



<http://dx.doi.org/10.12702/iii.inovagri.2015-a347>

AJUSTES DE MODELOS MATEMÁTICOS PARA O CRESCIMENTO DA BANANEIRA PACOVAN EM CONDIÇÕES DE SEMIÁRIDO

A. L. V. Souza¹, E. F. coelho², M. S. Campos³; K. S. Brito³ ; D. M. de Melo⁴; B. R. de Oliveira⁵

RESUMO: Com a finalidade de determinar a área foliar das plantas empregam-se metodologias destrutivas que são trabalhosas e custosas, uma alternativa a estas técnicas é o emprego de modelagem matemática por meio da aplicação de equações matemáticas para estimativa da área foliar. No caso da bananeira, a aplicação de modelagem pode se traduzir em facilidade, rapidez e praticidade, com o diferencial de preservação das plantas avaliadas. O objetivo deste trabalho foi comparar a qualidade do ajuste de modelos matemáticos não-lineares para estimar o número de folhas e área foliar total de bananeira, com as equações Logística, Schumacher – Johnson e Schumacher, com a cultivar de bananeira Pacovan. O experimento foi instalado no Assentamento Antônio Conselheiro, no município de Barra – BA. As plantas estavam instaladas sob espaçamento de 2,0 m x 2,5 m, sendo irrigadas por microaspersão. As medidas de altura da planta, diâmetro do pseudocaule, comprimento e largura da folha foram obtidas a partir da média de seis avaliações nos intervalos de 90, 160, 189, 232, 280 e 312 dias após o plantio (DAP). As funções foram ajustadas por meio do *software* Labfit[®] foram às equações Logística e Schumacher, sendo a equação de Schumacher-Johnson ajustada pela ferramenta Solver no programa Excel[®] para estimar a Altura média (AM), número de folha (NF) e diâmetro de caule (DC). A precisão dos modelos foi avaliada pelo erro absoluto médio (MEA), raiz média do quadrado dos erros (RMSE),

¹Doutorando, Professor, IF/Baiano, Engenharia Agrícola, NEAS/UFRB. Cruz da Almas – Bahia. Email: andre.souza@si.ifbaiano.edu.br.

²Doutor, Pesquisador, EMBRAPA Mandioca e Fruticultura. Cruz da Almas – Bahia. Email. eugenio.coelho@embrapa.br.

³Doutorando, Engenharia Agrícola, NEAS/UFRB. Cruz da Almas – Bahia. Email: marcosse_ufersa@hotmail.com.

³Doutorando, Engenharia Agrícola, NEAS/UFRB. Cruz da Almas – Bahia. Email: klebsombrito@yahoo.com.br.

⁴Mestrando, Engenharia Agrícola, NEAS/UFRB. Cruz da Almas – Bahia. Email:engdmmelo@gmail.com

⁵Graduando, Engenharia Agrônômica, NEAS/UFRB. Cruz da Almas – Bahia. Email:

benedito.ta@hotmail.com⁴Graduando, Eng. Agrônômica, NEAS/UFRB. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, UFRB, Caixa Postal 82, CEP 44380-000, Cruz das Almas, BA. Email:benedito.ta@hotmail.com

eficiência (EF), coeficiente de determinação ajustado (R_a^2), índice “d” de concordância de Willmott et al. (1985). No parâmetro A altura média (AM) variou de 2,574 m a 6,390 m; AF de 6,544 m² a 11,74 m²; NF de 10,658 a 14,04 folhas e o DC de 0,169 m a 0,375 m. Dentre as funções matemáticas os modelo de Schumacher-Johnson para as variáveis AM e NF e Logística para as variáveis AF e NF apresentaram os melhores ajustes.

PALAVRAS-CHAVE: *Musa spp*, funções não-lineares, área foliar

MATHEMATICAL MODELS SETTINGS FOR GROWTH OF BANANA PACOVAN IN CONDITIONS OF SEMI ARID

A. L. V. Souza², E. F. coelho², M. S. Campos³; K. S. Brito³; D. M. de Melo⁴; B. R. de
Oliveira⁵

ABSTRACT: In order to determine the plant leaf area destructive methods are employed, they are cumbersome and expensive, an alternative to these techniques is the use of mathematical modeling by applying mathematical equations for estimating the leaf area. In the case of banana, the modeling application may translate into simplicity, speed and convenience, with the differential preservation of plants assessed. The objective of this study was to compare the goodness of fit of nonlinear mathematical models to estimate the number of leaves and total leaf area of banana, with the Logistics equations, Schumacher - Johnson and Schumacher, with the cultivar Pacovan banana. The experiment was installed on Settlement Advisor Anthony, in the municipality of Barra - BA. The plants were installed under spacing of 2.0 mx 2.5 m, being irrigated by micro sprinklers. Height measurements of the plant, pseudostem diameter, length and width of the sheet were obtained from the average of six measures in the ranges of 90, 160, 189, 232, 280 and 312 days after planting (DAP). The functions logistics and Schumacher were adjusted by Labfit® software, the function Schumacher - Johnson was adjusted by solver tool in the software Excel® to estimate the mean height (AM), sheet number (NF) and diameter stem (DC). The accuracy of the models was assessed by the mean absolute error (MEA), mean square errors (RMSE), efficiency (EF), adjusted coefficient of determination (R_a^2) index "d" of agreement of Willmott et al.

(1985) The average height parameter (AM) ranged from 2,574 m 6,390 m; AF parameter 6,544 m² to 11.74 m²; NF parameter 10.658 to 14.00 and DC parameter 0.169 m 0.375 m. Among the mathematical functions Schumacher-Johnson model had greater suitability for the AM variable and NC and Logistic model for AF variables.

KEYWORDS: Musa spp, nonlinear functions, leaf area

INTRODUÇÃO

O Nordeste responde por cerca de 37% da área plantada de banana do País, sendo que 17,6% da área plantada nordestina está concentrada no Estado da Bahia com cerca de 1,1 milhões de toneladas produzidas em 2013 (IBGE, 2013).

Lima et. al.(2008) argumenta que a produtividade da bananeira está diretamente relacionada a parâmetros climáticos, parâmetros edáficos e características genéticas das plantas, o que segundo Melo et. al. (2010) pode se traduzir, no Brasil, em uma vantagem, dada a excelente localização geográfica do País e as condições climatológicas adequadas e favoráveis ao cultivo. Dentre as características morfológicas da bananeira a área foliar é um parâmetro de elevada relevância para o estudo dos processos de interceptação de luz, fotossíntese, eficiência de produção de fotoassimilados, e síntese de biomassa (PEREIRA et al., 1997).

A determinação direta da área foliar requer equipamentos sofisticados e caros ou aplicação de técnicas destrutivas, o que impede comparação de efeitos dentro de um mesmo indivíduo (BIANCO et al., 1983). A modelagem matemática pode ser utilizada para estimativa de diferentes parâmetros de crescimento de plantas como a área foliar das bananeiras. Os modelos matemáticos precisam de informações para funcionar e no caso das plantas ocorrem diversas metodologias de avaliação e de tomada de dados para abastecimento desses modelos, dada a grande diversidade de objetivos e de metodologias recomenda-se a escolha de método de fácil execução, que se adapte a cultura alvo do estudo, e que, preferencialmente, preserve as plantas avaliadas. A adequabilidade e empregabilidade da metodologia em campo é um fator que deve ser considerado na escolha, visto que poderão ser realizadas varias avaliações ao longo do tempo com a finalidade de acompanhar o desenvolvimento da cultura, inclusive com avaliação periódica dos mesmos órgãos vegetais, com objetivo de fazer estimativas mais próximas à realidade.

O objetivo deste trabalho foi comparar a qualidade do ajuste de modelos matemáticos não-lineares para estimar o número de folhas e área foliar total de bananeira, cultivar Pacovan cultivada no Projeto de Assentamento Antonio Conselheiro no Estado da Bahia.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado no Projeto de Assentamento Antônio Conselheiro, no município de Esplanada – BA. A região encontra-se inserida no nordeste da Bahia, apresentando clima Aw, segundo a classificação de Köppen, sob as coordenadas geográficas 11° 46' 51" S e 37° 56' 50" W e a altitude de 140 metros.

Genótipos de bananeira cv. Pacovan, foram estudados no ensaio, sendo cultivados no espaçamento de 2,0 m x 2,5 m e irrigados por microaspersão. Para o manejo da irrigação foi utilizado a evapotranspiração da cultura (ETc), calculada a partir da evapotranspiração potencial (ETo) pelo tanque classe A, corrigida pelo coeficiente de cultivo recomendado $k_c = 1,1$ durante todo ciclo (COELHO et al., 2006).

As medidas de altura da planta e diâmetro de caule foram obtidas a partir da média de seis avaliações nos intervalos de 90, 160, 189, 232, 280 e 312 dias após o plantio (DAP). A determinação da área foliar total (m²) foi realizada por meio de método não destrutivo utilizando o número de folhas, comprimento e largura máxima da terceira folha. A contagem de folhas foi efetuada para plantas que apresentavam mais de 50% da área foliar preservada, a estimativa de viabilidade de dossel foliar foi feito visualmente, através de avaliações do estado da folha (tonalidade verde, túrgida e com brilho).

As funções utilizadas, no trabalho, foram as de Logística (**Equação 01**) e Schumacher (**Equação 02**) sendo, ambas, ajustadas por meio do *software* Labfit[®] e a função Schumacher-Johnson (**Equação 03**), ajustadas com a ferramenta Solver do *software* de planilhas eletrônicas Excel[®].

$$\text{Equação (01)} = Y = \frac{A}{(1 + ce^{-kt})};$$

$$\text{Equação (02)} = Y = Ae^{-\frac{k}{t}}$$

$$\text{Equação (03)} = Y = Ae^{-\frac{k}{t+a}}$$

em que,

Y – É a variável independente (AP e PP);

t – É o número de dias após o plantio;

A, k, c, m, e - Parâmetros dos modelos aplicados.

A precisão e acurácia dos modelos foram avaliadas pelo erro absoluto médio (MEA), raiz média do quadrado dos erros (RMSE), eficiência (EF), coeficiente de determinação ajustado (R_a^2), índice “d” de concordância ou exatidão proposto por Willmott et al. (1985).

RESULTADO E DISCUSSÃO

Os valores encontrados para o parâmetro A variaram entre 2,574 m a 6,390m, para altura de planta (AM); 6,544 m² a 11,74 m² para área foliar (AF); 10,658 a 14,04 para número de folhas (NF) e 0,169 m a 0,375 m para diâmetro de caule (DC). O modelo de Schumacher-Johnson obteve o maior valor para o parâmetro A, considerando as variáveis AM e DC. O modelo de Schumacher obteve maior valor para as variáveis AF e NF. Em relação ao parâmetro K, tanto para as variáveis AM, AF e DC, os maiores valores observados correspondem ao modelo de Schumacher-Johnson, enquanto o modelo Logística obteve maior valor observado para a variável NF, respectivamente (**TABELA 01**).

TABELA 01 – Estimativa dos parâmetros (A, c, K, m, Y0, t0) em curvas de crescimento utilizando modelos não lineares ajustados para as variáveis: altura média (AM), área foliar (AF), número de folhas (NF) e diâmetro de caule (DC) para a bananeira genótipo Pacovan.

Modelos	Parâmetros				
	A	C	K	m	A
Altura Média (m)					
Logística	2,5742	17,7261	-0,015300	-	-
Schumacher –Johnson	6,3902	-	397,4767	-	60,1917
Schumacher	4,011	-	-203,300	-	-
Área foliar (m ²)					
Logística	6,5440	19,4700	0,0199	-	-
Schumacher–Johnson	10,0254	-	129,255	-	-23,4604
Schumacher	11,7400	-	-183,1	-	-
Numero Folhas (unidade)					
Logística	11,9600	272,000	-0,07463	-	-
Schumacher–Johnson	10,6578	-	-53,4294	-	221,9211
Schumacher	14,0800	-	-36,2100	-	-
Diâmetro de caule (m)					
Logística	0,1695	8,2870	-0,01493	-	-
Schumacher-Johnson	0,3756	-	378,6056	-	118,2409
Schumacher	0,2329	-	-133,200	-	-

A tabela 2 apresenta os valores dos índices de avaliação para qualidade de ajuste aos modelos propostos. Para o índice MEA observa-se que os modelos que obtiveram menor valor foram Schumacher-Johnson para variável AM (0,04), Logística para AF (0,22) e NF (0,35) e Schumacher para DC (0,0038) ajustando a diferença entre os valores estimados e os valores observados.

A raiz quadrada do erro quadrado médio (RMSE), que especifica o erro médio produzido pelo método, foi menor para as variáveis AM e NF, segundo o modelo de Schumacher-Johnson (0,04 e 0,54), para a variável AF o menor RMSE foi encontrado pelo modelo Logística (0,31) e para a variável DC o RMSE foi idêntico para os todos os modelos testados (0,01).

O avaliador EF, apresentou melhor desempenho para as variáveis AM e NF segundo os modelos de Schumacher-Johnson e os modelos Logística e Schumacher apresentaram melhor eficiência quando avaliadas as variáveis AF e DC, respectivamente. O modelo Schumacher apresentou EF satisfatória para NF, dado que quanto mais próximo a 1 mais preciso é o modelo.

Dentre os modelos testados para AM os resultados para o índice d foram muito próximos entre os modelos, variando entre 0,99 e 1,0, variação de 1%. Para a variável AF esse índice variou entre 0,94 (Schumacher e Schumacher-Johnson) a 0,97 (Logística), sendo a maior variação entre os modelos para a variável NF (24%) e a menor para a variável DC (0,01%). Ressalta-se que a concordância entre os valores observados e estimados cresce à medida que o seu valor se aproxima de 1, atingindo a concordância perfeita.

Na variável NF o coeficiente de determinação (R^2_a) apresentou bons ajustes para os modelos de Logística, Schumacher-Johnson, sendo que o de Schumacher teve o menor R^2_a (**TABELA 2**).

TABELA 2 – Avaliadores de qualidade de ajuste dos modelos para as variáveis: altura média (AM), área foliar (AF), número de folhas (NF) e diâmetro de caule (DC) para a bananeira genótipo Pacovan.

Modelos	Coeficientes				
	MEA	RMSE	EF	d	R ^{2a}
Altura Média (m)					
Logística	0,06	0,08	0,98	0,99	0,9878
Schumacher -Johnson	0,04	0,04	0,99	1,00	0,9957
Schumacher	0,07	0,08	0,98	0,99	0,9873
Área Foliar (m ²)					
Logística	0,22	0,31	0,96	0,97	0,9724
Schumacher -Johnson	0,31	0,40	0,94	0,94	0,9529
Schumacher	0,31	0,42	0,94	0,94	0,9484
Numero de Folhas					
Logística	0,36	0,58	0,79	0,81	0,8236
Schumacher -Johnson	0,39	0,54	0,82	0,84	0,8477
Schumacher	0,74	0,85	0,55	0,60	0,6209
Diâmetro de Caule (m)					
Logística	0,01	0,01	0,95	1,00	0,9656
Schumacher -Johnson	0,01	0,01	0,96	1,00	0,9547
Schumacher	0,0038	0,01	0,98	1,00	0,9536

CONCLUSÕES

Dentre as funções matemáticas não lineares o modelo Logístico apresentou maior adequabilidade para descrever a curva de crescimento da área foliar e o número de folhas da cultivar de bananeira Pacovan, seguido pelo Schumacher-Johnson. Sendo o modelo Schumacher o que menos se ajustou aos dados registrados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BIANCO, S.; PITELLI, R. A. & PERECIN, D. Métodos para estimativa da área foliar de plantas daninhas. 2. *Wissadula subpeltata* (Kuntze) Fries. **Planta Daninha**, v.6, n.1, p.21- 24, 1983. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83581983000100004>
- COELHO, E. F.; COSTA, E. L. da; LEDO, C. A. da; SILVA, S. de O. Produtividade e eficiência de uso de água das bananeiras Prata Anã e Grand Naine sob irrigação no terceiro ciclo no Norte de Minas Gerais. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 11, n. 4, p460-468. 2006a.
- IBGE, **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola: Pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras no ano civil**. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, ago/2013. V.26 n°.08, 84p.

LIMA, C. J. G. S.; OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, M. K. T.; FILHO, A. F. O.; Modelos matemáticos para estimativa de área foliar de feijão caupi; **Revista caatinga** (Mossoró,Brasil), v.21, n.1, p.120-127, janeiro/março de 2008.

MELO, A. S.; SOBRAL, L. F.; FERNANDES, P. D.; BRITO, M. E. B.; VIÉGAS, P. R. A. Aspectos técnicos e econômicos da bananeira ‘prata-anã’ sob fertirrigação nos tabuleiros costeiros de Sergipe. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 34, n. 3, p. 564-571, maio/jun., 2010

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapotranspiração**. Piracicaba: Fealq, 1997. 183 p.

WILLMOTT, C. J., S. G. ACKLESON, R. E. DAVIS, J. J. FEDDEMA, K. M. KLINK, D. R. LEGATES, J. O'DONNELL, C. M. ROWE, Statistics for the evaluation and comparison of models, **J. Geophys. Res.**, 90, 8995–9005, 1985. <http://dx.doi.org/10.1029/JC090iC05p08995>