

## MODELO LOGÍSTICO DE CRESCIMENTO DE BIOMASSA DE MILHO CULTIVADO SOB DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO

Itamar Gomes dos Santos Júnior<sup>1</sup>, Wemerson Saulo da Silva Barbosa<sup>2</sup>, Iêdo Peroba de Oliveira Teodoro<sup>3</sup>, Jair Quintela da Silva Junior<sup>4</sup>, José Wanderson Silva dos Santos<sup>5</sup>,  
Alexsandro Claudio dos Santos Almeida<sup>6</sup>

**RESUMO:** Os estudos de crescimento vegetal requerem qualificação científica e tempo de pesquisa que inviabiliza esses trabalhos em cultivos comerciais. Por isso, o uso de modelos matemáticos ou empíricos calibrados a partir de experimentos de campo pode estimar com bons níveis de precisão o crescimento das culturas em função das condições ambientais do cultivo. Esse trabalho teve como objetivo avaliar o modelo logístico de crescimento para estimar o acúmulo de biomassa do híbrido de milho AG 7088 VTPRO3 em função de dias após o semeio e diferentes doses de nitrogênio. O experimento foi conduzido entre 29/02 a 20/06/2016, na região de Rio Largo-AL. O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas com cinco lâminas de irrigação nas parcelas e quatro doses de nitrogênio nas subparcelas. Porém, no presente trabalho será analisado apenas o efeito das doses de nitrogênio. O modelo logístico de crescimento apresentou ajustes estatísticos significativos as variáveis de crescimento final ( $p \leq 0,01$ ) e crescimento relativo ( $p \leq 0,05$ ), e coeficiente de determinação entre 0,98 e 0,99. O modelo logístico de crescimento tem boa performance para estimativa da variável de crescimento, biomassa de milho híbrido.

**PALAVRAS-CHAVE:** Matéria seca, modelagem, *Zea mays* L.

## LOGISTIC MODEL GROWTH OF MAIZE BIOMASS CULTIVATED UNDER DIFFERENT NITROGEN RATES

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Agrônômica, CECA-UFAL. Maceió – Alagoas. E-mail: itamar.junior@ceca.ufal.br

<sup>2</sup> Eng. Agrônomo, Doutorando em Produção Vegetal CECA/UFAL. Maceió – Alagoas. E-mail: agrowssb@gmail.com

<sup>3</sup> Graduando em Engenharia Agrônômica, CECA-UFAL. Maceió – Alagoas. E-mail: iedo\_peroba@hotmail.com

<sup>4</sup> Graduando em Engenharia Agrônômica, CECA-UFAL. Maceió – Alagoas. E-mail: jair.junior@ceca.ufal.br

<sup>5</sup> Graduando em Engenharia Agrônômica, CECA-UFAL. Maceió – Alagoas. E-mail: jose.wanderson@ceca.ufal.br

<sup>6</sup> Doutor, Professor Adjunto I-UFAL. CECA/UFAL. Maceió – Alagoas. E-mail: alexssandro.almeida@ceca.ufal.br

**ABSTRACT:** The studies of vegetable growth require qualification scientific and time of research which inviable these works in crops commercial. Therefore, the use of mathematical models or empirical calibrated from field experiments can estimate with good accuracy levels the growth of crops in function of cultivation environmental conditions. The objective in this paper was evaluate the logistic growth model to estimate the accumulation of biomass of maize hybrid of AG 7088 VTPRO3 in function of days after sowing and different rates of nitrogen fertilizer. The experiment was conducted from 29/02 to 20/06/2016, in the Rio Largo, AL region. The experimental design was randomized blocks in scheme of subdivided plots with five irrigation level in the plots and four rates nitrogen in the subplots. But, in the present paper only the effect of nitrogen will be analyzed. The logistic growth model presented was statistically significative to the variables of final growth ( $p \leq 0,01$ ), relative growth ( $p \leq 0,05$ ) and coefficient of determination between 0.98 and 0.99. The logistic growth model has good performance for estimate of the growth variables of maize hybrid biomass.

**KEYWORDS:** Dry matter, modeling, *Zea mays* L.

## INTRODUÇÃO

Nos últimos anos ocorreu uma mudança na dinâmica produtiva do milho (*Zea mays* L.) no Brasil, tendo em vista que sua biomassa vegetal apresenta alto potencial energético seu cultivo antes era destinado unicamente a alimentação humana e animal, porém, passou a ter destaque também na produção de etanol (CONAB 2018). Esse cenário resultou em uma maior exigência na produção desse cereal.

O monitoramento do crescimento das plantas é necessário quando se almeja altos rendimentos e o nitrogênio (N) está diretamente ligado ao crescimento e desenvolvimento vegetal, visto que ocorre diminuição na altura e na área foliar de plantas com deficiência em N, de modo a comprometer a fotossíntese (Taiz e Zeiger, 2013). O nitrogênio participa dos principais processos bioquímicos e fisiológicos da planta e é o nutriente absorvido em maior quantidade pela cultura do milho, como também o mais limitante para a produtividade agrícola (Primo et al., 2011).

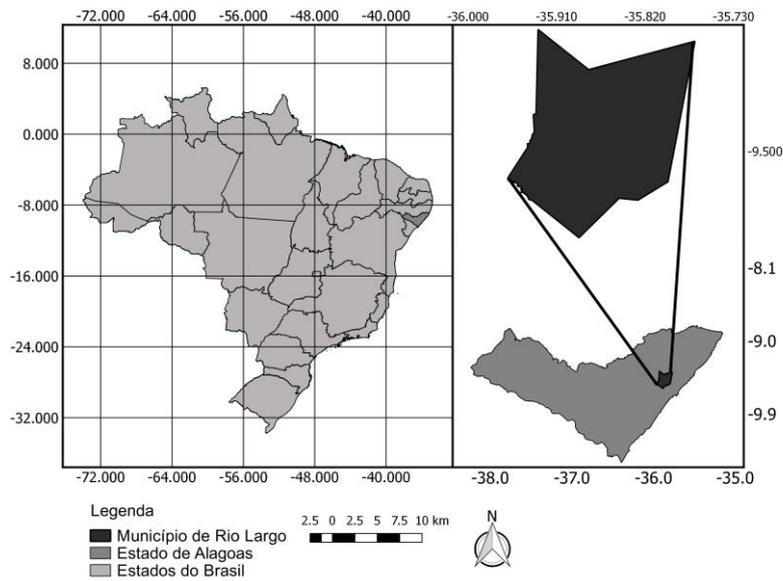
A medida de crescimento vegetal às vezes demanda técnicas destrutivas e tempo de pesquisa que inviabiliza o uso dessas técnicas em áreas agrícolas comerciais. Por isso, faz-se uso de modelos empíricos, semi-empíricos e biológicos ajustados a partir de informações prévias adquiridas em cultivos experimentais (Lyra et al., 2008). A simulação de crescimento

e produção de plantas por meio de modelos é útil para o aprimoramento das práticas de manejo e suporte a decisão agrícola, ao reproduzir quantitativamente o rendimento das culturas sob ambientes distintos.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o modelo logístico de crescimento para o acúmulo de biomassa do milho híbrido AG 7088 VT PRO 3 em função do tempo e doses de nitrogênio.

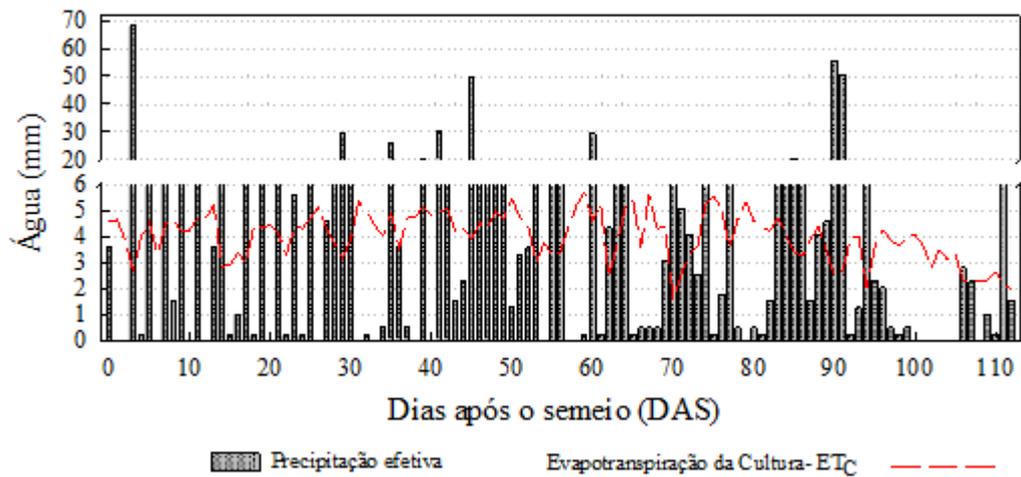
## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, em Rio Largo – AL (Figura 1), em uma área de 0,30 ha ( $09^{\circ}28'02''$  S,  $35^{\circ}49'43''$  W e 127 m). O solo da região é classificado como latossolo amarelo distrocoeso argissólico de textura média/argilosa e topografia com declividade inferior a 2%. A classificação de Thornthwaite e Mather descreve o clima da região como úmido, megatérmico, com deficiência de água moderada no verão e excesso de água no inverno (Souza et al., 2006). A Figura 2 mostra a água disponível e a evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ) durante o experimento. O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados em esquema com parcelas subdivididas, com cinco lâminas de irrigação: 40, 80, 120, 150 e 200 da porcentagem da  $ET_c$  nas parcelas, e quatro doses de nitrogênio (N): 0, 75, 150 e 225 kg ha<sup>-1</sup> nas subparcelas. Porém, no presente trabalho será analisado apenas o efeito das doses de N. O genótipo AG 7088 VT PRO 3 foi semeado em 29/02/2016, com densidade de 50.000 plantas ha<sup>-1</sup> (0,80 m x 0,25 m), aos 15 dias após a semeadura (DAS) foi feita a adubação de cobertura com a dose de N relativa a cada parcela e a colheita foi feita em 23/06/2016.



Fonte: Alpiano Neto (Dados não publicados)

**Figura 1.** Localização da área experimental no estado de Alagoas.



**Figura 2.** Água disponível e ET<sub>c</sub> durante o experimento.

A Biomassa seca total (BST), foi obtida quinzenalmente coletando-se uma planta por sub parcela. Essa planta foi separada em: folhas, colmos, pendões e espigas (Figura 3), armazenado em sacos papel craft e pesadas em uma balança de precisão, posteriormente, foi seca em estufa de ventilação forçada na temperatura de 65° até peso constante, conforme as recomendações da ASAE (2000).



Fonte: BARBOSA, 2016.

**Figura 3.** Colmos (A), folhas (B), pendões (C) e espigas (D) para determinar a biomassa total.

A taxa máxima de crescimento relativo foi estimada conforme a Equação 1:

$$r = \frac{\ln(b_2) - \ln(b_1)}{T_2 - T_1} \quad (1)$$

Em que,

$b_1$  - biomassa atual da planta (cm);

$b_2$  - biomassa anterior da planta (cm);

$T_2$  - idade ou DAS atual (dias);

$T_1$  - idade ou DAS anterior (dias).

A BST do milho foi ajustada ao modelo logístico em função dos DAS para as doses de N, conforme a Equação 2:

$$W = \frac{W_f}{1 + (W_f/W_0 - 1) \exp(-r \sum DAS)} \quad (2)$$

Em que,

$W$  - é a variável de crescimento (cm);

$W_0$  - taxa de crescimento inicial (cm)

$W_f$  - taxa de crescimento final (cm);

$r$  - é a taxa máxima de crescimento relativo ( $g\ g^{-1}\ dia^{-1}$ );

$\sum DAS$  - somatório de DAS no período de crescimento.

As regressões foram realizadas por meio do software Sigmaplot 10, que utiliza o algoritmo de Marquardt-Levenberg para estimar as variáveis a ser estudadas. Esse algoritmo mostra os valores dos parâmetros que minimizam a soma dos quadrados da diferença entre os valores observados e os preditos da variável dependente.

O desempenho do modelo foi avaliado pelo coeficiente de determinação ajustado, representado pela equação 3:

$$R_{ajs}^2 = 1 - \left[ \frac{(1 - R^2)(n - i)}{n - p} \right] \quad (3)$$

Em que,

p - número de parâmetros assumidos pelo modelo;

n - número de amostras ou medidas;

i - é a relação de interceptação da curva dos valores observados com a curva do modelo, considerando 1 se houver interceptação das curvas com os pontos.

Quanto maior for o  $R_{ajs}^2$ , melhor a qualidade do ajuste do modelo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A massa seca total, aos 15 dias após a semeadura, foi 11,74, 11,67, 12,47 e 12,37 g nas áreas adubadas com 0, 75, 150, e 225 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente. E, aos 90 DAS, foram observados os valores máximos 241,68, 295,94, 302,06 e 299,47 g por planta nas mesmas parcelas. As plantas adubadas com 75, 150 e 225 kg ha<sup>-1</sup> de N produziram 18, 20 e 19 %, respectivamente a mais do que as plantas cultivadas sem nitrogênio. Os valores médios foram de 127,54, 153,17, 161,88 e 156,07 g para os tratamentos N = 0, N = 75, N = 150 e N = 225 kg, respectivamente.

O modelo explica a maior parte da variabilidade da BST das plantas (Figura 4),  $R_{ajs}^2$  entre 0,98 e 0,99. O  $W_f$  foi estatisticamente significativo pelo teste t ( $p \leq 0,01$ ), o “t” foi significativo a ( $p \leq 0,05$ ). Entretanto, não houve significância para  $W_0$ .

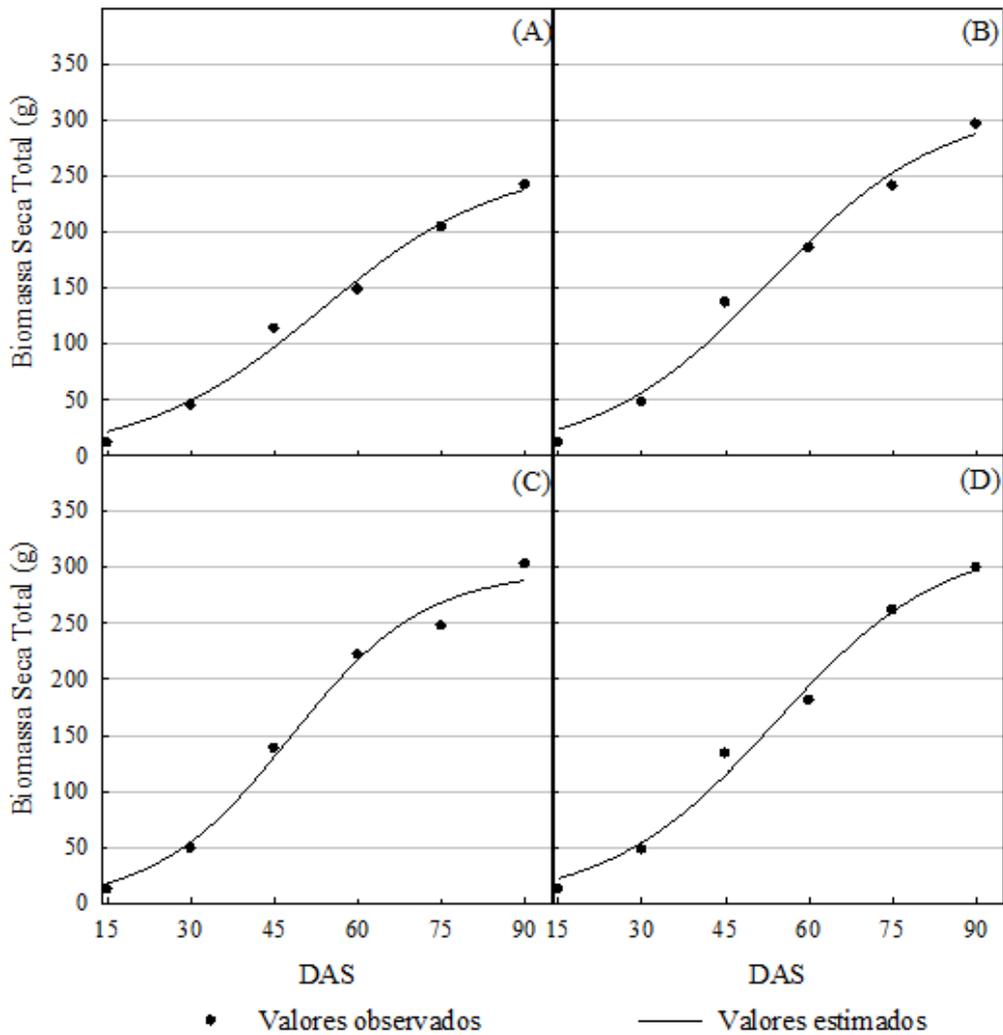
Em relação os valores estimados pelo modelo logístico. O  $W_f$  máximo para BST de planta foi 324,67 e 226,10 g, em áreas adubadas com 225 e 75 kg de N  $ha^{-1}$ . As menores taxas de “r” foram proporcionadas pelos tratamentos N1 = 0 N2 = 75 e N4 = 225 ( $0,06 g g^{-1} dia^{-1}$ ) e, a maior taxa foi observada no tratamento N3 = 150 ( $0,08 g g^{-1} dia^{-1}$ ). A “r” média foi de ( $0,06 g g^{-1} dia^{-1}$ ). O erro padrão de estimativa variou entre  $\pm 19,49$  e  $\pm 33,20$  g para  $W_f$  e  $\pm 0,01$  g para “r” em função dos DAS (Tabela 1).

A variável altura da planta foi ajustada por Lyra et al., (2014) na cultura do milho submetido a doses de N e apresentou  $R^2_{ajs}$  entre 0,989 e 0,994. Ricardo et al., (2012) ao avaliar o crescimento e a produtividade do milho submetidos a doses de N ajustou o modelo para variável altura do dossel e obteve  $R^2_{ajs}$  0,985 e 0,994. Ou seja, o ajuste do modelo é eficiente para estimativas das variáveis altura da planta, altura do dossel e BST.

**Tabela 1.** Coeficientes de ajuste do modelo logístico (matéria seca final ( $W_f$ ), matéria seca inicial ( $W_0$ ), crescimento relativo (r), erro padrão de estimativa (entre parênteses)) e coeficientes de determinação ( $R^2_{ajs}$ ) para Biomassa total de plantas (g) para o milho híbrido AG 7088 VT PRO 3 irrigado em função de doses de nitrogênio em Alagoas.

Dose de N (Kg $ha^{-1}$ )	Parâmetros						
	$W_f$	$W_0$	R	$R^2_{ajs}$			
0	262,10** ( $\pm 28,87$ )	9,13 <sup>ns</sup> ( $\pm 4,71$ )	0,06* ( $\pm 0,01$ )	0,99			
75	312,68** ( $\pm 33,20$ )	9,47 <sup>ns</sup> ( $\pm 5,76$ )	0,06* ( $\pm 0,01$ )	0,98			
150	296,63** ( $\pm 19,49$ )	5,50 <sup>ns</sup> ( $\pm 3,75$ )	0,08* ( $\pm 0,01$ )	0,99			
225	324,67** ( $\pm 28,94$ )	8,64 <sup>ns</sup> ( $\pm 4,56$ )	0,06* ( $\pm 0,01$ )	0,99			

\*\*significativo à nível de 1%; \*significativo à nível de 5%; ns não significativo pelo teste t.



**Figura 4.** Biomassa total de plantas e curvas ajustadas pelo modelo logístico para o milho híbrido AG 7088 VT PRO 3 em função das doses de 0 (A), 75 (B), 150 (C) e 225 (D) kg de nitrogênio em Alagoas.

## CONCLUSÕES

O uso do modelo logístico para a análise de crescimento de biomassa da cultura do milho é eficiente e resulta em boas aproximações com os resultados observados.

## AGRADECIMENTOS

A Fundação de Amparo à Pesquisa no estado de Alagoas (FAPEAL), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Universidade Federal de Alagoas (UFAL) pela concessão de apoio financeiro e bolsas de iniciação científica para a realização desse trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CONAB 2018. **BOLETIM DA SAFRA DE GRÃOS**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em 10/09/2019.

TAIZ, L.; ZIEGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5.ed. Porto Alegre: Artmed. 693p. 2013.

Lyra, G. B. et al. **Crescimento e produtividade do milho, submetido a doses de nitrogênio nos Tabuleiros Costeiros de Alagoas**. *Ceres* 61, p.578-586, julho-agosto 2014.

Lyra, G. B. et al. **Modelo de crescimento logístico e exponencial para o milho BR 106, em três épocas de plantio**. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo* 7, p.211-230, 2008.

Primo, D. C. et al. **Biomassa e extração de nutrientes pelo milho submetido a diferentes manejos de adubos orgânicos na região semiárida**. *SCIENTIA PLENA* 7, p.1-8, agosto 2011.

MORAIS, R. B. G. et al. **Crescimento e produtividade do milho submetido a doses de nitrogênio nos tabuleiros costeiros de Alagoas**. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.16, n.1, p. 109-119, 2017.

SOUZA, J. L. et al. **Umidade do solo em cultivo de feijão com refletômetro de conteúdo de água sob variações de cobertura do solo e de irrigação**. In: XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 2006, João Pessoa. Anais... João Pessoa, agosto de 2006.