

CRESCIMENTO DO MILHO EM FUNÇÃO DOS GRAUS-DIA ACUMULADOS EM QUATRO ÉPOCAS DE PLANTIO NA REGIÃO DE ARAPIRACA-AL

ADOLPHO E. Q. ROCHA¹, GUILHERME B. LYRA², RUI P. MEDEIROS³, JOSÉ L. SOUZA², GUSTAVO B. LYRA⁴, RICARDO A. FERREIRA JÚNIOR⁵, LEOPOLDO A. SÁ¹ e ADRIANO B. MOURA¹

¹Graduando em Agronomia, Universidade Federal de Alagoas (UFAL) - Centro de Ciências Agrárias (CECA),
adolphi Quintela@hotmail.com. (82) 9612-7132.

²Professor da Universidade Federal de Alagoas (UFAL) – Centro de Ciências Agrárias (CECA).

³Mestre em Produção Vegetal, Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

⁴Professor da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica-RJ.

⁵Doutorando em Energia na Agricultura, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu-SP.

Apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 18 a 21 de Julho de 2011 – SESC Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari - ES

RESUMO: Objetivou-se neste trabalho avaliar o crescimento do milho em função dos graus-dia acumulados através do ajuste de dois modelos de crescimento. O experimento foi conduzido no período de maio a outubro de 2008, no povoado Batingas, município de Arapiraca, Alagoas. Utilizou-se a variedade AL Bandeirantes, em delineamento estatístico experimental de blocos casualizados, como quatro tratamentos, que consistiram de épocas de plantio (E1-06/05, E2-19/05, E3 10/06 e E4 - 30/06/2008) e seis repetições. Foram ajustados os modelos de crescimento logístico (altura do dossel) e pico log normal (IAF) em função dos graus-dia acumulados. As maiores alturas observadas ocorreram nas épocas E2 e E3, aos 1.505 e 1.485GD, respectivamente. Os valores de IAF final se mostraram menor quanto mais tardia a época de plantio, principalmente por causa do déficit hídrico. Os modelos utilizados apresentaram ajustes satisfatórios para as variáveis analisadas.

Palavras-chave: altura do dossel, índice de área foliar, *Zea mays* L.

MAIZE GROWTH AS FUNCTION OF ACCUMULATED DEGREE-DAYS OVER FOUR DIFFERENT PLANTING PERIODS IN THE REGION OF ARAPIRACA-AL

Abstract: This work aimed to evaluate the maize growth as function of accumulated degree-days through the fitting of two growth models. The experiment was carried out during the period of May until October of 2008 in Batingas village, Arapiraca, Alagoas. The cultivar AL Bandeirantes was the one used for this experiment, in a randomized outline with 4 treatments: planting periods E1, E2, E3 and E4 (E1-06/05, E2-19/05, E3-10/06 and E4-30/06/2008) with 6 repetitions. The logistic growth models (Sward height) and log normal peak (LAI) were fitted as function of accumulated degree-days. The highest heights observed in this work occurred on E2 and E3 periods, in 1.505 and 1.485DG, respectively. The final LAF values have shown to be shorter the more delayed the planting season is, mainly because of water deficit. The models used in this work showed satisfactory fittings for the evaluated variables.

Key-Words: sward height, leaf area index, *Zea mays* L.

INTRODUÇÃO: Compreender o crescimento e o desenvolvimento das culturas agrícolas é uma das práticas mais importantes quando se almeja altas produtividades. Entretanto, o

monitoramento do crescimento requer a utilização de práticas que demandam tempo e que oferecem resultados com alto grau de variação. Partindo deste pressuposto, verifica-se que são necessárias utilizações de técnicas que exijam menos tempo e que forneçam resultados precisos, como o desenvolvimento de modelos de crescimento, que além de serem eficientes (Lyra et al., 2003; Lyra et al., 2008), permitem análises passadas e futuras em função do tempo, e principalmente das condições ambientais, sobretudo da temperatura, que de acordo com Gadioli et al. (2000) tem se mostrado mais eficiente na avaliação do desenvolvimento do milho. A relação entre o desenvolvimento e crescimento das plantas e a temperatura é avaliado através de um índice bioclimático, denominado graus-dia, que se refere ao acúmulo de temperatura pelos vegetais acima de um limite inferior, denominado temperatura basal (Souza, 1996). De acordo com exposto, objetivou-se neste trabalho avaliar o crescimento do milho em função dos graus-dia acumulados através do ajuste de dois modelos de crescimento.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi conduzido no período de maio a outubro de 2008, no povoado Batingas, município de Arapiraca, Alagoas (09°48'55,1" S, 36°36'22,8" W e 236m). O solo do local foi classificado como Latossolo, típico da Região dos Tabuleiros Costeiros de Alagoas (EMBRAPA, 1999). Utilizou-se a variedade AL Bandeirantes, semeada no espaçamento de 0,80 m entre linhas e densidade de plantio de 55.000 plantas ha⁻¹. A adubação de cobertura foi efetuada utilizando 100 kg ha⁻¹ de N, na forma de sulfato de amônio, divididos em duas aplicações, quando as plantas apresentavam 4 e 8 folhas totalmente expandidas. Foram realizadas três aplicações de uma solução de micronutrientes, quando as plantas apresentavam quatro, seis e oito folhas totalmente expandidas. O delineamento estatístico experimental foi o de blocos casualizados, com quatro tratamentos, que consistiram de épocas de plantio (06/05, 19/05, 10/06 e 30/06/2008) e seis repetições. Cada parcela do experimento foi composta de 12 linhas de 10 m de comprimento, considerando-se quatro linhas de bordadura. Foram realizadas medições das variáveis altura de planta e índice de área foliar (IAF) utilizando-se como amostra 5 plantas por parcela. As variáveis foram avaliadas em função dos graus-dia acumulados, determinados à partir da metodologia utilizada por Lyra et al. (2003), considerando como temperatura basal 10°C (Villa Nova, 1972). Foram ajustados dois modelos de crescimento, logístico (1) e pico log normal (2), às variáveis altura de planta e IAF, respectivamente, conforme a seguir:

$$w = \frac{w_f}{\left[1 + \left(\frac{w_f}{w_o} - 1 \right) \exp(-rGD) \right]} \quad (1)$$

$$\text{IAF} = a \exp \left(-0,5 \left(\ln \frac{\left(\frac{\text{GD}}{X_o} \right)^2}{b} \right) \right) \quad (2)$$

em que: w (cm) é a variável de crescimento; GD (°C) representa os graus dias acumulados ; w_0 e w_f (cm) correspondem, ao crescimento inicial e final do ciclo da cultura, respectivamente, e r (cm cm⁻¹ °C⁻¹) é a taxa máxima de crescimento relativo; a , b e x_0 são coeficientes de ajuste da equação; e GD são os graus dias acumulados (°C). O ajuste dos modelos foram avaliados através do coeficiente de regressão (R^2), e a associação entre os dados observados e estimados pelo modelo, através do índice de concordância de Willmott (1982), representado pela letra “d”, que varia de 0 a 1, sendo que quanto mais próximo de 1, maior concordância entre os dados observados e estimados. Na avaliação das taxas de crescimento máximo relativo estimadas e observadas utilizou-se a metodologia utilizada por Lyra et al. (2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Durante o período experimental, a temperatura média do ar foi de 22,6, 22,6, 22,7 e 22,3°C, para as épocas E1, E2, E3 e E4, respectivamente (Figura 1). Ocorreram temperaturas máximas de 31,8°C nas épocas E3 e E4, e 31,3°C nas E1 e E2, enquanto que as temperaturas mínimas registradas foram de 15,1°C, em todas as épocas. Em relação às variáveis avaliadas no experimento, as maiores alturas de planta observadas foram de 240 cm, que ocorreram nas épocas E2 e E3, aos 1.505 e 1.485GD, respectivamente. As menores alturas máximas observadas ocorreram aos 1.493 e 1.519GD, proporcionados pelas épocas E1 (235 cm) e E4 (226 cm). Ou seja, foram superadas em 2 e 6% (Figura 1).

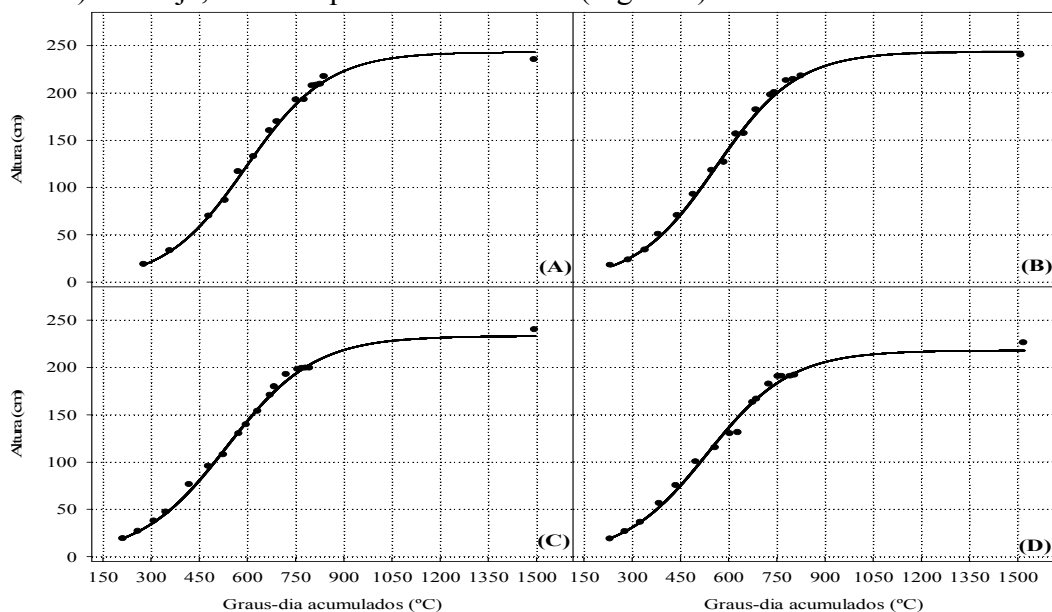


FIGURA 1. Valores observados e estimados da altura de planta (h, cm) para o milho, variedade AL Bandeirantes, para as épocas de plantio, E1(A), E2(B), E3(C) e E4(D).

As plantas apresentaram maior altura máxima estimada na época E2 (243,5 cm), semelhante à observada. As alturas máximas estimadas e observadas diferiram em apenas 1,5%. As menores alturas máximas estimadas diferiram das observadas em relação à época de plantio. Enquanto que as observadas ocorreram nas épocas E1 e E4, estas ocorreram nas E3 (233,4 cm) e E4 (217,8 cm). A maior diferença entre dados de alturas máximas observadas e estimadas foi de 4% na época 4. Observou-se que o modelo superestimou tais os valores nas épocas E1 e E2, e subestimou nas E3 e E4. O modelo logístico apresentou altos valores de coeficiente de regressão, que variaram entre 0,996 e 0,999. Estes valores foram superiores aos encontrados por Andrade et al. (2009), que ajustou outro modelo logístico na cultura do sorgo, e obtiveram coeficientes entre 0,91 e 0,99. Todos os parâmetros do modelo logístico foram estatisticamente significativos ($p < 0,01$) (Tabela 1).

TABELA 1. Valores estimados dos parâmetros do modelo logístico e coeficientes de regressão. Valores entre parênteses representam o erro padrão da estimativa.

Tratamentos	Graus-dia acumulados			
	Parâmetros			
	w_f	w_0	r	R^2

E1	243,1** ($\pm 4,5$)	2,2** ($\pm 0,1$)	0,0079** ($\pm 0,0002$)	0,999
E2	243,5** ($\pm 6,6$)	2,7** ($\pm 0,2$)	0,0080** ($\pm 0,0002$)	0,997
E3	233,2** ($\pm 5,0$)	4,4** ($\pm 0,2$)	0,0074** ($\pm 0,0002$)	0,998
E4	217,8** ($\pm 7,1$)	3,6** ($\pm 0,3$)	0,0077** ($\pm 0,0003$)	0,996

** significativo a $p < 0,01$ pelo teste t

Tal ajuste reforça os resultados encontrados na literatura por diversos autores (Maia et al.; 2009; Pires & Calegario, 2007), que observaram que o modelo logístico foi o que melhor se ajustou na descrição do crescimento. A maior taxa de crescimento máximo relativo observada ocorreu na época E3 ($0,0138 \text{ cm cm}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$), que superou a época E1 em 24%, que apresentou taxa de $0,0105 \text{ cm cm}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$. Diferente do observado, a maior taxa de crescimento estimada se deu na época E2 ($0,0080 \text{ cm cm}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$), e a menor na E3 ($0,0074 \text{ cm cm}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$), que diferiram em 8% (Tabela 1). Em comparação entre as taxas observadas e estimadas, estas apresentaram diferenças entre 25 e 43%. O modelo subestimou as taxas de crescimento máximo relativo observadas em todas as épocas. Em relação à avaliação dos dados estimados e observados de altura de planta, os mesmos apresentaram elevada associação pelo que demonstrou os altos valores de “d”, que oscilaram entre 0,998 e 0,999. Em relação à variável IAF, o valor máximo observado (4,3) ocorreu na época E1, aos 839GD, enquanto o menor máximo (3,6) se apresentou aos 806GD, na época E4. Estes valores apresentaram diferença de 15%. As reduções de IAF ocorreram quando as plantas apresentaram valores próximos de graus-dia acumulados, ou seja, aos 1.077, 1.022, 988 e 1.002GD, nas épocas E1, E2, E3 e E4, respectivamente. Na época E4, as plantas apresentaram menor IAF final (0,28), principalmente porque nesta época ocorreu maior déficit hídrico, o que causou maior senescência das folhas. Comportamento contrário ocorreu na época E1, que apresentou menor déficit e completou seu ciclo com maior IAF final (2,85). Os valores de IAF estimados nas diferentes épocas apresentaram comportamento semelhante aos observados, com maior valor na época E1 (4,4) e menor na E4 (3,5) (Figura 2).

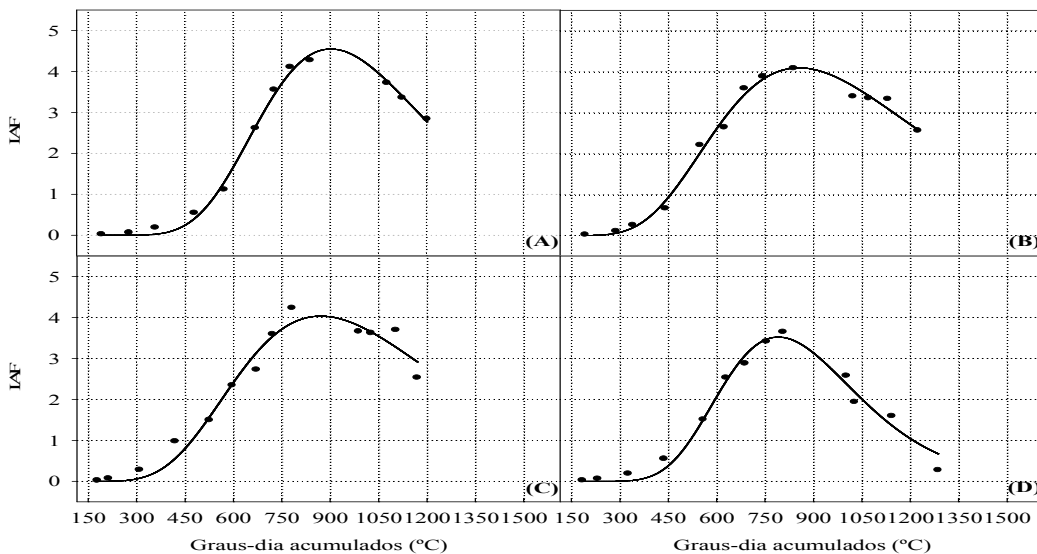


FIGURA 2. Valores observados e estimados de IAF do milho, Variedade AL bandeirantes, para as quatro épocas de plantio, E1(A), E2(B), E3(C) e E4(D).

O modelo pico log normal apresentou coeficientes de regressão que oscilaram entre 0,962 e 0,995, e os parâmetros do modelo apresentaram ajuste significativos ($p < 0,01$). Ou seja, o modelo foi capaz de explicar a maior parte da variabilidade do IAF durante as 4 épocas.

TABELA 3. Valores estimados dos parâmetros do modelo pico log normal e coeficientes de regressão. Valores entre parênteses representam o erro padrão da estimativa.

Tratamentos	Graus-dia acumulados			
	Parâmetros			
	a	b	x_0	R^2
E1	4,6**($\pm 0,0883$)	0,2877**($\pm 0,0083$)	901,7**($\pm 5,0$)	0,995
E2	4,1**($\pm 0,0961$)	0,3739**($\pm 0,0151$)	853,9**($\pm 8,7$)	0,988
E3	4,0**($\pm 0,1756$)	0,3677**($\pm 0,0300$)	869,5**($\pm 17,6$)	0,962
E4	3,5**($\pm 0,1324$)	0,2676**($\pm 0,0133$)	789,6**($\pm 9,3$)	0,973

** significativo a $p < 0,01$ pelo teste t.

Observou-se elevada concordância entre os dados estimados e observados de IAF, visto que os valores de “d” variaram entre 0,999 e 0,992.

CONCLUSÕES: Os valores de altura de planta e IAF se mostraram dependentes das épocas de plantio. Os modelos utilizados apresentaram ajuste satisfatório para as variáveis analisadas. Os dados estimados e observados apresentaram alta associação pelo que mostrou os elevados valores do índice de concordância de Willmott.

REFERÊNCIAS

- GADIOLI, J.L.; DOURADO-NETO, D.; GARCÍA, A.G.; BASANTA, M.V. Temperatura do ar, rendimento de grãos de milho e caracterização fenológica associada à soma calórica. *Scientia Agrícola*, v.57, n.3, p.377-383, jul/set. 2000.
- LYRA, G.B.; SOUZA, J.L.; LYRA, G.B.; TEODORO, I.; MOURA FILHO, G. Modelo de crescimento logístico e exponencial para o milho BR 106, em três épocas de plantio. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.7, n.3, p.211-230, 2008.
- LYRA, G.B.; ZOLNIER, S.; COSTA, L.C.; SEDIYAMA, G.C.; SEDIYAMA, M.A.N. Modelos de crescimento para a alface (*Lactuca sativa* L.) cultivada em sistema hidropônico sob condições de casa-de-vegetação. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.11, n.1, p.69-77, 2003.
- MAIA, E.; SIQUEIRA, D.L.; SILVA, F.F.; PETERNELLI, L.A.; SALOMÃO, L.C.C. Método de comparação de modelos de regressão não-lineares em bananeiras. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.39, n.5, p.1380-1386, ago, 2009.
- PIRES, L.M.; CALEGARIO, N. Ajuste de modelos estocásticos lineares e não-lineares para a descrição do perfil longitudinal de árvores. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.31, n.5, p.845-852, 2007.
- SOUZA, A. Relações entre estádios fenológicos de três cultivares de arroz e graus-dia e dias de calendário para a microrregião de Dourado-MS. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 11(1/2): 18-24, 1996.
- VILLA NOVA, N.A.; PEDRO JÚNIOR, M.J.; PEREIRA, A.R.; OMETTO, J.C. Estimativa de graus-dias acumulados acima de qualquer temperatura base em função das temperaturas máxima e mínima. *Caderno de Ciências da Terra*, v.30, p.1-1, 1972.
- WILLMOTT, C.J. On the validation of models. *Physical Geography*, v.2, p.184-194, 1981.