

ISSN 0104-1347

Estimativa da produtividade de cana-de-açúcar irrigada com base na fixação de CO₂, radiação solar e temperatura do ar

Estimation of irrigated sugarcane productivity based on CO₂ assimilation, solar radiation and air temperature

Nilson Augusto Villa Nova¹, Felipe Gustavo Pilau², Durval Dourado Neto³,
Paulo Augusto Manfron⁴

Resumo: Há um interesse muito grande em se estimar a produtividade de culturas em função de elementos climáticos, com uso de diferentes tipos de modelos. Neste trabalho foi utilizado um modelo para estimativa da produtividade de cana-de-açúcar em condições adequadas de disponibilidade hídrica do solo, baseado em dados de assimilação de dióxido de carbono em plantas C4 encontrados na literatura, na fração da radiação fotossinteticamente ativa da radiação solar, na temperatura do ar e em variáveis da cultura como índice de área foliar, índice de colheita e ciclo de cultivo. Os resultados de nove anos de comparação com produtividades observadas com diferentes variedades de cana-de-açúcar cultivadas na região de Araras, SP, mostraram que o modelo permite estimativa muito boa, com superestimativa média da ordem de 6%.

Palavras chave: modelagem, *Saccharum* spp., elementos meteorológicos, parâmetros fitotécnicos.

Abstract: There is a great interest to estimate the productivity of crops in function of climatic parameters, using different models. In this paper a model based on CO₂ assimilation data by C4 plants found in the literature, fraction of photossynthetically active radiation in the solar radiation beam, air temperature and crop variables as leaf area index, harvest index and duration of crop cycle was used to estimate irrigated sugarcane productivity. Data from observed productivity obtained with different sugarcane varieties in the region of Araras, São Paulo State, Brazil, were used to test the model. The results showed that the model overestimated irrigated sugarcane productivity by only 6%.

Key words: modelling, *Saccharum* spp, climatic parameters, crop indexes.

Introdução

Os elementos meteorológicos influenciam diretamente a produtividade das culturas, regulando de certa forma suas taxas de transpiração, fotossíntese e respiração, e assim regendo o crescimento e o desenvolvimento das plantas. As interações dos elementos meteorológicos com as plantas são bastante

complexas, porém, através de estudos de determinação da resposta das plantas a esses elementos, obtém-se conhecimentos que permitem o desenvolvimento de modelos que estimam a produtividade das culturas com relativa precisão.

Inúmeros estudos têm sido realizados objetivando quantificar os efeitos do ambiente sobre

¹ Professor Associado. Departamento de Ciências Exatas, ESALQ/USP. Caixa Postal 9, 13418-900. Piracicaba, SP.
Bolsista CNPq. navnova@esalq.usp.br.

² Eng. Agrônomo. Doutor em Física do Ambiente Agrícola, ESALQ/USP. Piracicaba, SP.

³ Professor Associado. Departamento de Produção Vegetal, ESALQ/USP. Piracicaba, SP.

⁴ Professor Titular. Departamento de Fitotecnia, UFSM. Santa Maria, RS.

o crescimento, desenvolvimento e produtividade das culturas. Entre os principais elementos do ambiente pode-se destacar a densidade de fluxo da radiação solar global, água disponível no solo e a temperatura do ar (COELHO & DALE, 1980).

Alguns modelos matemáticos, denominados empíricos, utilizam apenas um elemento como fator independente na modelagem da produtividade da cultura, como o apresentado por TUBELIS (1988), utilizando dados de precipitação pluviométrica para a estimativa de produção de citros no Estado de São Paulo. Modelos estatísticos de regressão múltipla, como o de THOMPSON (1969), utilizam duas variáveis (temperaturas médias mensais e precipitação acumulada) para estimar a produtividade de numerosas plantas cultivadas. Outros autores como de De WIT (1965), descrito por BARBIERI & TUON (1992), utilizam três parâmetros de acordo com a sensibilidade da planta em resposta aos elementos meteorológicos. Algumas vezes, modelos que utilizam numerosas variáveis acabam por serem muito complexos, exigindo variáveis de difícil obtenção, tornando-os praticáveis apenas como experimentação agronômica. Outros modelos matemáticos não se limitam apenas as análises de regressões, incorporando equações que simulam processos vitais da planta tais como o balanço de carbono (PEREIRA & MACHADO, 1986; PEREIRA, 1987; INMAN-BAMBER, 1991; SINGELS & DONALDSON, 1998).

No que se refere à produtividade da cana-de-açúcar, as disponibilidades hídrica e térmica são variáveis da maior importância. O efeito do déficit hídrico é variável durante o ciclo, conforme discutem ROSENFIELD & LEME (1984) e SCARDUA (1985), sendo que DELGADO-ROJAS & BARBIERI (1999) verificaram o bom desempenho de um modelo de penalização devido ao déficit hídrico baseado no proposto por JENSEN (1968). A temperatura exerce, também, papel fundamental na produtividade da cana-de-açúcar. A temperatura basal para a cultura está em torno de 20°C, com uma faixa ótima entre 22°C e 30°C, não havendo crescimento cima de 38°C (BARBIERI & VILLA NOVA, 1977; DOORENBOS & KASSAM, 1979; MAGALHÃES, 1987). Uma série de modelos de

testados, como o da técnica da regressão múltipla "stepwise" utilizando-se das variáveis precipitação pluviométrica e temperatura do ar proposto por LIMA & CATÂNEO (1997), o modelo "APSIM-Surgane" (KEATING et al. 1999) e "CANEGRO" (CHEEROO-NAYAMUTH et al. 2000). Os trabalhos de SCARPARI, (2002) e TERAMOTO (2003) são outros exemplos em que modelos de estimativa da produtividade de cana-de-açúcar em função de variáveis climáticas são empregados.

Neste trabalho testa-se o desempenho de um modelo baseado em estudos de assimilação de CO₂ em função de temperatura do ar e radiação solar, de modo a se estimar a produtividade de variedades de cana-de-açúcar crescendo sob boas condições de suprimento hídrico, em função dessas duas variáveis. Os valores estimados foram comparados com dados de produtividade observada sob condições de irrigação.

Material e Métodos

O modelo proposto para a estimativa de produtividade de cana-de-açúcar (P), expresso pela equação 1, baseia-se no preceito de que a fixação de CO₂ pelas plantas para a produção de carboidrato bruto (CH₂O) está relacionada com a fração fotossinteticamente ativa do espectro solar e a temperatura do ar.

$$P = 1,27 \cdot 10^{-6} \cdot Adc \cdot IAF \cdot N_{ciclo} \cdot CR \cdot CIAF \cdot IC \quad (1)$$

sendo Adc a assimilação líquida de CO₂ (μL.cm⁻².folha.hora⁻¹), IAF o índice máximo de área foliar, N_{ciclo} o número de dias do ciclo, CR o coeficiente para correção de respiração e manutenção, C_{IAF} o coeficiente de correção para a variação do índice de área foliar e IC o índice de colheita representando a fração da massa seca de colmos em relação a fitomassa seca total elaborada.

Sendo as massas de CO₂ igual a 44g.mol⁻¹ e de CH₂O igual a 30g.mol⁻¹ e considerando 1μL de CO₂ a 15°C (288K) e 1 atmosfera igual a 1,863.10⁻⁶ g CO₂, obtém-se uma relação CH₂O/

Realizando-se as correções para expressar a estimativa da produtividade de cana-de-açúcar em toneladas de colmo.ha⁻¹.ciclo⁻¹, tem-se:

$$P = 1,27 \cdot 10^{-4} \cdot Adc \cdot IAF \cdot N_{ciclo} \cdot CR \cdot CIAF \cdot IC \quad (2)$$

Sem considerar IC, o produto dos outros termos representa a estimativa da matéria seca total (MST) produzida pela cultura, incluindo raízes, folhas e colmos. Os valores de Adc foram estimados a partir da equação (3) proposta por FIGUEIREDO JÚNIOR et al. (2003), que a obtiveram por análise de regressão múltipla a partir de dados de assimilação de CO₂ de plantas C4 em função de temperatura ambiente e radiação fotossinteticamente ativa, obtidos em condições controladas por HEEMST (1986):

$$Adc = \frac{a + b \cdot q + c \cdot q^2 + d \cdot q^3 + e \cdot \ln(T)}{1 + f \cdot q + g \cdot q^2 + h \cdot q^3 + i \cdot \ln(T) + j \cdot (\ln(T))^2} \quad (3)$$

na qual q é radiação fotossinteticamente ativa em valor médio do ciclo (cal.cm⁻².min⁻¹), T é a temperatura média do ar (°C); $a, b, c, d, e, f, g, h, i, j$ são os parâmetros empíricos determinados pela regressão múltipla, com os seguintes valores

$$\begin{array}{lll} a = 1,566792388 & b = 53,51590929 & c = -221,805971 \\ d = 310,1914914 & e = -0,49196061 & f = -0,190506 \\ g = 0,373909758 & h = -0,08816626 & i = -0,5547284 \\ j = 0,080398437 & & \end{array}$$

Foram adotados os valores de CR iguais a 0,6 e 0,5, respectivamente para valores de temperatura média do ciclo menores e maiores que 20°C, com base em DOORENBOS & KASSAM, (1979). O valor de CIAF foi calculado por (VILLA NOVA et al., 2001)

$$CIAF = \frac{1 - e^{-0.8IAF}}{2} \quad (4)$$

Um índice de colheita IC, para se obter a massa de colmos frescos a partir da massa de colmos secos, foi estimado considerando-se que a fração de colmo seco em relação à matéria seca total da cultura (MST) situa-se entre 0,5 e 0,6 (DILLEWIJN, 1952; SAN JOSÉ & MEDINA, 1970). Considerando-se o valor 0,5 e que cerca de 77% da massa fresca do colmo é constituída por água, o índice de colheita fica:

$$IC = 0,5 \cdot MST + 0,77 \cdot 0,5 \cdot MST = 0,885 \cdot MST \quad (5)$$

O valor q (fração fotossinteticamente ativa da radiação solar global) expresso na equação 3, é calculado de acordo com ASSUNÇÃO (1994) pela equação:

$$q = \frac{\bar{Q}_g}{N \cdot 60} \left(0,5 - 0,1 \frac{n}{N} \right) \quad (6)$$

sendo: q a radiação fotossinteticamente ativa (PAR) média para o ciclo (cal.cm⁻².min⁻¹), \bar{Q}_g a radiação solar global média do ciclo (cal.cm⁻².dia⁻¹), N o fotoperíodo médio do ciclo (horas) e n/N é a razão de insolação média do período (ciclo inteiro).

Para teste do desempenho do modelo proposto (equação 2), utilizaram-se dados de produtividade de cana-de-açúcar irrigada, extraídos dos relatórios anuais da PLANALSUCAR-IAA, de experimentos realizados pela Seção de Irrigação e Climatologia na Estação Experimental de Cana-de-açúcar, no município de Araras, SP (latitude: 22° 18' S, longitude: 47° 23' O e altitude: 617 m) (DELGADO ROJAS, 1998).

Os períodos de avaliações foram de 11 a 20 meses de cultivo entre os anos de 1978 e 1986 (Tabela 1). As variáveis meteorológicas foram registradas no Posto Meteorológico do PLANALSUCAR-IAA, Coordenadoria Regional Sul, Secção de Irrigação e Climatologia na Estação Experimental de Cana-de-Açúcar, no município de Araras, SP.

Resultados e Discussão

Utilizando-se os dados médios de radiação solar global, fotoperíodo, radiação fotossinteticamente ativa e temperatura do ar (Tabela 1), além do volume médio de CO₂ assimilado (Adc), exigidos como parâmetros de entrada pelo modelo proposto, procederam-se as estimativas de produtividade para 4 cultivares de cana-de-açúcar, entre as safras 1978/79 e 1985/86 (Tabela 1). Os valores correspondentes de matéria seca total estimados pelo modelo variaram entre 108 e 164 ton/ha. IRVINE (1983) cita uma série de valores de

matéria seca total encontrados por autores em várias condições ambientais no mundo, com valores máximos de experimentação entre 77 e 130 ton/ha.ano, sendo que SAN JOSÉ & MEDINA (1970) encontraram na Venezuela o valor de 69 ton/ha para 317 dias após o plantio. Considerando que no estudo atual foram usados ciclos que variaram de ano e a ano e meio, os valores estimados de matéria seca estão bem de acordo com os encontrados na literatura.

As produtividades de cana-de-açúcar obtidas nos experimentos irrigados, variaram de 91,6 à 133,5 toneladas de colmo.ha⁻¹.ciclo⁻¹, enquanto os valores estimados pelo modelo proposto foram de 96,0 à 145,5 toneladas de colmo.ha⁻¹.ciclo⁻¹ (Tabela 1). A

maior diferença entre produtividade medida e estimada foi observada para o ano agrícola 1979/1980, comparando-se a cultivar CB41-76, em cultivo de cana de ano, onde a produtividade estimada superou em 14,2 toneladas de colmo. ha⁻¹.ciclo⁻¹ o valor medido.

Já no ano agrícola 1983/1984, comparando-se a produtividade estimada aos valores medidos de produtividade da cultivar NA56-79, tem-se a menor superestimativa de produtividade, de apenas 1,3 toneladas de colmo. ha⁻¹.ciclo⁻¹. Apenas nos anos agrícolas 1981/1982 e 1983/1984, comparando-se respectivamente os dados de produtividade das cultivares NA56-79 e CB47-355, verifica-se que os valores estimados foram aquém dos medidos, em -

Tabela 1. Ano de produção, período, radiação solar global média do ciclo (\bar{Q}_g) (cal cm⁻² dia⁻¹), fotoperíodo médio (N) (horas), índice de área foliar máximo (IAF), razão de insolação média do período (n/N), radiação fotossinteticamente ativa média do ciclo (q) (cal cm⁻² min⁻¹), temperatura média do ar (T), volume médio de CO₂ assimilado (Adc) (μL CO₂.cm⁻² de folha.hora⁻¹), produtividade estimada (ton colmos ha⁻¹ciclo⁻¹) e variedade, produtividade medida (ton colmos ha⁻¹ ciclo⁻¹).

| Ano | Período | \bar{Q}_g | N IAF | n/N | q T | Adc Variedade | Produtividade Esperada | Produtividade Medida |
|------|-----------|-------------|----------|------|--------|------------------|---------------------------|-------------------------|
| 1978 | Fev-Dez | 416,5 | 11,75 | 0,62 | 0,252 | 133,03 | 136,9 | 128,3 |
| 1979 | Jan-Ago | 395,3 | 5,5 | | 20,3 | CB41-76 | | |
| 1979 | Fev-Dez | 409,6 | 11,80 | 0,60 | 0,249 | 134,10 | 145,5 | 133,5 |
| 1980 | Jan – Set | 389,3 | 5,5 | | 20,4 | CP51-22 | | |
| 1979 | Out-Dez | 509,9 | 12,4 | 0,59 | 0,266 | 145,08 | 107,5 | 93,3 |
| 1980 | Jan-Out | 395,1 | 5,5 | | 21,1 | CB41-76 | | |
| 1980 | Set-Dez | 485,7 | 12,2 | 0,59 | 0,266 | 131,44 | 96,0 | 92,3 |
| 1981 | Jan-Set | 399,2 | 5,5 | | 20,1 | CB47-355 | | |
| 1981 | Ago-Dez | 438,7 | 12,0 | 0,57 | 0,252 | 141,18 | 101,7 | 91,6 |
| 1982 | Jan-Ago | 385,5 | 5,5 | | 20,9 | CP51-22 | | |
| 1981 | Set-Dez | 472,9 | 12,15 | 0,56 | 0,260 | 144,63 | 97,4 | 99,5 |
| 1982 | Jan-Ago | 385,5 | 5,5 | | 21,1 | NA56-79 | | |
| 1983 | Set-Dez | 415,3 | 12,45 | 0,63 | 0,244 | 156,65 | 96,9 | 97,8 |
| 1984 | Jan-Jul | 401,3 | 5,5 | | 22,1 | CB47-355 | | |
| 1983 | Jul-Dez | 396,1 | 11,95 | 0,67 | 0,241 | 149,47 | 106,7 | 105,4 |
| 1984 | Jan-Jul | 401,3 | 5,5 | | 21,6 | NA56-79 | | |
| 1985 | Jul-Dez | 456,2 | 11,95 | 0,66 | 0,255 | 148,31 | 105,9 | 99,9 |
| 1986 | Jan-Jul | 385,2 | 5,5 | | 21,4 | CB47-355 | | |

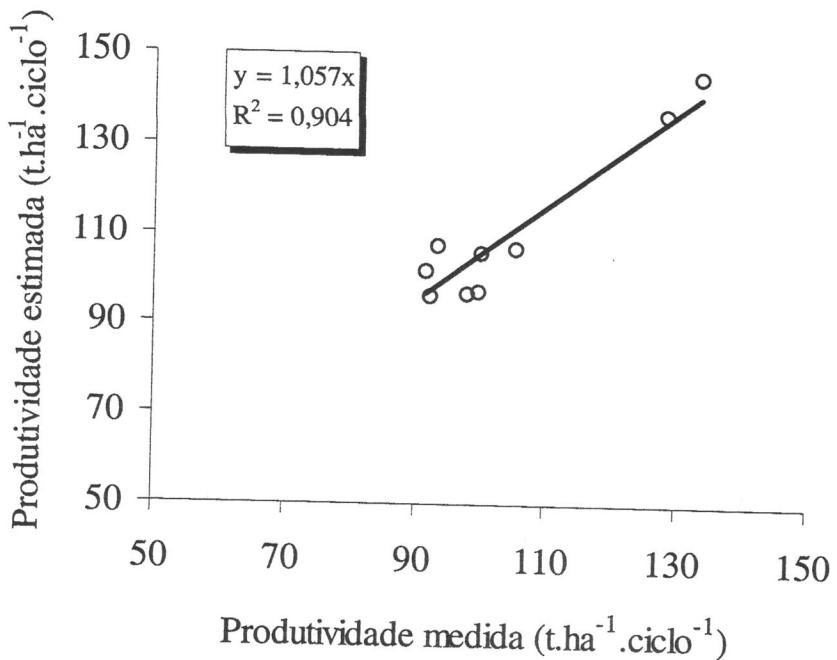


Figura 1. Relação entre os valores observados e estimados de produtividade de cana-de-açúcar.

2,1 toneladas de colmo. ha⁻¹.ciclo⁻¹ e -0,9 toneladas de colmo. ha⁻¹.ciclo⁻¹ (Tabela 1).

Em média, considerando-se apenas os anos agrícolas em que as produtividades estimadas superestimaram os valores medidos (Tabela 1), obtém-se uma diferença de 7,6%, similar aos resultados obtido por LIMA & CATÂNEO (1997) na validação do modelo de regressão múltipla "stepwise", nos quais as variáveis que mais explicaram a variação da produtividade de cana-de-açúcar foram a precipitação pluvial do mês de novembro, temperatura média das máximas do ar do mês de setembro e temperatura média das mínimas do ar dos meses de abril e novembro, sendo necessário considerar que no modelo desses autores incluiu-se, portanto, o efeito da precipitação.

Comparando-se as produtividades estimadas às medidas, para todos os anos agrícolas avaliados (Figura 1), verifica-se pelo coeficiente angular da regressão gerada, a manutenção da tendência de superestimativa, em aproximadamente 6%. Esta

superestimativa pode estar associada, além das aproximações contidas no modelo, ao fato dele assumir que as culturas se apresentavam em condições ótimas para seu crescimento e desenvolvimento, isto é, não estavam sob estresse ambiental e não considerar diferenças varietais.

Embora modelos de estimativas de produtividade de cana-de-açúcar normalmente incorporem o efeito da disponibilidade hídrica do solo, os resultados fornecidos pelo modelo usado no presente estudo equiparam-se aos obtidos por KEATING et al. (1999) com o modelo APSIM-sugarcane, e por CHEEROO-NAYAMUTH et al. (2000) avaliando o modelo CANEGRO, considerados os principais modelos de simulação para cana-de-açúcar, usados nas principais regiões produtoras da cultura do mundo. A eficácia do modelo proposto, agregando estimativas para cana de ano e de ano e meio, mostrou-se superior a dos modelos propostos por SCARPARI (2002), o qual apresenta um modelo de estimativa da produtividade para cana de ano em função da precipitação e cana de ano e meio em função da precipitação pluvial e

soma térmica, ao modelo proposto por DOORENBOS & KASSAM (1979) testado por TERAMOTO (2003).

Conclusão

O modelo apresentou-se eficaz na estimativa da produtividade da cana-de-açúcar irrigada, tanto para cultivo de ano como de ano e meio, podendo ser utilizado em previsões de safras e também como ferramenta capaz de predizer a aptidão de regiões potenciais ao cultivo da cana-de-açúcar.

Referências Bibliográficas

- ASSUNÇÃO, H.F. **Relações entre radiação fotossinteticamente ativa e radiação solar global em Piracicaba/SP.** Piracicaba, 1994. Dissertação (Mestrado), 58p. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- BARBIERI, V.; TUON, R.L. **Metodologia para estimativa da produção potencial de algumas culturas.** Piracicaba: ESALQ, Departamento de Física e Meteorologia, 1992. 17p.
- BARBIERI, V; VILLA NOVA, N.A. **Climatologia e a cana-de-açúcar.** In: PLANALSUCAR - Coordenadoria Regional Sul, COSUL, Araras, 1977. p. 1-22.
- CHEEROO-NAYAMUTH, F.C., ROBERTSON, M.J., WEGENER, M.K., NAYAMUTH, A.R.H.. Using a simulation model to assess potential and attainable sugar cane yield in Mauritius. **Field Crops Research**, 66, 225-243, 2000.
- COELHO, D.T.; DALE, R.F. An energy-crop growth variable and temperature function for predicting corn growth and development. Planting to silking. **Agronomy Journal**, v. 72, p. 503-510, 1980.
- DEWIT, C.T. **Photosynthesis of leaf canopies.** Wageningen; Pudoc, 1965. 57p (Agriculture Research Report 663).
- DELGADO ROJAS, J.S. **Modelo agrometeorológico para estimativa dos efeitos de deficiência hídrica na produtividade agro-industrial da cana-de-açúcar.** Dissertação (Mestrado), 74p. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1997.
- DELGADO-ROJAS, J.S., BARBIERI, V. **Modelo agrometeorológico de estimativa da produtividade cana-de-açúcar.** **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.7, n.1, p. 67-73, 1999.
- DILLEWIJN, C.V. **Botany of the sugar cane.** In: **Chronica Botany.** Waltham, Mass. pp 450. 1999.
- DOORENBOS, J., KASSAM, A.H. **Yield response to water.** Rome: FAO, 1979, 193p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 33).
- FIGUEREDO JÚNIOR, L.G.M.; DOURA NETO, D.; PEREIRA, A.R.; MANFRON, J.; VILLA NOVA, N.A. Estimativa de assimilação de dióxido de carbono em plantas de ciclo C4. In: **A Acta do XIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**, Santa Maria/RS, 2003. p853-854, 2003.
- HEEMST, H.D.J. van. Physiological principles of crop growth. In: KEULEN, H. van; WOLF, J. **Modeling agricultural production: weather, soils and crops.** Wageningen: Pudoc, 1986. p.13-26.
- INMAN-BAMBER, N.G. A growth model for sugarcane based on a simple carbon balance and a cereals-maize water balance. **South African Journal of Plant and Soil**, v.8, p.93-99, 1991.
- IRVINE, J.E. Sugarcane. In: **Potential Productivity of field crops under different environments.** Bânos, Laguna, Filipinas, International Rice Research Institute, 1983, p. 361-381.
- JENSEN, M. E. **Water consumption and its effect on agricultural plant growth.** New York: Academic Press, 1968. v. 2, p. 1-22.
- KEATING, B.A., ROBERTSON, M.J., MUCHINSKY, R.C., HUTH, N.I. Modelling sugarcane production systems I. Development and performance of a sugarcane module. **Field Crops Research**, v. 61, 253-271, 1999.
- LIMA, C.L.C. de; CATÂNEO, A. Seleção de variáveis influentes na produtividade da cana-de-açúcar na usina Utinga/AL. **Revista Energia e Agricultura**, v. (12)2: 56-62. Botucatu/SP. 1997.

planta. In: CASTRO, P.R.C., FERREIRA, S.O., YAMADA, T. (Coord.). **Ecofisiologia da produção**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato (POTAFOS), 1987. p113-118.

PEREIRA, A.R. Balanço de Carbono: Uso de Modelos e Simulação. In: CROCOMO, O.J., SILVEIRA, JAG da. (Ed.) SEMINÁRIO DE BIOTECNOLOGIA AGRÍCOLA, 5., Piracicaba, 1987. **Anais**. Piracicaba: CEBTEC/FEALQ, 1987.p.189-207.

PEREIRA, A.R., MACHADO, E.C. Um simulador dinâmico de crescimento de uma cultura de cana-de-açúcar. **Bragantia**, v.45, n.1, p.107-122, 1986.

ROSENFELD, U., LEME, F.J.A.. Produtividade da cana-de-açúcar irrigada por aspersão. Estudo de épocas de irrigação. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 3, São Paulo, 1984. **Anais...**,São Paulo: STAB, 1984, p.18-24.

SCARDUA, R. **Clima e a irrigação na produção agroindustrial da cana-de-açúcar**, 122 p. Tese (Livre-Docência), Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 1985.

SCARPARI, M.S. **Modelos para a previsão da produtividade da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) através de parâmetros climáticos**. Piracicaba, 2002. Dissertação (Mestrado), 79p. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

SINGELS, A.K., DONALDSON, R.A. A simple model for unstressed canopy development. **Proceeding of the South African sugar technology association**. v.74: p. 151-154, 1998.

TERAMOTO, E.R. **Avaliação e aplicação de modelos de estimativa de produção de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) baseados em parâmetros do solo e do clima**. Tese (Doutorado), 86p. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 2003.

THOMPSON, L.M. Weather and technology in the prediction of corn in the corn Belt. **Agronomy Journal**, v.61, p.453-456, 1969.

TUBELIS, A. **A chuva e a produção agrícola**. São Paulo: Nobel, 1988. 85p.

VILLA NOVA, N.A.; SANTIAGO, A.V.; REZENDE, F.C. **Energia Solar. Aspectos físicos de captura pela biomassa**. Publicação do Departamento de Ciências Exatas, ESALQ/USP, 2001.

Revista Brasileira de AGROMETEOROLOGIA

SOCIEDADE BRASILEIRA DE AGROMETEOROLOGIA

VOLUME 13 - NÚMERO 3 - ANO 2005

ISSN 0104 - 134

