

AJUSTE DO MODELO EXPOLINEAR PARA O CRESCIMENTO DE MUDAS DE MAMOEIRO CULTIVADAS EM PETROLINA, PE

JÚLIO CÉSAR FERREIRA DE MELO JÚNIOR¹, AUGUSTO MIGUEL NASCIMENTO LIMA², ÍTALO HERBERT LUCENA CAVALCANTE³

¹ D.Sc. em Engenharia Agrícola, UNIVASF, (87) 2101.4833, julio.melo@univasf.edu.br

² D.Sc em Solos e Nutrição de Plantas, UNIVASF, (87) 2101.4833, augusto.lima@univasf.edu.br

³ D.Sc. em Produção Vegetal, UNIVASF, (87) 2101.4833, italo.cavalcante@univasf.edu.br

Apresentado no
XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015
13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro – SP, Brasil

RESUMO: Com este estudo objetivou-se ajustar o modelo expolinear utilizando como variável independente os graus-dia para a caracterização do crescimento de mudas do mamoeiro (*Carica papaya* L.), formosa cv. Tainung 01, cultivado em viveiro de formação de mudas telado no *Campus* de Ciências Agrárias da UNIVASF. O experimento foi conduzido entre junho a agosto de 2014, sendo a semeadura direta realizada em tubetes com substrato orgânico comercial a base de casca de pinus. O fertilizante utilizado foi o Osmocote[®] (14-14-14) na dose de 9 kg m⁻³, incorporado ao substrato antes da semeadura. A subirrigação foi o método utilizado para atender as necessidades hídricas da cultura, permitindo uma depleção máxima de 15% da massa da capacidade de “container” dos recipientes. Foram coletadas amostras de plantas aos 34, 39, 44, 54, 64 e 77 dias após a semeadura para obtenção da fitomassa seca da parte aérea. Os graus-dia foram obtidos dos dados de temperatura medida por uma estação meteorológica automática instalada dentro do viveiro. O resultado apresentou um coeficiente de determinação (R^2_{ajs}) de 0,8576, bem como valores de taxa máxima de crescimento absoluto (c_m), taxa máxima de crescimento relativo (r_m) e tempo térmico perdido (GDA_p), respectivamente, iguais a 0,0083 g pl⁻¹ °C⁻¹, 0,0257 g g⁻¹ °C⁻¹ e 514,86 °C. Concluiu-se que este modelo pode ser utilizado com elevada precisão nas condições trabalhadas.

PALAVRAS-CHAVE: *Carica papaya* L., parâmetros biofísicos, graus-dia

ADJUSTMENT OF EXPOLIENAR MODEL FOR PAPAYA SEEDLINGS GROWTH CULTIVATED IN PETROLINA, PE

ABSTRACT: With this study aimed to adjust the expolinear model using as independent variable degree days to characterize the papaya (pawpaw) seedlings growth (*Carica papaya* L.) cv. Tainung01 seedlings grown in a canvased shelter in the *Campus* of Agricultural Sciences of UNIVASF. The experiment was carried out from June to August 2014, with direct sowing in small tubes with commercial organic substrate of pinus bark. The fertilizer used was Osmocote[®] (14-14-14) at 9 kg m⁻³ dose, incorporated with the substrate before sowing. The subirrigation method was used to provide water requirements of the seedlings, allowing a maximum depletion of 15% of the mass of container capacity. Plant samples were collected at 34, 39, 44, 54, 64 and 77 days after sowing to obtain the shoot dry biomass. Degree days were obtained from the temperature data measured by an automatic weather station installed in the canvased shelter. The result presented a coefficient of determination (R^2_{ajs}) of 0.8576, and max absolute growth rate (c_m), max relative growth rate (r_m) and thermal lost time (GDA_p) values 0.0083 g pl⁻¹ °C⁻¹, 0.0257 g g⁻¹ °C⁻¹ and 514.86 °C, respectively. It is concluded that this model can be used with high precision under the experimental conditions.

KEYWORDS: *Carica papaya* L., biophysical parameters, degree days

INTRODUÇÃO: Com produção anual de 1,9 milhões de toneladas, o Brasil é o maior produtor mundial de mamão, sendo da região Nordeste a maior contribuição 62,6% (IBGE, 2010). Atualmente, é considerada como uma das fruteiras mais cultivadas e consumidas nas regiões tropicais e subtropicais do mundo, sendo seus frutos excelentes fontes de cálcio, pró-vitamina A e vitamina C, que são frequentemente utilizados em dietas alimentares (SERRANO & CATTANEO, 2010). Sob ótimas condições de disponibilidade de água e nutrientes no solo, o crescimento e o desenvolvimento das culturas são influenciados por elementos meteorológicos, e pelas interações entre o genótipo e práticas de manejo (HONORATO et al., 2014). Nesse contexto, a modelagem do crescimento e desenvolvimento vegetal tem sido realizada por uma síntese dos mecanismos físicos e bioquímicos entre planta e o ambiente, representando-os por meio de funções matemáticas conhecidas como modelos de simulação de crescimento. Assim, os modelos empíricos, semi-empíricos e mecanísticos de crescimento podem ser utilizados, de acordo com suas habilidades, para avaliar a resposta de acúmulo de fitomassa seca das plantas durante fases do período de crescimento ou ao longo do ciclo da cultura, para diferentes climas e sistemas de cultivo. Em particular a função expolinear proposta por GOUDRIAAN & MONTEITH (1990) para a modelagem do crescimento de plantas em um dossel uniforme, incorpora parâmetros que permitem a interpretação biológica (RICHARD, 1959). Considerada semi-empírica, baseia-se na existência de uma relação exponencial no início do ciclo e, posteriormente, linear, entre o acúmulo de matéria seca total e a radiação fotossinteticamente ativa interceptada pelo dossel. Em face do exposto objetivou-se ajustar o modelo expolinear utilizando como variável independente os graus-dia acumulados para a caracterização inicial do crescimento do mamoeiro (*Carica papaya* L.), formosa cv. Tainung 01, em formação em viveiro de mudas telado no Campus de Ciências Agrárias da UNIVASF.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi conduzido em condições de viveiro telado, localizado, nas coordenadas geográficas 9°19'35"S e 40°32'53"O, no campus de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Vale do São Francisco, em Petrolina, PE. A região apresenta clima tipo BSh', seco de estepe muito quente, conforme a classificação climática de Köppen. O mamoeiro (*Carica papaya* L.), cultivar Formosa, genótipo 'Tainung 01' foi à cultura estudada por ser uma espécie de importância do agronegócio de frutas tropicais do país. As plantas foram cultivadas em recipientes tipo tubetes, com altura de 0,131 m e volume de 180 cm³, dispostos na bancada de forma alternada, garantindo o espaçamento de 0,1 m entre plantas, para reduzir a competição intraespecífica. O método direto de semeadura foi o adotado, que por ventura foi realizada em 7 de junho de 2014. A irrigação das mudas foi realizada quando o nível de depleção da água do substrato atingiu 15% da massa da capacidade de "container", ou seja, da capacidade de armazenamento do substrato contido no recipiente de cultivo. Para isso utilizou-se um sistema de subirrigação automatizado que monitorou o consumo de água em uma bandeja de recipientes, sendo acionado automaticamente para repor a quantidade de água consumida pela cultura atendendo adequadamente suas necessidades hídricas. A adubação foi realizada utilizando o fertilizante Osmocote® (14-14-14) na dose de 9 kg m⁻³, incorporado ao substrato antes da semeadura. Esse fertilizante apresenta os macronutrientes revestidos por uma membrana que permite o fornecimento de forma lenta, durante três a quatro meses, e possui a garantia de 14% de nitrogênio total (N), 14% de fósforo (P₂O₅) e 14% de potássio (K₂O) (TECNUTRI, 2014). O substrato orgânico comercial, Tropsolo Max, foi o utilizado para a formação das mudas, sendo constituído por uma mistura a base de casca de pinus, turfa e vermiculita expandida, apresentando segundo o fabricante Vida Verde, densidade absoluta global seca, pH (1,5:1) e CE (1,5:1), respectivamente, iguais a 400 kg m⁻³, 5,8 ± 0,3 e 1,2 ± 0,3 mS cm⁻¹. Das mudas em formação foram coletadas 12 amostras de plantas aos 34, 39, 44, 54, 64 e 77 dias após a semeadura (DAS) para obtenção da fitomassa seca da parte aérea (FSA). Para obtenção da fitomassa seca da parte aérea as amostras de planta foram submetidas à secagem em estufa de ventilação forçada a temperatura do ar de 65°C, até a massa constante do material vegetal. Após a secagem, a fitomassa seca das amostras da parte aérea foi determinada utilizando uma balança de precisão (0,0001g). Os graus-dia foram obtidos dos dados de temperatura medida por uma estação meteorológica automática instalada dentro do viveiro. Para a determinação dos graus-dia acumulados (GDA) foi utilizado o método do menor desvio padrão conforme SCAIFE et al. (1987). Para a temperatura basal inferior utilizou-se o valor de 15 °C segundo a proposta para o mamoeiro realizada por BERILLI et al. (2007). Os dados de FSA e GDA

foram utilizados na determinação dos parâmetros do modelo de simulação de crescimento expolinear (GOUDRIAAN & MONTEITH, 1990) aplicado à cultura do mamoeiro, conforme a equação 1.

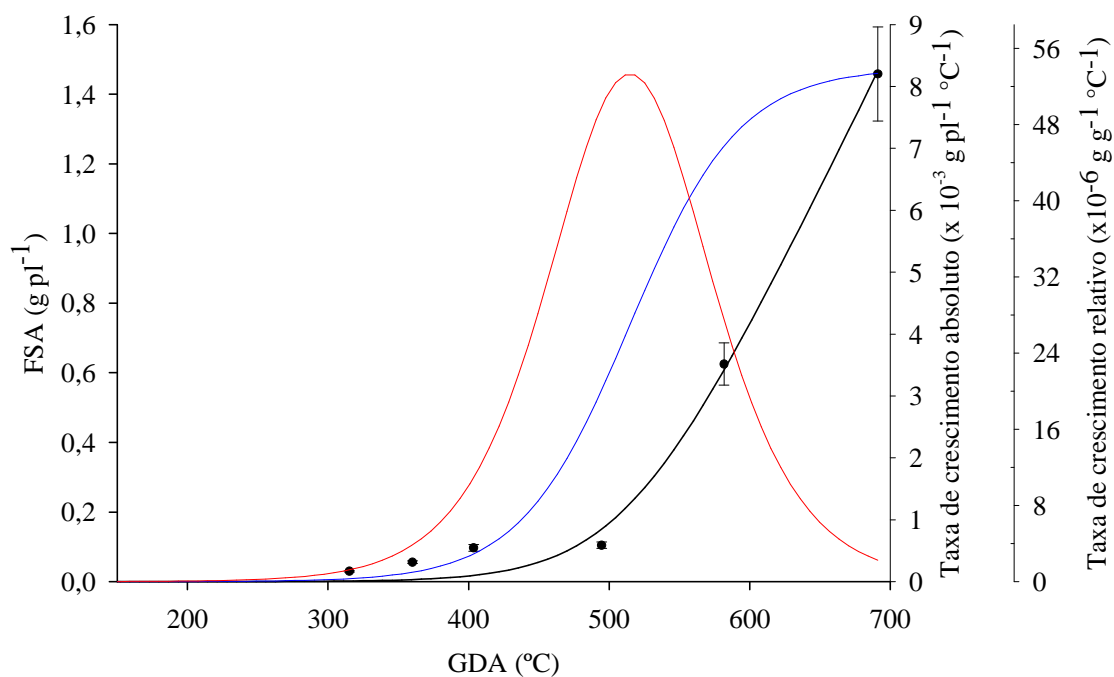
$$FSA = \frac{c_m}{r_m} \ln \left\{ 1 + e^{[r_m (GDA - GDA_p)]} \right\} \quad (1)$$

em que,

FSA = Fitomassa seca acumulada, g pl⁻¹; c_m = taxa máxima de crescimento absoluto, g pl⁻¹ °C⁻¹; r_m = taxa máxima de crescimento relativo, g g⁻¹ °C⁻¹; GDA = graus-dia acumulados, °C⁻¹; e GDA_p = tempo térmico perdido, GDA necessário para o fechamento do dossel, °C⁻¹.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: O modelo de simulação do crescimento expolinear apresentou um bom ajuste para as variáveis de FSA em relação à GDA, com R²_{ajs} igual a 0,8576. HONORATO et al. (2014) observaram para o ajuste do modelo de crescimento expolinear aos dados de biomassa seca total (parte aérea e radicular) acumulada do feijoeiro-caupi, cultivar BRS Pujante, um coeficiente de determinação ajustado (R²_{ajs}) igual a 0,9654. MOURA et al. (2011) utilizando o modelo de crescimento expolinear para simular o crescimento do feijoeiro-caupi, cultivar Guaribas, para dois sistemas de cultivo e observaram que os ajustes dos modelos apresentaram R²_{ajs} iguais a 0,9967 e 0,9808, respectivamente, para o cultivo exclusivo e em consórcio. TEI et al. (1996a) utilizando o modelo expolinear para simular o crescimento de plantas de alface, cebola e beterraba obtiveram valores de R²_{ajs} iguais a 0,993, 0,997 e 0,996, quando consideraram os GDA. LYRA et al. (2003) com o objetivo de ajustar modelos de simulação de crescimento para a cultura da alface obtiveram para o ajuste do modelo expolinear aplicado as cultivares Grand Rapids, Regina e Great Lakes valores de R²_{ajs} iguais a 0,9985, 0,9941 e 0,9981, quando consideraram os GDA. Na Figura 1 estão apresentados os valores de FSA obtidos ao longo do ciclo da cultura do mamoeiro, bem como o modelo expolinear ajustado e as derivadas de primeira e segunda ordem que representam, respectivamente, as taxas de crescimento absoluto e relativo ao longo do ciclo. O ajuste apresentou valores de “c_m”, “r_m” e “GDA_p”, respectivamente, iguais a 0,0083±0,0015** g pl⁻¹ °C⁻¹, 0,0257±0,0127* g g⁻¹ °C⁻¹ e 514,86±31,04** °C. Com os parâmetros ajustados observou-se que após 514,86 °C acumulados, que ocorreu após 56 dias da semeadura (DAS), o dossel da cultura se fecha e essa passa a interceptar a máxima densidade de fluxo de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) o que proporciona após essa fase, uma tendência a atingir “c_m”. Ademais, pela Figura 1 pôde-se observar que em virtude do momento de encerramento do experimento as plantas ainda apresentavam potencial de crescimento para atingir o valor máximo da taxa de crescimento absoluto. Essa afirmativa foi constatada devido ao fato de que a taxa de crescimento relativo embora apresentasse em declínio ainda estava superior à zero em 77 DAS (691,2 °C). O máximo crescimento relativo é observado durante o término do tempo perdido, onde a planta apresenta o maior desempenho morfofisiológico e acumula um maior valor de massa para cada unidade de massa de planta, e a taxa de crescimento absoluto atinge a metade do valor da máxima ajustada. HONORATO et al. (2014) para o feijoeiro-caupi, cultivar BRS Pujante, obtiveram valores ajustados para “c_m”, “r_m” e “GDA_p”, iguais a 1,0719 g m⁻² °C⁻¹, 0,0121 g g⁻¹ °C⁻¹ e 520,67°C, respectivamente. LYRA et al. (2003) para as cultivares de alface Grand Rapids, Regina e Great Lakes, obtiveram para “c_m”, respectivamente, valores iguais a 0,5787, 0,631 e 0,6088 g m⁻² °C⁻¹, para “r_m”, respectivamente, coeficientes iguais a 0,0231, 0,0241 e 0,0235 g g⁻¹ °C⁻¹ e para “GDA_p”, iguais a 205,4, 211,5 e 195,3 °C, respectivamente. MOURA et al. (2011) para o feijoeiro-caupi, cultivar Guaribas, obtiveram valores ajustados de “c_m”, “r_m” e “GDA_p”, iguais a 0,5555 g m⁻² °C⁻¹, 0,008 g g⁻¹ °C⁻¹ e 727,48 °C, respectivamente. GRAPPADELLI (2005) aplicando o modelo expolinear para definir o pico de citocinese no fruto maçã observou, respectivamente, os valores 0,2 g fruto⁻¹ d⁻¹, 0,038 g g⁻¹ °d⁻¹ e 74 d para “c_m”, “r_m” e “GDA_p”.

CONCLUSÕES: Com base nos resultados observados pode-se concluir que o modelo biofísico de crescimento expolinear ajustado para a cultura do mamoeiro, cultivar Formosa, genótipo ‘Tainung 01’, pode ser utilizado com precisão para simular o crescimento das mudas formadas em tubetes de 180 cm³ e dose de 9 kg m⁻³ do fertilizante Osmocote® (14-14-14) adicionado ao substrato orgânico comercial à base de casca de pinus, e ainda considerando 15% de depleção da massa da capacidade de “container” como parâmetro para aplicação de água via irrigação.



— Modelo Exponencial • Dados observados — Taxa de crescimento absoluto — Taxa de crescimento relativo

Figura 1. Dados observados e modelo de regressão exponencial ajustado para FSA das plantas de mamoeiro, bem como taxas de crescimento absoluto e relativo.

REFERÊNCIAS

- BERILLI, S. S.; OLIVEIRA, J. G.; MARINHO, A. B.; LYRA, G. B.; SOUSA, E. F.; VIANA, A. P.; BERNARDO, S.; PEREIRA, M. G. Avaliação da taxa de crescimento de frutos de mamão (*Carica papaya* L.) em função das épocas do ano e graus-dias acumulados. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal - SP, v. 29, n. 1, p. 11-14, 2007.
- GOUDRIAAN, J.; MONTEITH, J. L. A mathematical function for crop growth based on light interception and leaf area expansion. *Annals of Botany, London*, v. 66, p. 695-701, 1990.
- GRAPPADELLI, L. C. Application of the exponential model to define the peak of cytokinesis in apple fruit. *Gronn kunnskap*, v.9, n. 105B, p.1-3, 2005.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2010/default_pdf.shtm <Acesso em 30 nov. 2014>
- HONORATO, A. C.; PIMENTEL, M. S.; MELO JÚNIOR, J. C. F.; ARAÚJO, E. S. Ajuste do modelo de crescimento exponencial para o feijão-caupi cultivado no Vale do São Francisco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 43., 2014, Campo Grande. Anais... Campo Grande: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 2014.
- LYRA, G.B.; ZOLNIER, S.; COSTA, L.C.; SEDIYAMA, G.C.; SEDIYAMA, M.A.N. Modelos de crescimento para alface (*Lactuca sativa* L.) cultivada em sistema hidropônico sob condições de casa-de-vegetação. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.11, n.1, p.69-77, 2003.
- MOURA, M.S.B.; SOUZA, L.S.B.; SILVA, T.G.F.; SOARES, J.M.; CARMO, J.F.A.; BRANDÃO, E.O. Modelos de crescimento para o feijão-caupi e o milho, sob sistemas de plantio exclusivo e consorciado, no semiárido brasileiro. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.16, n.3, p.275-284, 2011.
- RICHARDS, F. J. A flexible growth function for empirical use. *Journal of Experimental Botany, London*, v.10, p.290-300, 1959.
- SERRANO, L.A.L.; CATTANEO, L.F.O cultivo do mamoeiro no Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.32, n.3, 2010. Texto de capa.
- TECNUTRI. Tecnutri do Brasil. 2014. <http://www.forthjardim.com.br/produtos/#fertilizantes-de-liberacao-lentacontrolada> <Acesso em 30 nov. 2014>
- TEI, F.; AIKMAN, D.P.; SCAIFE, A. Growth of lettuce, onion and red beet. 2. Growth Modeling. *Annals of botany, London*, v. 78, n. 5, p. 645652, 1996 a.