

Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 147-150, 1996.

Recebido para publicação em 03/04/96. Aprovado em 13/05/96.

ISSN 0104-1347

MODELOS AGROMETEOROLÓGICOS PARA ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO ANUAL E SAZONAL DE LATEX EM SERINGUEIRA

AGROMETEOROLOGICAL MODELS FOR ANNUAL AND SEAZONAL RUBBER TREE LATEX YIELD SIMULATION

Altino Aldo Ortolani^{1,5}, Paulo Cesar Sentelhas², Marcelo Bento Paes de Camargo^{1,5}, José Eduardo Macedo Pezzopane³ e Paulo de Souza Gonçalves^{4,5}

- NOTA PRÉVIA -

RESUMO

Foram adaptados dois modelos para estimativa da produção anual e sazonal de latex do clone RRIM 600 de seringueira [*Hevea brasiliensis* (Willd. ex ADR. de Juss.) Muell. Arg.] em três locais do Estado de São Paulo. Para a estimativa de produção anual (Y_a) foram considerados a produção potencial (Y_p) para cada local, o balanço hídrico decendial para cálculo da relação evapotranspiração real (ET_r) e evapotranspiração potencial (ET_o) e os coeficientes de sensibilidade (λ) ao fator hídrico para quatro subperíodos de desenvolvimento da planta, segundo JENSEN (1968). O melhor ajuste do modelo anual foi obtido com armazenamento de 100 mm de água no solo, resultando em $R^2 = 0,97$ e d-index = 0,99. Para os dados em bases mensais e decendiais as produções foram estimadas pelo modelo de DOORENBOS & KASSAN (1979), modificado por CAMARGO et al. (1986), que incorporaram no modelo a penalização pelo fator estresse térmico e pelo fator excedente hídrico. O fator hídrico foi avaliado pela relação ET_r/ET_o e o fator térmico pelo número de dias com temperatura do ar além dos

¹ Engº Agrº, Dr., Seção de Climatologia Agrícola - Instituto Agronômico (IAC), C.P. 28, 13.001-970, Campinas, SP, Brasil.

² Engº Agrº, MSc., Seção de Climatologia Agrícola - IAC.

³ Engº Flor., MSc., Universidade Federal do Espírito Santo.

⁴ Engº Agrº, Dr., Programa Seringueira - IAC - EMBRAPA.

⁵ Bolsista do CNPq.

limites de 4° e 32°C. As produções potenciais mensal e decenal foram estimadas segundo uma função senoidal, ajustada à periodicidade estacional de produção de latex. A nível decenal, com produção em g/planta/sangria, o melhor ajuste do modelo foi obtido com $(E_{Tr}/E_{To})^{0.5}$, apresentando $R^2 = 0,73$ com índice de concordância = 0,90.

Palavras-chave: seringueira, modelos agrometeorológicos, sazonalidade de produção.

SUMMARY

Two models for predicting annual and seasonal yield of rubber tree [*Hevea brasiliensis* (Willd. ex A.DC.) Muell. Arg.] were adjusted using crop phenology, production and meteorological data of three field observation plots of RRIM-600 clone at Buritama, Matão and José Bonifácio, close to 21°00'S, 40°30'W and 500 m above s.l., all located near São José do Rio Preto, state of São Paulo - Brazil. To estimate the annual production (Y_a) for each site, it was used a modified JENSEN (1968) model, considering the annual potential production (Y_p), ten days water balance to calculate the ratio of actual (E_{Tr}) to potential evapotranspiration (E_{To}) and the sensitivity coefficient (δ) of four phenological stages. Using a total of 13 years of rubber yield from the experimental sites, two different soil types, the best performance of the model was found with simulation of soil water storage of 100 mm, resulting in $R^2 = 0.97$ and d-index of agreement = 0.99. To quantify monthly and ten daily bases responses it was adjusted and modified the model of DOORENBOS & KASSAN (1979), considering Y_a/Y_p function of productivity of penalization by moisture and thermal factors according CAMARGO et al. (1986). The moisture factor was considered by E_{Tr}/E_{To} relation and the thermal factor by the number of days beyond 4° and 32°C. The monthly potential yield was estimated as a senoidal curve, which fits well to the seasonal periodicity of latex production. The best performance for ten daily basis model, was found considering 100 mm of storage soil water and the moisture factor expressed by $(E_{Tr}/E_{To})^{0.5}$, resulting in $R^2 = 0.73$ and d-index = 0.90.

Key words: rubber tree, agrometeorological models, seasonal production

Para modelar as relações entre a produção estacional de latex da seringueira e elementos meteorológicos deve-se considerar a sazonalidade da área foliar e os subperíodos de florescimento e frutificação. Essa curva fenológica, tipo senoidal, reflete as periodicidades do acúmulo energético e do potencial de produção da planta. As análises de regressão linear, sem considerar a fenologia, resultam em baixas correlações e não caracterizam bem as influências energéticas e hídricas sazonais sobre a produção,

a exemplo de JIANG (1988). Para estudo das relações anuais entre a disponibilidade hídrica e produção a relação é praticamente unitária (SANJEEVA RAO et al., 1990).

A sazonalidade da área foliar da seringueira, na fase adulta é determinada pelo clima. Em áreas heveicultoras não tradicionais, em latitude de 19° a 23°S, no Estado de São Paulo, essa periodicidade compreende a senescência, com área foliar mínima, entre agosto e setembro. A partir do reenfolhamento e florescimento em setembro-outubro, a planta usa grande quantidade de energia para a reconstrução foliar, resultando em baixa produção de latex. A partir de novembro, em geral, a seringueira atinge área foliar máxima, iniciando-se a frutificação até o final de fevereiro, quando se dá a deiscência dos frutos. Levanta-se a hipótese da planta expressar sua produtividade máxima a partir de março por acumular energia através da assimilação de CO₂ pela fotossíntese (fonte) e pelo término do subperíodo de frutificação (dreno).

A partir de março e se estendendo até aproximadamente junho, a planta dispõe do máximo de energia, sem outros drenos para competir com a produção de latex. O máximo de produtividade é no bimestre abril-maio. A partir de junho, ainda com alta produtividade, inicia-se o processo de senescência, com alteração da coloração das folhas e redução da eficiência fotossintética. São coincidentes com a redução da área foliar, a diminuição da temperatura, da umidade do ar e da disponibilidade hídrica, refletindo uma curva descendente de produção, até valores mínimos em agosto. As variações da produção sazonal ao longo desse ciclo estarão relacionadas com a disponibilidade hídrica e temperatura do ar e seus valores extremos, especialmente geadas (ORTOLANI et al., 1993).

Os objetivos deste trabalho são a avaliação das influências dos elementos do clima sobre a produção de latex, desenvolvimento e teste de modelos agrometeorológicos que relacionem a produção de latex com os fatores térmicos e hídricos.

A pesquisa está sendo desenvolvida em lotes de seringueira, clone RRIM 600, nos municípios de Matão e Buritama, para dados anuais e José Bonifácio (dados anuais, mensais e decendiais), todos no Planalto Ocidental do Estado de São Paulo. O sistema de sangria para os dados anuais é em S/2.d/4, no horário entre 6 e 10 horas. A estimulação é feita com Ethrel PT 10%, na concentração de 2,5% do ingrediente ativo, a cada 30 dias, exceto no reenfolhamento. Em José Bonifácio são obtidos dados mensais, decendiais e por sangria em 40 plantas, pelo sistema S/2.d/2, sem estimulação. Próximo dos lotes experimentais foram instalados postos termopluviométricos. Para cada local foi calculado balanço hídrico decendial seqüencial pelo método de THORNTHWAITE & MATHER (1955), considerando níveis de 75, 100 e 125 mm de armazenamento, de acordo com as aproximações das características dos solos dos experimentos.

O modelo de JENSEN (1968) adaptado por CAMARGO et al. (1994) e MEYER et al. (1993), foi utilizado para análise dos dados anuais de produção em quilograma de borracha seca por hectare por ano

(kg b.s./ha/ano): Buritama de 1988 a 1995; José Bonifácio de 1990 a 1995 e Matão ano de 1995, totalizando assim, 13 anos.

Os coeficientes de sensibilidade (λ) da cultura foram determinados para os subperíodos: (λ_1) senescência, de agosto a setembro; (λ_2) reenfolhamento - florescimento, de outubro a dezembro; (λ_3) frutificação - área foliar máxima, de janeiro a fevereiro; (λ_4) pós-frutificação - área foliar máxima, de março a julho.

Para os dados de produção de borracha seca em bases mensais e decendiais foram feitas estimativas pelo modelo de DOORENBOS & KASSAN (1979), modificado por CAMARGO et al. (1986) que incorporam no modelo a penalização pelo fator excedente hídrico e pelo fator estresse térmico.

As produtividades potenciais mensais e decendiais foram calculadas com base na produtividade anual, desde o primeiro até o nono ano de sangria, segundo uma função senoidal:

$$Y = a + b.\text{sen}(c.x) \quad (1)$$

onde: a , b e c são coeficientes da equação e x se refere ao dia juliano do ano.

A penalização por deficiência hídrica é expressa pela razão ET_r/ET_o ou $(ET_r/ET_o)^{0,5}$, para redução da ordem de grandeza desse fator na produtividade final. Essas relações foram calculadas por balanço hídrico, considerando-se três níveis de armazenamento de água no solo (75, 100 e 125 mm). A penalização por estresse térmico foi considerada no modelo com base na revisão de literatura (ORTOLANI, 1993), adotando-se limites térmico superior de 32°C e inferior de 4°C.

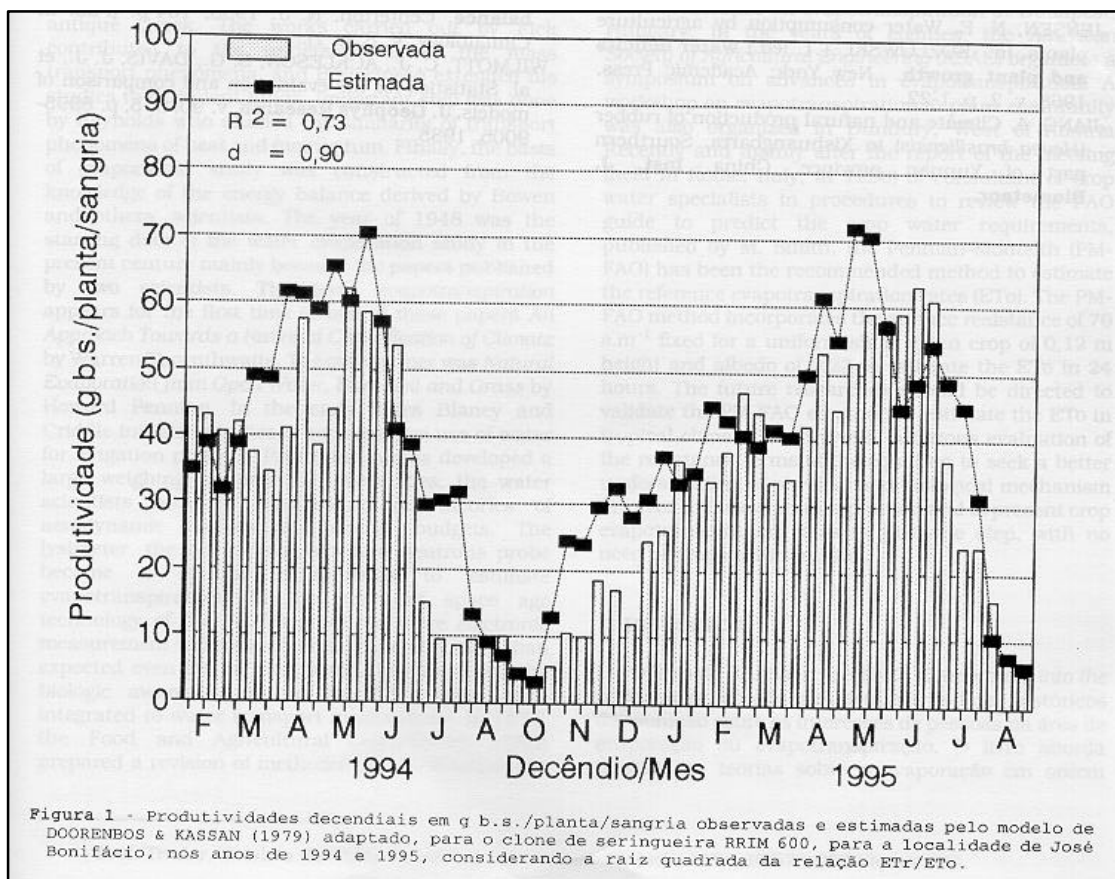
Para a análise mensal foram considerados os dados do mês em questão e do mês anterior, com as produtividades em Y_a e Y_p em Kg b.s./ha. Para a análise decendial foram considerados os dados do decêndio em questão e do decêndio anterior, com as produtividades Y_a e Y_p em g b.s./planta e g b.s./sangria. Os dados de produção para análise mensal foram coletados em parcela de 40 plantas, no período janeiro de 1994 a julho de 1995 na Fazenda Santa Helena em José Bonifácio - SP.

Para a avaliação dos resultados dos modelos, além dos coeficientes de determinação, foi utilizado o índice de concordância (d-index), proposto por WILMOTT et al. (1985).

Para valores anuais de produção de borracha seca, o modelo de JENSEN (1968) modificado, que se baseia na penalização da produtividade proporcional a restrição hídrica para a planta, possibilitou excelentes ajustes entre valores estimados e observados. Os índices de sensibilidade mais elevados foram obtidos no subperíodo pós-frutificação, com área foliar máxima, de março a julho. Para as três simulações de armazenamento hídrico (75, 100 e 125 mm), os valores de R^2 foram iguais ou superiores a 0,96. Considerando-se 100 mm de armazenamento para os três locais obteve-se $R^2 = 0,97$ e índice de concordância = 0,99.

As curvas de produtividade mensal observada e estimada (kg b.s./ha) pelo modelo de penalização

de DOORENBOS & KASSAN (1979) modificado mostram tendências de periodicidade senoidal. Apesar da ocorrência de duas geadas, as relações entre os valores observados e estimados, analisados na forma $(ETr/ETo)^{0.5}$ resultaram em $R^2 = 0,65$. A nível decendial, com o mesmo modelo e dados expressos em g b.s./planta/sangria foram obtidos melhores ajustes. O coeficiente de determinação foi de 0,73 na forma $(ETr/ETo)^{0.5}$ (Figura 1), com índice de concordância igual a 0,90.



AGRADECIMENTOS

À **Borracha Paulista Indústria e Comércio LTDA., Empreendimentos Agropecuários Cambuhy LTDA. e Seringal Paulista LTDA** pelo registro de dados e apoio a esta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMARGO, M. B. P., BRUNINI, O., MIRANDA, M. A. C. Modelo agrometeorológico para estimativa da produtividade para a cultura da soja no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 45, n. 2,

p. 279- 292, 1986.

- CAMARGO, M. B. P., HUBBARD, K. G., FLORES-MENDOZA, F. Test of a soil water assessment model for a sorghum crop under different irrigation treatments. **Bragantia**, Campinas. v. 53, n. 1, p. 95- 105, 1994.
- DOORENBOS, J., KASSAN, A. H. **Yield response to water**. Rome. FAO, 1979. 193 p. (FAO - Irrigation and Drainage Paper, 33).
- JENSEN, N. E. Water consumption by agriculture plants. In: KOZLOWSKI, T.T. (ed.) **Water deficits and plant growth**. New York: Academic Press, 1968. v. 2, p. 1-22.
- JIANG, A. Climate and natural production of rubber (*Hevea brasiliensis*) in Xishuangbarra, Southern part of Yunnan province, China. **Inst. J. Biometeor.**v. 32, p. 280-282, 1988.
- MEYER, S. J., HUBBARD, K. G., WILHITE, D. A. A crop specific drought index for corn. I. Model development and validation. **Agron. J.** , Madison, v. 86, p. 388-395, 1993.
- ORTOLANI, A. A. Efeito das temperaturas extremas no desenvolvimento e produção da seringueira. In: FANCELLI, A. L. (ed.) SIMPÓSIO DA CULTURA DA SERINGUEIRA, 2, 1987, Piracicaba-SP. **Anais...**, Piracicaba: USP-ESALQ, 1990. 384 p. p.1-12.
- ORTOLANI, A. A.; BATAGLIA, O. C.; PEDRO JR., et al. Fatores climáticos, fenologia e produção de latex da seringueira no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 8, 1993. Porto Alegre, RS. **Resumos...**, Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Agrometeorologia / UFRGS-UFSM. 1993. 211 p. p. 190.
- SANJEEVA RAO, P., JAYARATHNAM, K., SETHURAJ, M.R. 1990. Water balance studies of the rubber growing regions of South India. **J. Applied Hydrology**, v. 3, p. 23-30, 1990.
- THORNTHWAITE, C. W., MATHER, J. R. **The water balance**. Centerton, N. J. 1955, 104 p. (Pub. in *Climatology*, V. 8, n. 1).
- WILMOTT, C. J., ACKLESON, S. G., DAVIS, J. J., et al. Statistics for the evaluation and comparison of models. **J. Geophys Research**. v. 90, n. 5, p. 8995-9005, 1985.