'Vitória' são as mesmas empregadas pelos produtores às cultivares Pérola e Smooth Cayenne, sendo que esta cultivar apresenta crescimento, desenvolvimento e porte similares aos da cultivar Pérola. Sendo assim, o conjunto de dados apresentados na Tabela 1 é adequado para o estudo proposto de estimar a área foliar do abacaxizeiro, pois permite a utilização dos modelos gerados durante praticamente todo o crescimento vegetativo do abacaxizeiro, restringindo-se apenas na fase inicial de estabelecimento da cultura. Dessa forma, os resultados obtidos com esta cultivar poderão ser utilizados para estimativa de área foliar de outras cultivares de abacaxi comercialmente produzidas. Vale ressaltar que as folhas do abacaxizeiro 'Vitória' apresentam a forma longa, carnosa, fibrosa, com limbo lanceolado acima da base, da mesma forma que as folhas das demais cultivares de abacaxi, portanto as medidas lineares das folhas obtidas em outras cultivares poderão ser utilizadas nos modelos encontrados neste estudo para estimativa da área foliar do abacaxizeiro.

Salienta-se que o cultivo do abacaxizeiro foi realizado em casa de vegetação e durante a condução das plantas a temperatura máxima variou de 19 a 38°C e a temperatura mínima teve variação de 5 a 22°C. A temperatura mínima média observada de 18°C foi inferior à temperatura média ótima para o abacaxizeiro, que é de 22°C, e a temperatura máxima média de 30°C foi inferior à faixa ótima de temperatura (32°C) recomendada por Reinhardt, Souza e Cabral (2000). A umidade relativa máxima variou de 81 a 93% e a umidade relativa mínima teve variação de 10 a 84%. A umidade relativa média

durante o período de condução do experimento foi de 71%, dentro da faixa ótima de 70% ou superior à recomendada por Reinhardt, Souza e Cabral (2000).

Apesar de verificadas temperaturas abaixo de 15°C e acima de 32°C durante o período de condução do abacaxizeiro, não foi verificada influência da temperatura sobre o desenvolvimento inicial das plantas. Os valores de comprimento de folhas do abacaxizeiro Vitória apresentados na Tabela 1 foram superiores aos obtidos por Cardoso et al. (2013) e Feitosa (2010), que encontraram, respectivamente, valores médios de 61,0 e 64 cm de comprimento máximo de folhas para a mesma cultivar de abacaxi utilizada neste estudo. O valor de área foliar e a altura máxima (Tabela 1) obtidos neste estudo foram superiores ao máximo de 6.500 cm<sup>2</sup> e 64 cm, respectivamente, encontrados por Feitosa (2010) para a cultivar de abacaxi Vitória. Diante do exposto, acredita-se que o cultivo em casa de vegetação não impeça que os resultados aqui obtidos sejam utilizados para cultivos em campo, uma vez que o desenvolvimento das plantas no ambiente protegido foram semelhantes e até mesmo superiores ao desenvolvimento das plantas obtida por outros autores e cultivadas em ambiente aberto.

As relações entre a área foliar das plantas e as características mensuradas foram expressas por meio de equações, sendo que, em todas as correlações, o melhor ajuste das curvas foi o linear (Figura 1). Todos os coeficientes de determinação foram significativos demonstrando que existe estreita correlação entre a área foliar e as medidas lineares das plantas.

O maior coeficiente de determinação foi obtido quando se utilizou o produto do comprimento vezes largura como variável independente ( $R^2 = 0,9361$ ). O ajuste de modelos com a utilização do produto das dimensões foliares também proporcionou desempenhos superiores quando Blanco e Folegatti (2005) estimaram a área foliar de pepino. Os mesmos resultados foram encontrados em plantas de antúrio (SILVA et al., 2008), *Curcuma alismatifolia* e *Curcuma zedoaria* (PINTO et al., 2008), bananeira (ZUCOLOTO et al., 2008) e feijão-de-porco (TOEBE et al., 2012). Os coeficientes de determinação do comprimento e da largura foram inferiores em relação ao produto dessas duas variáveis. Esse resultado mostra que, apesar de os valores de comprimento e largura apresentarem certa dispersão, ao se obter o produto dos parâmetros, as dispersões são minimizadas, proporcionando melhor ajuste do modelo. Os valores de correlação de Pearson ( $r$ ) para a variável independente C\*L foi o maior obtido, comprovando que o produto das dimensões lineares aumenta a intensidade da associação linear entre as



variáveis (Tabela 2). Lima et al. (2012), afirmam que a ausência de polimorfismo foliar nas diferentes idades da planta da mangueira, aliada ao formato lanceolado das folhas durante todo o ciclo, justifica o fato de o produto das dimensões das folhas ser o mais adequado para a estimativa da área foliar. Vale salientar que a ausência de polimorfismo e o formato lanceolado das folhas também são características do abacaxizeiro.

A relação entre a área foliar e o número de folhas resultou no menor coeficiente de determinação encontrado ( $R^2 = 0,4921$ ), resultado similar ao verificado por Ramos et al. (2008) para pupunheira. Segundo Giacomelli (1982), sob boas condições climáticas e nutrição, o abacaxizeiro emite, em média, uma folha por semana. Devido a essa característica, é possível encontrar folhas dos mais variados tamanhos e idades na planta, o que resulta em baixa correlação com a área foliar.

Na Tabela 2, apresentam-se as equações para estimativa da área foliar, o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e a correlação de Pearson ( $r$ ), obtidos por meio da regressão linear entre a área foliar estimada e a observada por meio do medidor eletrônico, bem como o erro absoluto (EA), o erro médio absoluto (ERA), a raiz do quadrado médio do erro (RQME) e a soma dos quadrados dos resíduos (SQR), obtidos por meio da validação das equações encontradas.

A regressão entre a área foliar e o produto das dimensões lineares (CxL) das folhas do abacaxizeiro possibilitou, além de melhor ajuste do modelo linear, os menores valores de EA, ERA, RQME e SQR, bem como o maior valor de correlação de Pearson ( $r$ ) (Tabela 2). Os indicadores de validação do modelo confirmam que o produto das dimensões das folhas do abacaxizeiro é a variável biométrica mais precisa para estimar a área foliar do abacaxizeiro. De acordo com Janssen e Heuberger (1995), quanto mais o valor de  $R^2$  se aproximar de 1,0 e quanto mais os valores de erro (EA, ERA e RQME) se aproximaram de zero, maior é a precisão do modelo ajustado.

Resultados semelhantes foram obtidos por Cargnelutti Filho et al. (2012), quando verificaram que o ajuste do modelo linear, por meio do produto das dimensões das folhas de nabo-forrageiro com a área foliar da planta, resultou em ERA de 10,1069% e RQME de 13,8098%. Bosco et al. (2012) verificaram que os ERA e RQME apresentaram valores próximos a zero, considerando o modelo linear com a regressão entre o CxL pela área foliar da planta. Os mesmos autores observaram que a variação da área foliar foi explicada pelo produto CxL, em 99% dos casos estudados. Maracajá et al. (2008) optaram por estimar a área foliar do juazeiro

pela equação do tipo linear que utilizou o produto CxL, por ter apresentado menor SQR e maior valor de  $R^2$  (0,9937). Ao estimar a área foliar de plantas de girassol por meio de medidas alométricas, Aquino et al. (2011) verificaram que o melhor ajuste dos modelos lineares e quadráticos foi obtido com o produto CxL, resultando em menor RQME e maior  $R^2$ .

Segundo Maldaner et al. (2009), modelos que usam apenas uma variável biométrica são preferíveis, uma vez que reduzem pela metade o número de medições quando comparados com o produto das dimensões lineares das folhas. O modelo linear gerado com as variáveis biométricas C e L resultaram em ERA e RQME (Tabela 2) inferiores aos erros encontrados por Roupheal et al. (2007), Toebe et al. (2010) e Bosco et al. (2012), quando geraram modelos de estimativa da área foliar com as mesmas variáveis para girassol, crambé e macieira, respectivamente. Considerando estudos comparativos, que não necessitam de elevada precisão dos resultados, ou casos de manejo de irrigação, em que procura um valor médio de área foliar, pode-se optar pelo uso de apenas uma variável biométrica (C ou L) para a estimativa da área foliar. No entanto, se o objetivo exigir maior precisão, recomenda-se o uso do produto das dimensões das folhas (CxL).

Neste trabalho, observou-se que as equações lineares, obtidas por meio de relações alométricas, conforme apresentadas na Tabela 2 e Figura 1, estimaram de maneira adequada a área foliar do abacaxizeiro, podendo ser utilizadas como alternativa rápida, barata e não destrutiva. Vega et al. (2004) verificaram que o modelo potencial é o mais indicado para estimar a área foliar de pupunheira com a variável independente espessura da ráquis foliar. Maldaner et al. (2009) afirmaram que o modelo tipo potência é o mais adequado para a estimativa da área foliar de girassol, resultado confirmado por Aquino et al. (2011). No entanto, Bosco et al. (2012) verificaram que o modelo linear gerado para a estimativa da área foliar de macieira apresentou desempenho igual ao modelo potencial. Resultados semelhantes foram encontrados por Coelho Filho et al. (2005), que verificaram que o modelo de melhor ajuste para a estimativa da área foliar de lima-ácida é o linear, resultados semelhantes aos encontrados para videira. (GONÇALVES et al., 2002), mamoeiro (CAMPOSTRINI; YAMANISHI, 2001) e aveleira (CRISTOFORI et al., 2007).

As relações estabelecidas neste estudo referem-se às plantas com dimensões lineares apresentadas na Tabela 1. Portanto, os modelos gerados somente apresentarão resultados semelhantes

aos encontrados neste trabalho em plantas com as mesmas características. Dessa forma, os modelos gerados permitirão a estimativa da área foliar do abacaxizeiro com o mínimo de recursos, e sendo um método não destrutivo permitirá o acompanhamento do crescimento vegetativo do abacaxizeiro, podendo tornar-se uma ferramenta de definição do momento da indução floral artificial, uma vez que a mesma só deve ser feita em plantas bem desenvolvidas e vigorosas, que serão capazes de produzir frutos com tamanho adequado à comercialização. Reinhardt et al. (1986) e Cunha (1989) verificaram que plantas com pequeno

desenvolvimento vegetativo ultrapassam o período de dias curtos e baixas temperaturas sem sofrer o estímulo da diferenciação floral natural, porém não estarão aptas à indução floral artificial, pois há correlação direta entre o porte da planta e o peso do fruto. A área foliar é uma variável de crescimento reconhecida pela sua importância como indicativo da produtividade da planta, uma vez que a fotossíntese realizada pelas plantas depende da interceptação da energia luminosa pelo dossel e de sua conversão em energia química.

**TABELA 1** – Mínimo, máximo, amplitude, média, mediana, desvio-padrão e coeficiente de variação (CV), do número de folhas (NF), da altura (h), do comprimento (C) e largura (L) da folha “D”, do produto do comprimento vezes largura (C<sup>x</sup>L) e da área foliar obtida pelo medidor eletrônico (Y<sub>i</sub>)

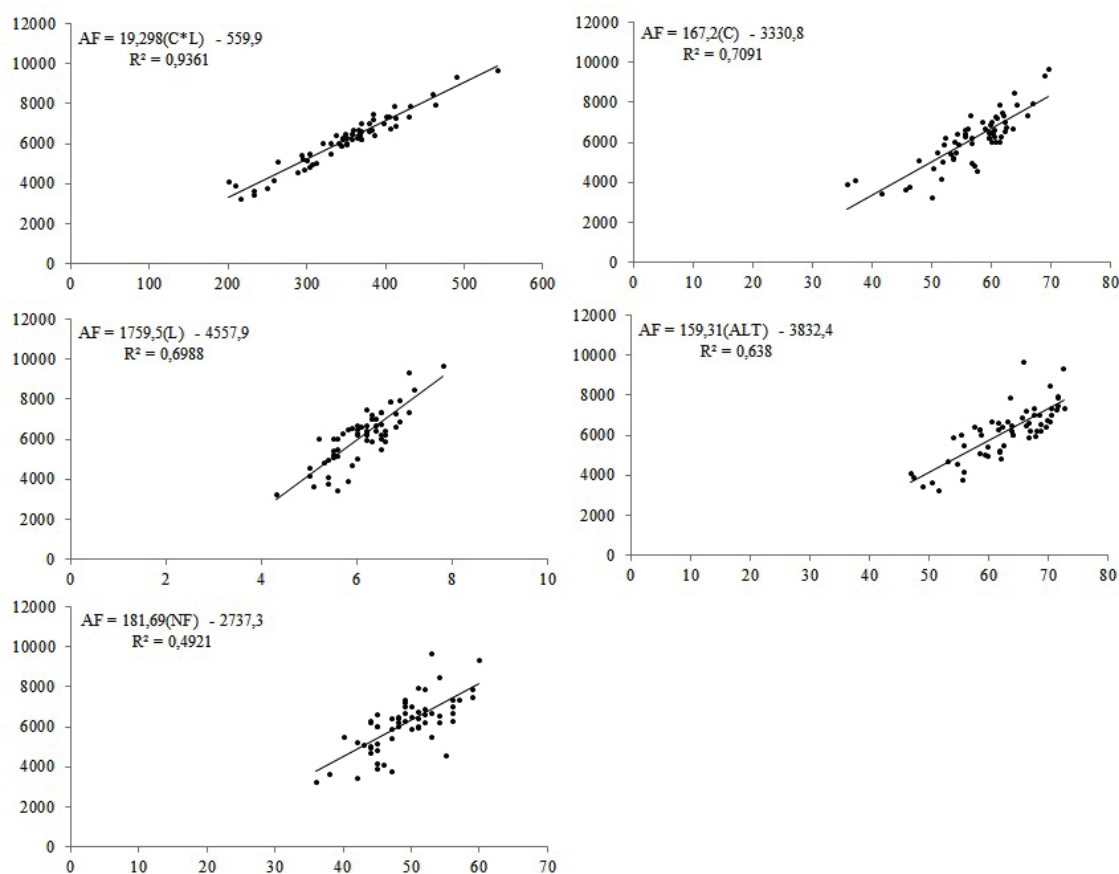
Estatística	NF	h (cm)	C (cm)	L (cm)	C <sup>x</sup> L (cm <sup>2</sup> )	Y <sub>i</sub> (cm <sup>2</sup> )
Mínimo	36,00	47,08	35,90	4,30	200,34	3 258,52
Máximo	60,00	72,60	69,50	7,80	542,10	9 719,41
Amplitude	24,00	25,60	33,60	3,50	341,76	6 460,89
Média	49,07	62,83	56,87	6,10	349,14	6 177,72
Mediana	49,00	63,70	57,95	6,20	353,96	6 302,20
Desvio-Padrão	5,11	6,64	6,67	0,63	66,42	1 324,74
CV (%)	10,00	11,00	12,00	10,00	19,00	21,00

**TABELA 2** – Equações para a estimativa da área foliar, coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) e correlação linear de Pearson (r), erro absoluto (EA), erro médio absoluto (ERA), raiz do quadrado médio do erro (RQME) e a soma do quadrado dos resíduos (SQR)

Variável	Equação	R <sup>2</sup>	r	EA	ERA	RQME	SQR
C <sup>x</sup> L	AF=19,298*(C <sup>x</sup> L)-559,9*	0,9361	0,9675**	5,98	5,45	7,83	115.940,97
C	AF=167,2*(C)-3330,8*	0,7091	0,8420**	12,48	12,19	14,74	528.083,56
L	AF=1759,5*(L)-4557,9*	0,6988	0,8359**	14,99	13,97	17,50	546.767,50
h	AF=159,3*(h)-3823,4*	0,6380	0,7987**	12,69	13,03	16,17	657.242,23
NF	AF=181,69(NF)-2737,3*	0,4921	0,7015**	25,56	24,69	32,04	922.003,64

\*significativo a 1% de probabilidade

\*\* Coeficiente de correlação difere de zero, pelo teste t, em nível de 5% de probabilidade.



**FIGURA 1** – Curvas ajustadas para a estimativa da área foliar ( $\text{cm}^2$ ) do abacaxizeiro, em função do produto do comprimento vezes a largura (CxL), do comprimento (C) e largura (L), da altura (h) e do número de folhas (NF).

## CONCLUSÕES

1 – A área foliar do abacaxizeiro pode ser estimada por meio de relações alométricas.

2 – O modelo linear determina com boa precisão a área foliar em função do produto comprimento vezes largura, sendo adequado para estimar a área foliar do abacaxizeiro.

3 – Não se recomenda o uso da variável número de folhas para a estimativa da área foliar do abacaxizeiro em função de os erros variaram entre 25,56 e 32,04%.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho é parte da dissertação do primeiro autor, com projeto (2012/04806-7) financiado pela FAPESP.

## REFERÊNCIAS

- 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**, Campinas, v.70, n.4, p.832-836, 2011.
- ARAÚJO, E.C.E.; SANTOS, E.P.; PRADO, C.H.B.A. Estimativa da área foliar da mangueira (*Mangifera indica* L.) cvs. Tommy Atkins e Haden, utilizando dimensões lineares. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.27, n.2, p.308-309, 2005.
- BENINCASA, M.M.P. **Análise do crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP, 1988. 42 p. (Boletim Técnico, 467).
- BLANCO, F.F.; FOLEGATTI, M.V. Estimation of leaf area for greenhouse cucumber by linear measurements under salinity and grafting. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.62, p.305-309, 2005.
- BOSCO, L.C.; BERGAMASCHI, H.; CARDOSO, L.S.; PAULA, V.A.; CASAMALI, B. Seleção de modelos de regressão para estimar a área foliar de macieiras 'Rooyal Gala' e 'Fuji Suprema' sob tela antigranizo e em céu aberto. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.34, n.2, p.504-514, 2012.
- CAMPOSTRINI, E.; YAMANISH, O.K. Estimation of papaya leaf area using the central vein length. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.58, n.1, p.39-42, 2001.
- CARDOSO, M.M.; PEGORARO, R.F.; MAIA, V.M.; KONDO, M.K.; FERNANDES, L.A. Crescimento do abacaxizeiro 'Vitória' irrigado sob diferentes densidades populacionais, fontes e doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 3, p. 769-781, 2013.
- 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**, Campinas, v.71, n.1, p.47-51, 2012.
- COELHO FILHO, M.A.; ANGELOCCI, L.R.; VASCONCELOS, M.R.B.; COELHO, E.F. Estimativa da área foliar de plantas de lima-ácida 'Tahiti' usando métodos não destrutivos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.27, n.1, p.163-167, 2005.
- CRISTOFORI, V.; ROUPHAEL, Y.; MENDOZA-DE GYVES, E.; BIGNAMI, C. A simple model for estimating leaf area of hazel nut from linear measurements. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.113, n.2, p.221-225, 2007.
- CUNHA, G.A.P. Teste preliminar sobre o controle da floração natural do abacaxizeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.11, n.3, p.59-62, 1989.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2009. 367p.
- FAVARIN, J.L.; NETO, D.D.; GARCIA, A.; VILLA NOVA, N.A.; FAVARIN, M. G.G.V. Equações para a estimativa do índice de área foliar do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.6, p.769-773, 2002.
- FEITOSA, H.O. **Crescimento e extração de nutrientes pelo abacaxizeiro cv. Vitória sob doses crescentes de micronutrientes em dois tipos de coberturas do solo**. 2010. 108p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.
- GIACOMELLI, E. J. **Expansão da abacaxicultura no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1982. p.97-110.
- GONÇALVES, C. A. A.; CHALFUN, N. N. J.; REGINA, M. A.; ALVARENGA, A. A.; SOUZA, M. T.; ABRAHÃO, E. Estimativa da área foliar de videira (*Vitis labrusca* L. cv folha de figo) sobre diferentes porta-enxertos. **Ciência e Agrometeorologia**, Lavras, v.26, n.3, p.500-504, 2002.
- JANSSEN, P. H. M.; HEIBERGER, P. S. C. Calibration of process: oriented models. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v.83, p.55-56, 1995.
- LIMA, C.J.D.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. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.21, n.1, p.120-127, 2008.
- LIMA, R.T.; SOUZA, P.J.O.P.; RODRIGUES, J.C.; LIMA, M.J.A. Modelos para a estimativa da área foliar da mangueira utilizando medidas lineares. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.34, n.4, p.974-980, 2012.



- LU, H.Y.; LU, C.T.; WEI, M.L.; CHAN, F.L. Comparison of different models for nondestructive leaf area estimation in taro. **Agronomy Journal**, Amsterdam, v.96, p.448-453, 2004.
- MARACAJA, P.B.; MADALENA, J.A.S.; ARAÚJO, E.; LIMA, B.G.; LINHARES, P.C.F. Estimativa da área foliar de juazeiro por dimensões lineares do limbo foliar. **Revista Verde**, Mossoró, v.3, n.4, p. 0-05, 2008.
- MALAGI, G.; CITADIN, I.; SCARIOT, S.; REIS, L. Modelos não destrutivos para a determinação da área foliar da videira cultivar BRS-Violeta. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.32, n.4, p.1250-1254, 2010.
- MALDANER, L.C.; HELDWEIN, A.B.; LOOSE, L.H.; LUCAS, D.D.P.; GUSE, E.L.; BERTOLUZZI, M.P. Modelos de determinação não destrutiva da área foliar em girassol. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, p.1356-1361, 2009.
- NIKLAS, K.J. **Plant allometry**: the scaling of form and process. Chicago: The University of Chicago Press, 1994.
- PINTO, A.C.R.; GRAZIANO, T.T.; BARBOSA, J.C.; LASMAR, F.B. Modelos para estimativa da área foliar de *Curcuma alismatifolia* e *Curcuma zedoaria*. **Bragantia**, Campinas, v.67, p.549-552, 2008.
- PINTO, A.C.R.; RODRIGUES, T.J.D.; BARBOSA, J.C.; LEITE, I.C. Leaf area prediction models for *Zinnia elegans* Jacq., *Zinnia haageana* Regel and 'Profusion Cherry'. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.61, n.1, p.47-52, 2004.
- QUEIROGA, J.L.; ROMANO, E.D.U.; SOUZA, J.R.P.; MIGLIORANZA, E. Estimativa da área foliar do feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) por meio da largura máxima do folíolo central. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.21, n.1, p.64-68, 2003.
- RAMOS, A.; BOVI, M.L. A.; FOLEGATTI, M.V.; DIOTTO, A.V. Estimativas da área foliar e da biomassa aérea da pupunheira por meio de relações alométricas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.26, n.2, p.138-143, 2008.
- REINHARDT, D.H.; MEDINA, V.M. Crescimento e qualidade do fruto do abacaxi cvs Pérola e Smooth Cayenne. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.27, n.3, p.435-447, 1992.
- REINHARDT, D.H.; SOUZA, L.F.S.; CABRAL, J.R.S. (Org.) **Abacaxi produção**: aspectos técnicos. Brasília: EMBRAPA, 2000. 76p.
- ROUPHAEL, Y.; COLLA, G.; FANASCA, S.; KARAM, F. Leaf area estimation of sunflower leaves from simple linear measurements. **Photosynthetica**, Prague, v.45, p.306-308, 2007.
- SILVA, P.S.L.; BARBIN, D.; GONÇALVES, R.J.S.; FIRMINO, J.D.C.; FONSECA, I.C. Leaf area estimates of custard apple tree progenies. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.26, n.3, p.558-560, 2004.
- SILVA, S.H.M.G.; LIMA, J.D.; BENDINI, H.N.; NOMURAL, E.S.; MORAES, W.S. Estimativa da área foliar do antúrio com o uso de funções de regressão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.243-246, 2008.
- TOEBE, M.; BRUM, B.; LOPES, S.J.; FILHO, A.C.; SILVEIRA, T.R. Estimativa da área foliar de *Crambe abyssinica* por discos foliares e por fotos digitais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.2, p.475-478, 2010.
- TOEBE, M.; FILHO, A.C.; BURIN, C.; FICK, A.L.; NEU, I.M.M.; CASAROTTO, G.; ALVES, B.M. Modelos para a estimativa da área foliar de feijão-deporco por dimensões foliares. **Bragantia**, Campinas, v.71, n.1, p.37-41, 2012.
- VEGA, F.V.A.; BOVI, M.L.A.; SPIERING, S.H.; GODOY JÚNIOR, G. Relações alométricas para a estimativa da fitomassa aérea em pupunheira. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.1, p.104-108, 2004.
- VENTURA, A.J.; COSTA, H.; CAETANO, L.C.S. Vitória, cultivar de abacaxi resistente à fusariose. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 4 p.931-1233.
- YAMADA, T.; YAMAKURA, T.; LEE, H.S. Architectural and allometric differences among *Scaphium* species are related to microhabitat preference. **Functional Ecology**, Oxford, v.14, n. 6, p.731-737. 2000.
- ZUCOLOTO, M.; LIMA, J.S.S.; COELHO, R.I. Modelo matemático para a estimativa da área foliar total de bananeira-‘prata-anã’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.30, n.4, p.1152-1154, 2008.