

ÍNDICES BIOMÉTRICOS DE DUAS VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR¹

EDUARDO CARUSO MACHADO², ANTONIO ROBERTO PEREIRA³,
JOEL IRINEU FAHL², HERMANO VAZ ARRUDA⁴ e JOSÉ CIONE⁵

RESUMO - As características biométricas das variedades NA 56-79 e CB 41-14 de cana-de-açúcar revelaram padrões semelhantes durante um ciclo de crescimento. Tanto o acúmulo da fitomassa como o aumento da área foliar, com o tempo, tiveram forma sigmóide sem aparente influência varietal. O índice de área foliar aumentou até o valor máximo de 3,7 ao redor de 300 dias após o plantio (d.a.p.), permanecendo constante até o final do ciclo. Inicialmente, as folhas representaram mais de 70% da massa seca total; posteriormente, tal proporção decaiu até 9% aos 400 d.a.p. Nos estádios iniciais da cultura, houve superprodução de colmos em ambas as variedades, com um pico por volta de 125 d.a.p. Posteriormente, devido, em parte, ao sombreamento e competição entre as plantas, houve uma redução natural de 50% no número de colmos/m². A taxa de crescimento da cultura e a taxa de assimilação líquida atingiram um máximo por volta de 300 d.a.p. com, respectivamente, 25 e 7 g . m⁻² . d⁻¹.

Termos para indexação: análise de crescimento, índices fisiológicos, índice de área foliar, taxa de crescimento da cultura, taxa de assimilação líquida.

BIOMETRIC INDICES OF TWO SUGARCANE VARIETIES

ABSTRACT - The biometrics characteristics of the sugarcane varieties NA 56-79 and CB 41-14 revealed similar growth patterns during one year cycle. Increase in phytomass as well as in leaf area with time after planting had a sigmoid shape and were independent of variety. Leaf Area Index increased up to 3.7 about 300 days after planting (d.a.p.) becoming constant afterward. The leaves represented, initially, over 70% of the total dry mass; such proportion decreased to 9% in the final stages of growth (400 d.a.p.). Both varieties had an overproduction of stalks in the closing-in stages of the crop with a peak attained about 125 d.a.p. Later, due mainly to mutual shading and competition among stalk, there was a natural reduction of 50% in the number of stalks/m². Crop Growth Rate and Net Assimilation Rate peaked about 300 d.a.p. with, respectively, 25 and 7 g . m⁻² . d⁻¹.

Index terms: growth analysis, physiological indices, leaf area index, crop growth rate, net assimilation rate.

INTRODUÇÃO

A produção final de uma planta é o resultado de suas interações com o ambiente, sendo a planta um integrador dos estímulos ambientais. Melhor entendimento de tais interações pode ser obtido através da análise quantitativa do crescimento. Medidas biométricas das plantas durante a estação de crescimento permitem a utilização de índices

fisiológicos na tentativa de explicar as diferenças varietais quanto à produção econômica.

Os índices fisiológicos são, em geral, deduzidos a partir da variação temporal da fitomassa e da área foliar. A formulação e o significado dos diversos índices fisiológicos estão descritos em diversos textos, por exemplo, Watson (1952), Richards (1969), Kvet et al. (1971), Evans (1972), Magalhães (1979).

A análise quantitativa do crescimento foi realizada em duas variedades de cana-de-açúcar, distintas quanto ao ciclo de maturação e à arquitetura das plantas, com a finalidade de avaliar alguns índices biométricos.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos na Estação Experimental de Piracicaba, SP, do Instituto Agrônomo de Campinas, numa área de 3 ha, com solo classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo orto.

¹ Aceito para publicação em 28 de junho de 1982. Trabalho parcialmente financiado pelo Projeto Bioconversão Convênio CODETEC/FINEP/CIA.

² Eng^o Agr^o, M.Sc., Fisiol. Veg., Instit. Agron. de Campinas, SP, Bolsista do CNPq, Caixa Postal 28, CEP 13100 - Campinas, SP.

³ Eng^o Agr^o, Ph.D., Climat. Agríc., Instit. Agron. de Campinas.

⁴ Eng^o Agr^o, Dr., Téc. Experim., Instit. Agron. de Campinas.

⁵ Eng^o Agr^o, Estação Experim. de Piracicaba, Instit. Agron. de Campinas.

As variedades de cana-de-açúcar CB 41-14 (folhas largas com disposição predominantemente horizontal e ciclo de maturação de médio para tardio) e NA 56-79 (folhas estreitas e erectas e maturação precoce) foram plantadas, em 28.03.1978, em linhas orientadas no sentido E-W com 1,4 m entre linhas.

A adubação de plantio consistiu da aplicação de 150 kg de P_2O_5 , 280 kg de K_2P , 40 kg de torta de mamona, por hectare. A adubação de cobertura foi de 240 kg/N/ha aos 120 dias após o plantio.

Em cada variedade, a fitomassa da parte aérea das plantas, a área foliar, o número de colmos/m² e o número de folhas/colmo foram obtidos em amostragens sucessivas, do tipo destrutivo, a partir do 86º dia após o plantio e a intervalos regulares de 21 dias.

Em cada amostragem, colheram-se cinco segmentos de 2 m de linha de plantio, isto é, seis repetições de 2,80 m² de terreno, sorteados antes do plantio. As plantas foram separadas em colmos e folhas e a massa de cada parte foi obtida imediatamente após a colheita. Devido ao grande volume do material colhido, utilizaram-se subamostragens para a obtenção da massa seca de cada parte. Aproximadamente, 20% da massa fresca foi submetida à secagem em estufas, durante sete dias, a 70°C. Conhecendo-se a relação massa seca/massa fresca da subamostra, determinou-se a massa seca da amostra. A área de cada folha da subamostra foi determinada através da relação comprimento x maior largura x f, onde o fator de ajuste (f) foi obtido através de comparações com a área foliar obtida com um integrador eletrônico. Os valores de f foram 0,65 e 0,70, respectivamente, para as variedades CB 41-14 e NA 56-79. A área foliar da amostra foi estimada através da relação área foliar/massa seca obtida para a subamostra.

Utilizou-se a função logística $Y = Y_{max} / (1 + \exp(A + Bt))$ para descrever a variação, no tempo, da massa seca total (P), da massa seca das folhas (F), e do índice de área foliar (IAF). Os parâmetros Y_{max} , A e B foram estimados estatisticamente através da regressão assintótica proposta por Stevens (1951), sendo t o tempo em dias. Os diversos índices fisiológicos foram, então, obtidos pela manipulação das funções ajustadas. Por exemplo, a taxa de crescimento da cultura (TCC) é dada por dP/dt , enquanto que a taxa de assimilação líquida (TAL) é igual a TCC/IAF .

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O acúmulo de matéria seca da parte aérea (P) nas duas variedades de cana-de-açúcar, NA 56-79 e CB 41-14, apresentou a forma sigmóide característica de crescimento do tipo determinado, parecendo não haver influência varietal (Fig. 1). Tais resultados estão de acordo com aqueles obtidos por Irvine & Benda (1980) que também não encontraram diferenças significativas entre o crescimento

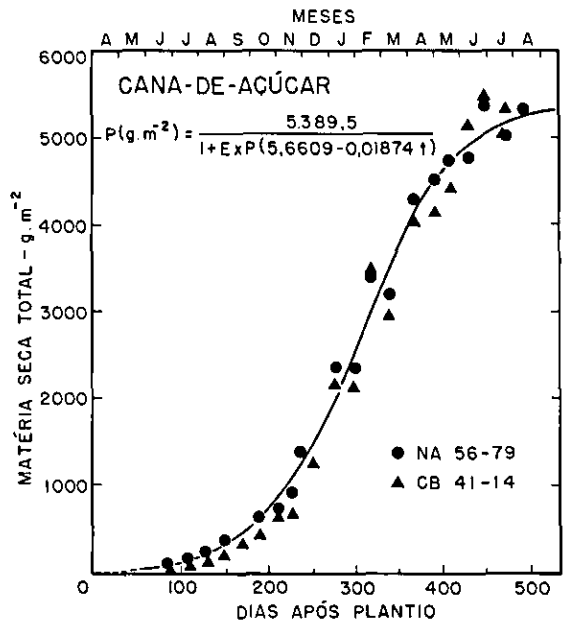


FIG. 1. Acúmulo de matéria seca total (P) em duas variedades de cana-de-açúcar, Piracicaba, SP, 1978/79.

de variedades com diferente arquitetura foliar. Todavia, na fase inicial do crescimento, valores médios discretamente maiores foram observados para a variedade NA 56-79, que pareceu pouco mais precoce em seu desenvolvimento inicial.

A Fig. 1 mostra que a função logística

$$P(g.m^{-2}) = \frac{5.389,5}{1 + \exp(5,6609 - 0,01874 t)} \quad (1)$$

descreve adequadamente o aumento em massa seca total ($g.m^{-2}$) das duas variedades, sendo t o número de dias após o plantio (d.a.p.).

O acúmulo de massa seca total pode ser, subjetivamente, separado em três fases distintas: 1. fase inicial de crescimento lento, entre o plantio e 200 d.a.p. (março-outubro); 2. fase de crescimento rápido, entre 200 e 400 d.a.p. (outubro-maio), na qual 75% de toda a massa seca foi acumulada; 3. fase final, entre 400 e 500 d.a.p. (maio-agosto), onde o crescimento foi novamente lento e responsável por somente 11% de toda a fitomassa. A mesma tendência tem sido observada em outras variedades por diversos autores (Borden 1941,

Gosnell 1968, McLean et al. 1968, San José & Medina 1970, Rostron 1974, Bull & Glasziou 1975, Irvine 1980) variando apenas a duração de cada fase. A duração de cada fase depende das condições climáticas. Para as condições do clima de Piracicaba, SP, representativa da zona canavieira paulista, a fase inicial coincidiu com o final do período das chuvas. As condições adversas de chuvas e temperatura que se seguiram, forçaram a cultura a entrar em repouso preparatório para o início das chuvas em setembro-outubro. Com o crescimento vegetal seguindo, aparentemente, a lei de juros compostos (Blackman 1919), deve-se esperar que o êxito da cultura seja dependente das condições ambientais na época de sua implantação (fase inicial).

O aumento da área foliar apresentou comportamento semelhante em ambas as variedades (Fig. 2).

O acúmulo de matéria seca nas folhas (F), em função do tempo, foi descrito pela função logística

$$F (\text{g.m}^{-2}) = \frac{370,8}{1 + \exp(3,9615 - 0,02494 t)} \quad (2)$$

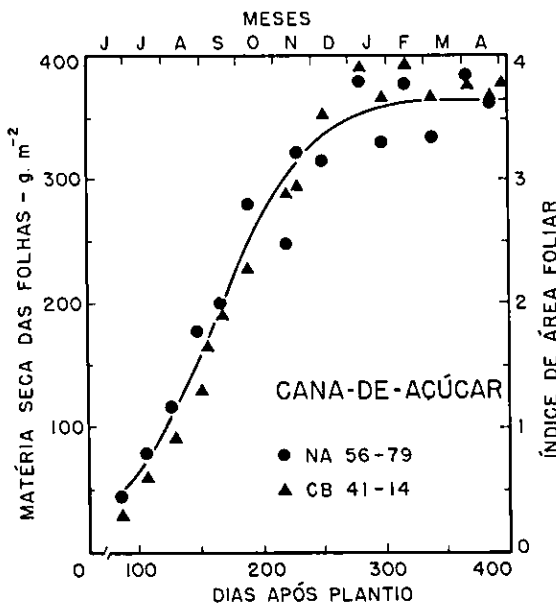


FIG. 2. Acúmulo de matéria seca nas folhas (F) e índice de área foliar (IAF) em duas variedades de cana-de-açúcar. Piracicaba, SP, 1978/79.

sendo t o número de dias após o plantio. Em ambas as variedades, a área foliar específica (AFE = área foliar/massa de folhas) foi praticamente constante durante o período considerado e igual a $1 \text{ dm}^2/\text{g}$ (Fig. 3). Desta forma, a equação (2) descreveu também o índice de área foliar (IAF), mudando-se apenas sua dimensão.

Observa-se que: 1. entre o plantio e 100 d.a.p. (março-julho), o crescimento das folhas foi lento; 2. entre 100 e 250 d.a.p. (julho-dezembro), o crescimento foi rápido, correspondendo a, aproximadamente, 75% do máximo atingido; 3. após 250 d.a.p. (dezembro), o crescimento das folhas foi novamente lento até que se estabilizou ao redor dos 300 d.a.p. (fevereiro). Nota-se, ainda, que o crescimento do aparelho assimilatório antecedeu ao crescimento dos colmos.

Houve constante renovação de folhas, sendo as mais velhas substituídas por novas mais eficientes. Tal fato tem sido também relatado por diversos autores (Hartt & Burr 1965, Waldron et al. 1967, Gosnell 1968, McLean et al. 1968). O número de folhas por colmo representa, então, o balanço entre as taxas de emissão e a senescência de folhas. Assim, no período compreendido entre o plantio e 300 d.a.p. (março-fevereiro), a taxa de emissão foi maior que a de senescência, visto que o número

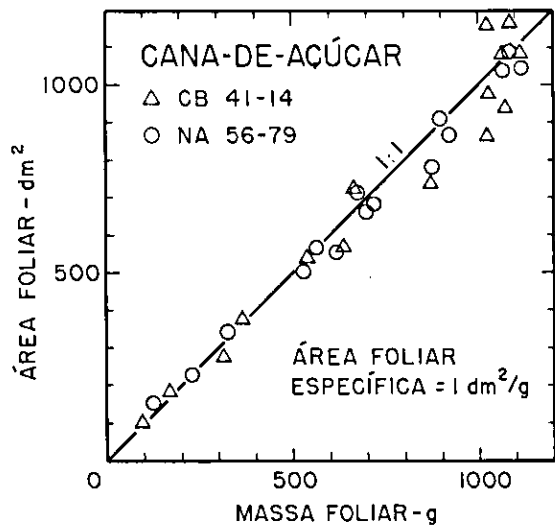


FIG. 3. Relação entre área e massa foliar em duas variedades de cana-de-açúcar. Piracicaba, SP, 1978/79.

de folhas/colmo aumentou (Fig. 4). Entre 300 e 400 d.a.p. (fevereiro-maio), as taxas de emissão e senescências de folhas se igualaram e foram mantidas, aproximadamente, dez folhas/colmo até 400 d.a.p. Pela Fig. 4, nota-se que a variedade NA 56-79 teve pequena vantagem sobre a CB 41-14, quanto ao número de folhas/colmo, porém a área foliar/folha foi semelhante nas duas variedades. Embora a área foliar/folha tenha sido semelhante nas duas variedades a cv. NA 56-79 apresentou folhas com maior comprimento, porém com menor largura que as da cv. CB 41-14. A área foliar/folha aumentou continuamente até 300 d.a.p., tornando-se praticamente constante daí em diante. Até, aproximadamente, 250 d.a.p., a área foliar/folha aumentou, em função do aumento, em ambas as dimensões das folhas. No entanto, entre 250 e 300 d.a.p., apenas o aumento na largura das folhas foi responsável pelo aumento da área foliar. Nota-

se, portanto, que o aumento do IAF e da matéria seca das folhas até 300 d.a.p. ocorreu em função do aumento tanto do número de folhas/colmo como da área foliar média. Entre 300 e 400 d.a.p., o tamanho do aparelho fotossintetizador ficou praticamente constante em função da estabilização tanto do número de folhas/colmo como da área foliar média.

Em ambas as variedades, o IAF máximo foi aproximadamente 3,7 correspondendo a 410 dm² de área foliar por planta, portanto, dentro dos limites citados por Irvine (1980).

A distribuição sazonal de matéria seca entre colmos e folhas, dada pela razão entre as equações (1) e (2), é apresentada na Fig. 5. Observa-se que, até 100 d.a.p., (julho), a matéria seca (M.S.) de folhas representava mais que 70% de toda a M.S. da parte aérea da planta. Depois, a quantidade relativa da M.S. das folhas diminuiu progressivamente até que, ao redor de 400 d.a.p. (maio), as folhas representavam apenas 9% da M.S. total. Tal comportamento evidencia que a dimensão do aparelho fotossintetizador se estabeleceu nos estádios iniciais do desenvolvimento da cultura, visando maior captação da energia solar disponível.

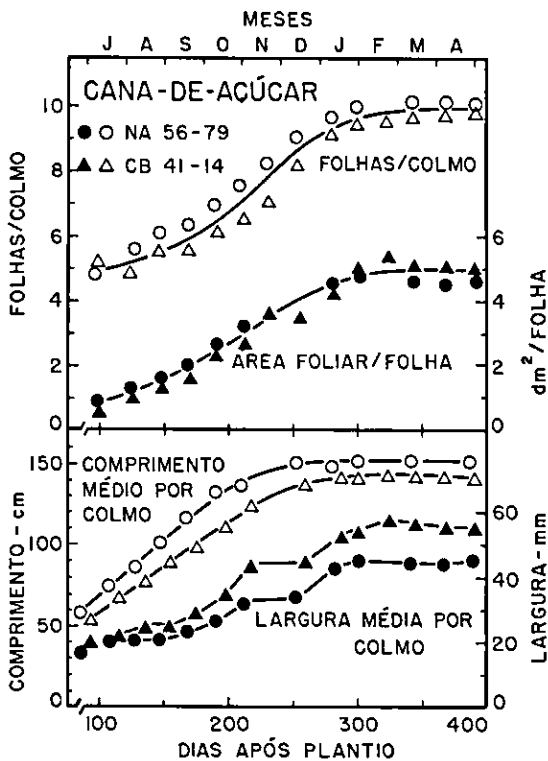


FIG. 4. Crescimento do aparelho fotossintetizador em duas variedades de cana-de-açúcar. Piracicaba, SP, 1978/79.

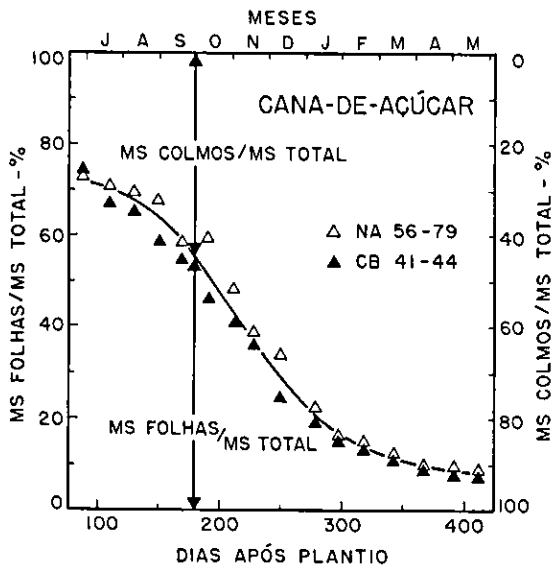


FIG. 5. Distribuição sazonal relativa de matéria seca em duas variedades de cana-de-açúcar. Piracicaba, SP, 1978/79.

Desde que a área foliar específica foi de $1 \text{ dm}^2/\text{g}$, a Fig. 5 representa também a variação sazonal da razão da área foliar (RAF), isto é, a razão entre a área foliar e a massa total da planta.

A Fig. 6 mostra que a cultura apresentou um rápido aumento no número de colmos por unidade de terreno ocupado até, aproximadamente, 125 d.a.p. (agosto), seguido de um acentuado declínio, estabilizando-se por volta de 250 d.a.p. (dezembro), com 9 e 8 colmos/ m^2 , respectivamente, para as variedades NA 56-79 e CB 41-14. Houve uma redução natural aproximada de 50% na população de colmos. Tal padrão de perfilhamento parece ser característica de diversas variedades de cana-de-açúcar (Borden 1942 e 1946, Asana 1950, Dillewijn 1952, Thompson & Du Toit 1965, Gosnell 1968, McLean et al. 1968, Bull & Glasziou 1975) e independente das condições hídricas (Thompson & Du Toit 1965, Gosnell 1968, Planalsucar 1980). A população de colmos decresceu acentuadamente no período em que o IAF praticamente duplicou, indicando que, possivelmente, o contínuo aumento do número de colmos nos estádios iniciais do desenvolvimento da cultura tenha sido reflexo da pequena área foliar/colmo em plantas novas.

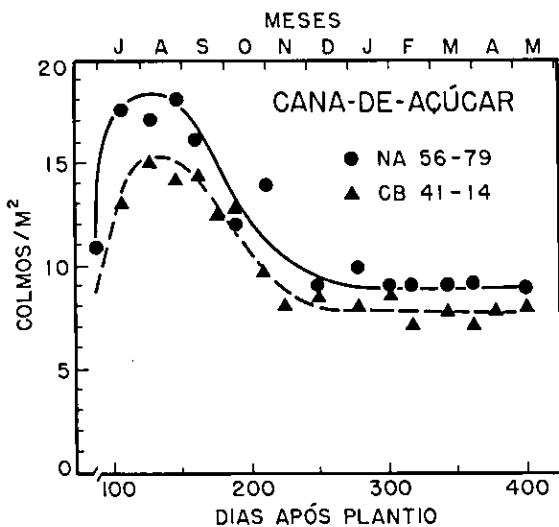


FIG. 6. Variação da população de colmos durante o crescimento em duas variedades de cana-de-açúcar. Piracicaba, SP, 1978/79.

Tal comportamento permite um fechamento rápido das copas competindo com as ervas daninhas, sendo, portanto, vantajoso economicamente. No período entre 125 e 225 d.a.p., a mortalidade de colmos ocorreu, principalmente, em função da competição entre colmos e do progressivo sombreamento exercido pelas plantas mais desenvolvidas (Dillewijn 1952, Nickell 1975).

A taxa de crescimento da cultura (TCC) é dada pela derivada da equação (1) com respeito ao tempo, isto é, $TCC = -dp/dt$. Evidentemente, a derivada de uma sigmóide apresenta a forma de sino, ou seja, é pequena, inicialmente, aumentando rapidamente até atingir um máximo para, em seguida, decrescer acentuadamente. A Fig. 7 mostra a ocorrência de uma TCC máxima de $25 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ ao redor de 300 d.a.p. (fevereiro) e dentro dos limites apresentados por Thompson (1978) para outras variedades. A TCC média para toda a estação de crescimento foi de, aproximadamente, $12 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$, compatível com os resultados de Thompson (1978), porém sensivelmente menor que os $22 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ relatados por Borden (1942,

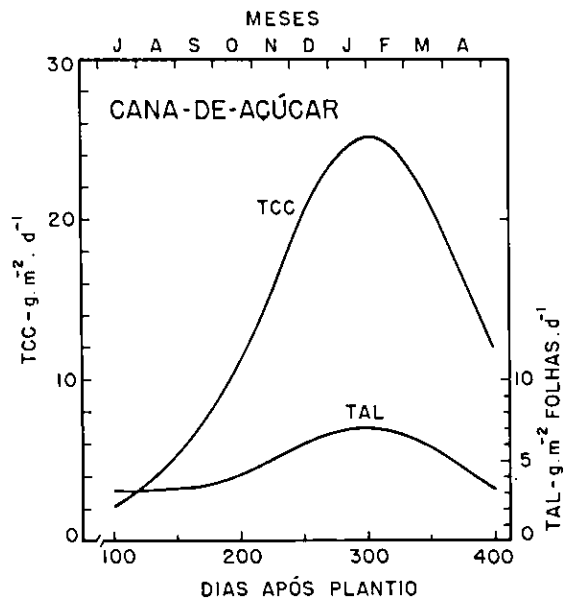


FIG. 7. Taxa de crescimento da cultura (TCC) e taxa de assimilação líquida (TAL) em duas variedades de cana-de-açúcar. Piracicaba, SP, 1978/79.

1946), Borden & Denison (1942), San José & Medina (1970) e Rostron (1974) para outras variedades em condições irrigadas. A irrigação parece proporcionar um crescimento inicial mais rápido da área foliar (Asana 1950, Watson 1952) que pode elevar a TCC média (Williams et al. 1965, Shibles & Weber 1965).

No período entre 200 e 360 d.a.p. (outubro-abril), a TCC média foi de $21 \text{ g. m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$, não muito alta, porém raramente encontrada por período tão longo em outros vegetais. Em geral, há uma estreita correlação entre produção e duração da estação de crescimento, e plantas com metabolismo do tipo C4 apresentam uma TCC média ao redor de $22,0 \pm 3,6 \text{ g. m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ (Monteith 1978). Nota-se, portanto, que a maior produtividade da cana-de-açúcar se deve, em parte, ao seu longo período de crescimento (Bull 1971, Bull & Glasziou 1975) e, conseqüentemente, maior duração da área foliar.

A taxa de assimilação líquida (TAL) representa, aproximadamente, o balanço entre o material produzido pela fotossíntese e as perdas devidas à respiração. Numericamente, TAL é dada pela razão entre TCC e IAF. Inicialmente, TAL apresentou valores pequenos, aumentando progressivamente até atingir o valor máximo de $7 \text{ g. m}^{-2} \text{ área foliar} \cdot \text{d}^{-1}$ ao redor de 300 d.a.p. (Fig. 7). Após 300 d.a.p., a TAL diminuiu continuamente em função do decréscimo em TCC visto que o IAF permaneceu praticamente constante. Note-se, pela Fig. 7, o paralelismo entre a queda em TCC e TAL após 300 d.a.p.

CONCLUSÕES

A despeito das diferenças de arquitetura das plantas e do ciclo de maturação existentes entre as variedades de cana-de-açúcar NA 56-79 e CB 41-14, suas características biométricas foram semelhantes durante um ciclo de crescimento. Tal fato sugere que, possivelmente, fatores relativos a produção, transporte, e estabilização de açúcares sejam mais relevantes que a simples avaliação da fitomassa acumulada. Dessa forma, nenhuma análise comparativa das variedades pode ser efetuada. Tanto o acúmulo de matéria seca como o aumento da área foliar com o tempo tiveram forma sigmóide,

sendo convenientemente descritos pela função logística.

Inicialmente, a matéria seca das folhas representou mais de 70% da matéria seca total. Depois, tal proporção decresceu continuamente até 9%, aos 400 dias após o plantio (d.a.p.).

O índice de área foliar (IAF) aumentou continuamente até 3,7 por volta de 300 d.a.p., permanecendo praticamente constante até o final do ciclo de crescimento. Em ambas as variedades, o IAF aumentou em função tanto do aumento da área de cada folha como do número de folhas por colmo.

Nos estádios iniciais da cultura, houve superprodução de colmos, com um máximo por volta de 125 d.a.p. em ambas as variedades. Posteriormente, houve uma redução natural de, aproximadamente, 50% no número de colmos/m². A densidade final de colmos foi de 8 e 9 colmos/m², respectivamente, para as variedades CB 41-14 e NA 56-79. O sombreamento e a competição entre as plantas foram, provavelmente, as causas de tal mortalidade.

A taxa de crescimento da cultura (TCC) média durante todo o ciclo foi de, aproximadamente, $12 \text{ g. m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ com um máximo de $25 \text{ g. m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ por volta de 300 d.a.p.

A taxa de assimilação líquida (TAL) seguiu a mesma tendência de TCC com um máximo de $7 \text{ g. m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$.

REFERÊNCIAS

- ASANA, R.D. Growth analysis of sugar cane crop in North Bihar (India). *Ann. Bot.*, 14:465-85, 1950.
- BLACKMAN, C.E. The compound interest law and plant growth. *Ann. Bot.*, 33:353-60, 1919.
- BORDEN, R.J. Cane growth studies factors which influence yields and composition of sugarcane. *Haw. Planters' Rec.*, 45:241-63, 1941.
- BORDEN, R.J. A search for guidance in the nitrogen fertilization of the sugar cane crop. Part I. The plant crop. *Haw. Planters' Rec.*, 46:191-238, 1942.
- BORDEN, R.J. A search for guidance in the nitrogen fertilization of the sugar cane crop. Part. III. The second ratoon crop. *Haw. Planters' Rec.*, 50:161-200, 1946.
- BORDEN, R.J. & DENISON, F.C. A study of optimum crop length. *Haw. Planters' Rec.*, 46:119-37, 1942.
- BULL, T.A. The C4 pathway related to growth rates in sugarcane. In: HATCH, M.D.; OSMOND, C.B. &

- SLATYER, R.O., eds. *Photosynthesis and photorespiration*. Camberra, Australia, John Wiley, Inc. 1971. p. 68-75.
- BULL, T.A. & GLASZIOU, K.T. Sugar cane. In: EVANS, L.T., ed. *Crop physiology: some case histories*. Cambridge University Press, 1975. p.51-72.
- DILLEWIJN, C. van. *Botany of sugarcane*. Waltham; The Chronica Botanica Co., 1952. 371p.
- EVANS, G.C. *The quantitative analysis of plant growth*. England. Oxford, Blackwell Scientific Publ., 1972.
- GOSNELL, J.M. Some effects of increasing age on sugarcane growth. *Proc. Intern. Soc. Sugar Cane Technol., Taiwan*, 13:499-513, 1968.
- HARTT, C.E. & BURR, G.O. Factors affecting photosynthesis in sugarcane. *Proc. Intern. Soc. Sugar Cane Technol., Puerto Rico*, 12:590-609, 1965.
- IRVINE, J.E. Sugarcane. In: SYMPOSIUM ON POTENTIAL PRODUCTIVITY OF FIELD CROPS UNDER DIFFERENT ENVIRONMENTS, 22-26 September 1980, IRRI.
- IRVINE, J.E. & BENDA, G.T.A. Sugarcane spacing. II. Effects of inter and intrarow spacing on the plant. *Proc. Intern. Soc. Sugar Cane Technol., 17 Cong., Manila*, 1980.
- KVET, J.; ONDOK, J.P.; NEGAS, J. & JARVIS, P.G. Methods of growth analysis. In: SESTAK, Z.; CATSKY, J. & JARVIS, P.G., eds. *Plant photosynthetic production; manual of methods*. The Hague, W. Junk N.V. Publishers, 1971. p.343-91.
- MAGALHÃES, A.C.N. Análise quantitativa do crescimento. In: FERRI, M.G., ed. *Fisiologia vegetal*. São Paulo, EDUSP, 1979, v.1, p.331-50.
- MCLEAN, F.G.; MCDAVID, C.R. & SINGH, Y. Preliminary results of net assimilation rate studies in sugarcane. *Proc. Intern. Soc. Sugar Cane Technol., Taiwan*, 13:449-58, 1968.
- MONTEITH, J.L. Reassessment of maximum growth rates for C3 and C4 crops. *Expl. Agric.*, 14:1-5, 1978.
- NICKELL, L.G. Ecophysiology of sugar cane. In: ALVIM, P.T., coord. *Ecophysiology of tropical crops*. Manaus, CEPLAC, 1975. p.1-52.
- PLANALSUCAR, São Paulo, SP. *Seção de irrigação e climatologia; Relatório Anual*. São Paulo, 1980.
- RICHARDS, F.J. The quantitative analysis of growth. In: STEWART, F.C. ed. *Plant physiology; a treatise*. VA - Analysis of growth: Behaviour of plants and their organs. London. Academic Press, 1969. p.13-76.
- ROSTRON, H. Radiant energy interception, root growth, dry matter production and apparent yield potential of two sugarcane varieties. *Proc. Intern. Soc. Sugar Cane Technol., Durban*, 15:1001-10, 1974.
- SAN JOSÉ, J.J. & MEDINA, E. Análisis de la productividad de caña de azúcar. I. Crecimiento, desarrollo de la superficie foliar y contenido de clorofila de caña de azúcar 'PR 980'. *Turrialba*, 20:143-8, 1970.
- SHIBLES, R.M. & WEBER, C.R. Leaf area, solar radiation interception and dry-matter production by soybeans. *Crop Sci.*, 5:575-7, 1965.
- STEVENS, W.L. Asyntotic regression. *Biometrics*, 7: 247-67, 1951.
- THOMPSON, G.D. The production of biomass by sugarcane. *Proc. South African Sug. Tech. Assoc.*, 52: 180-7, 1978.
- THOMPSON, G.D. & DU TOIT, J.L. The effects of row spacing on sugarcane in Natal. *Proc. Intern. Soc. Sugar Cane Technol., Puerto Rico*, 12:103-12, 1965.
- WALDRON, J.C.; GLASZIOU, K.T. & BULL, T.A. The physiology of sugar cane. IX. Factors affecting photosynthesis and sugar storage. *Aust. J. Biol. Sci.*, 20: 1043-52, 1967.
- WATSON, D.J. The physiological basis of variation in yield. *Adv. Agron.*, 4:101-45, 1952.
- WILLIAMS, W.A.; LOOMIS, R.S. & LEPLEY, C.R. Vegetative growth of corn as affected by population density. I. Productivity in relation to interception of solar radiation. *Crop. Sci.*, 5:211-5, 1965.