

UTILIZAÇÃO PRÁTICA DA ANÁLISE DE CRESCIMENTO VEGETAL*

A.A. Lucchesi**

RESUMO

Este trabalho tem por finalidade fornecer elementos para a utilização da análise quantitativa de crescimento vegetal, a qual se constitui em um valioso complemento na análise experimental no campo de Fitotecnia, principalmente em pesquisas ligadas a produtividade vegetal.

INTRODUÇÃO

Ao efetuar-se um experimento, dependendo dos objetivos a serem alcançados, as técnicas utilizadas para obter-se os dados e a escolha dos dados a serem obtidos variam bastante.

* Entregue para publicação em 27/09/84.

** Professor Adjunto do Departamento de Botânica da E.S. A. "Luiz de Queiroz" - U.S.P.

Os dados obtidos em experimentos na área de Fito-tecnia, normalmente são os relativos a número, tamanho e quantidade dos diferentes órgãos, teores dos componentes metabólicos básicos e produção inicial, intermediárias e final, dos vegetais que estariam sendo analisados.

Os métodos e técnicas utilizados vão desde os mais simples até utilizando equipamentos os mais sofisticados possíveis, normalmente importados e, conseqüentemente, muito onerosos.

Um método que vem sendo utilizado, e que é relativamente recente em nossas condições, é a utilização de análise quantitativa de crescimento vegetal.

Um vegetal de interesse econômico, como uma planta de cultivo anual em crescimento, apresenta diferentes fases. No início, como depende de reservas contidas nas sementes, o crescimento é lento; posteriormente, após o desenvolvimento do sistema radicular e a emergência das folhas, tem um rápido crescimento através da retirada de água e nutrientes do substrato onde está e através da sua atividade fotossintética. Após atingir o tamanho definitivo, entra para a fase de senescência, que resulta em um decréscimo no acúmulo de matéria seca. GREGORY (1926) cita que um vegetal anual, em condições ecológicas adequadas, ocupa, no período total de crescimento, em termos de porcentagem, 10 para germinar, 6 para emergir, 51 no grande período de crescimento, 15 para reprodução, 8 na maturação e 10 até a colheita.

Pelo visto, durante o seu desenvolvimento, o vegetal ocupa, nas diferentes fases, diferentes períodos de crescimento e, conseqüentemente, seria de fundamental importância o conhecimento dos efeitos dos diferentes tratamentos nas plantas a serem analisadas, durante o transcorrer de um determinado experimento.

Através da análise quantitativa de crescimento vegetal pode-se aquilatar os efeitos dos diferentes trata-

mentos que estão sendo efetuados, visto que esse tipo de análise fundamenta-se na medição sequencial do acúmulo de matéria orgânica, tanto em uma ou várias fases de crescimento, como durante o ciclo todo da planta em questão.

A referida análise foi inicialmente desenvolvida pelos fisiologistas vegetais BLACKMAN (1919); BRIGGS *et alii* (1920) e posteriormente por BLACKMAN (1968), e é considerada internacionalmente como método padrão para obter-se a estimativa da produtividade biológica das comunidades vegetais (MAGALHÃES, 1979).

TIPOS DE PRODUTIVIDADE

Como foi salientado, a análise quantitativa de crescimento vegetal estima a produtividade biológica das comunidades vegetais e para um melhor entendimento dos diferentes conceitos relacionados com o termo produtividade, são citados, a seguir, os principais:

Produtividade Bruta: quantidade total de matéria orgânica produzida em um determinado tempo por um nível trófico (nível alimentar), incluindo a quantidade de matéria degradada pelos fenômenos respiratórios. É também denominada de fotossíntese total ou assimilação total, quando se trata dos seres autótrofos.

Produtividade Líquida: quantidade de matéria orgânica produzida em um determinado tempo por um nível trófico, excluindo o que foi degradado nos fenômenos respiratórios. Para os seres autótrofos seria a fotossíntese aparente, ou a fotossíntese líquida. Portanto, a líquida corresponderia à bruta menos a respiração. Com relação aos vegetais, é chamada também de produtividade biológica; seria aquela em que considerar-se-ia o aumento do peso de matéria seca da planta inteira (biomassa vege

tal), por unidade de área de solo, em um determinado intervalo de tempo. No caso de ser considerada só a parte de interesse econômico, ou seja, a armazenada em órgãos, como semente, fruto, tubérculos, folha, caule, receberia o nome de produtividade econômica, ou agrícola.

Considerando-se os seres autótrofos clorofilianos, utiliza-se normalmente o termo produtividade primária para os mesmos. Produtividade secundária é a dos representantes dos outros níveis tróficos, os heterótrofos, ou sejam, os consumidores e os decompositores.

DAJÓZ (1973) compara, através de trabalhos de RILEY (1957), THOMAS e HILL (1949) e ODUM (1957), as produtividades primárias bruta e líquida e conclui que em ecossistemas naturais a respiração corresponde aproximadamente a 50% da produtividade bruta; em condições experimentais, a 38%; e em plantas no período de crescimento, a 12,5% da produtividade bruta. A média da produtividade bruta utilizada na respiração é de 30%.

Convém, ainda, diferenciar dois termos muito utilizados e que geralmente se confundem: produção e produtividade. Produção seria o valor absoluto daquilo que foi produzido ou fabricado, e produtividade seria a relação da produção com algum parâmetro, como tempo, área, etc.

UTILIZAÇÃO EM PESQUISAS

Atualmente, muitos são os pesquisadores que tem utilizado a análise quantitativa de crescimento nos mais diversos experimentos com vegetais. Esse método analisa as condições morfo-fisiológicas do vegetal a diferentes intervalos de tempo, entre duas amostragens sucessivas.

Os elementos necessários na utilização desse método de análise são o peso da matéria seca e a área foliar respectiva, da planta a ser analisada, em sucessivas épocas de amostragem.

O peso da matéria seca é mais utilizado e é significativo, pois determina o aumento de material acumulado na formação de um órgão, ou da planta toda, sem levar em consideração o conteúdo em água. No caso de utilizar o peso fresco, este não é aconselhado, visto que é muito influenciado pelo conteúdo em água, o qual varia com o teor de umidade ambiental. Para a obtenção do peso da matéria seca exige-se uma estufa de circulação de ar quente até 100°C e uma balança de precisão. Todos os tecidos vegetais são submetidos a uma temperatura de 70°C até peso constante e posteriormente são pesados obtendo-se, conseqüentemente, o peso da matéria seca do material em estudo.

No caso da área foliar, a sua determinação pode ser obtida através de diferentes métodos. Podem ser utilizados equipamentos mais sofisticados (células fotoelétricas) como o Automatic Area Meter ou Portable Area Meter; ou através de planímetro; ou ainda em métodos baseados na comparação do peso de uma área conhecida de papel (ATMAN n° 1) com o peso dos recortes dos perímetros das folhas, desenhados sobre o mesmo papel.

Em diversas pesquisas tem sido utilizado o método de estimar a área foliar usando um perfurador de folhas e tomando amostras dos discos de tecido foliar de área conhecida e relacionando o peso da matéria seca da área conhecida dos discos de tecido foliar com o peso da matéria seca do restante da folha (BLACKMAN e WILSON, 1951).

Como a forma da folha é muito variável, existem métodos de se calcular a área foliar através de relações entre medidas lineares e comprimento e largura, e a área foliar como o utilizado por FRANCIS et alii (1969) em

folhas de milho, usando a equação: $0,75 \times \text{comprimento foliar} \times \text{largura média foliar}$. Outros autores utilizaram métodos da área da seção média da folha, como YOON (1971) em folhas de cana-de-açúcar. JOHNSON (1967) e RHOADS e BLOODWORTH (1964) utilizaram também métodos de avaliação foliar específicos para folhas mais recortadas como as do algodoeiro.

É óbvio que o método a ser utilizado na determinação da área foliar vai depender da precisão exigida na pesquisa, disponibilidade de material e do tipo de folha, levando-se em conta a forma, a espessura e a distribuição das diferentes partes constituintes do tecido foliar.

Através da área foliar é possível aquilatar-se a eficiência das folhas da planta em estudo, na captação da energia solar, na produção de matéria orgânica e na influência sobre o crescimento e o desenvolvimento da planta.

CÁLCULO DOS PARÂMETROS UTILIZADOS NA ANÁLISE

Tendo-se obtido o peso da matéria seca e a área foliar em intervalos regulares pré-estabelecidos (o menor intervalo de tempo considerado é de 24 horas, e não deve ser ultrapassado de 2 semanas, ou 14 dias, entre as sucessivas amostragens), calcula-se agora, os diferentes parâmetros (ou índices) da análise. Os parâmetros mais utilizados são: Índice de área foliar (IAF); Taxa de assimilação líquida (TAL) ou aparente (TAA); Taxa de crescimento relativo (TCR); Taxa de crescimento foliar relativo (TCFR); Razão ou relação de área foliar (RAF); Taxa de produção de matéria seca (TPMS); Razão ou relação parte aérea/sistema radicular (RPA/SR); e Eficiência de conversão da energia solar (E_c) ou Eficiência Fotossintética (EF). O IAF, a RPA/SR e a RAF são considerados com-

ponentes morfológicos, e a TAL, a TCR, a TCFR, a TPMS e a Ec são componentes fisiológicos de crescimento vegetal.

Índice da Área Foliar (IAF)

Este parâmetro é determinado através da fórmula:

$IAF = AF/S$, onde

AF = área foliar da planta, em dm^2

S = área de solo disponível à planta, em dm^2 .

Ele avalia a capacidade ou a velocidade com que as partes aéreas do vegetal (área foliar) ocupam a área de solo, ou de água, disponível àquele vegetal. Em determinadas circunstâncias, além das folhas, outras partes do vegetal devem também ser integradas à área foliar, como pseudo-caules, pecíolos, brácteas, etc, os quais também podem participar da atividade fotossintética. Um IAF igual a 5 significa $5 m^2$ de área foliar ocupando $1 m^2$ de solo (ou de água, no caso de vegetais aquáticos).

Sabe-se que o acréscimo de matéria seca em uma área cultivada depende do desenvolvimento de sua área foliar. As folhas vão cobrindo pouco a pouco a área disponível, aumentando gradualmente a capacidade do vegetal em aproveitar a energia solar.

A interceptação da luz por uma superfície é influenciada pelo seu tamanho, forma, ângulo de inserção e orientação azimutal, separação vertical e arranjo horizontal, e pela absorção por estruturas não foliares (LOOMIS e WILLIAMS, 1968; MONSI e SAEKI, 1953; e MONTEITH, 1965; citados por YOSHIDA, 1972). O ângulo foliar é um parâmetro importante na produção; folhas erectas são mais eficientes para a fotossíntese máxima, quando o IAF é grande.

Aumento no IAF, aumenta a produção de matéria seca, mas devido ao auto-sombreamento das folhas, a taxa

fotossintética média por unidade de área foliar decresce. À medida que o IAF aumenta, as folhas inferiores são mais sombreadas e, conseqüentemente, a taxa fotossintética média de toda a área foliar é diminuída.

Sabe-se que a forma cônica de planta induz um maior potencial produtivo que a globosa, pois reduz o autossombreamento. Plantas cultivadas possuem suas folhas mais obliquamente, enquanto que as espécies selvagens dessas mesmas plantas as possuem mais na horizontal. O arroz, cultivar IR-8, é um caso típico de planta de alto potencial produtivo, pois possui suas folhas numa disposição bem erecta. Tal informação mostra que trabalhos de melhoramento nesse sentido contribuirão sensivelmente para uma maior produtividade das plantas cultivadas. Plantas assim melhoradas recebem o nome de plantas ideotípicas, ou seja, idealizadas para desenvolverem atividade fotossintética superior, em pequeno espaçamento.

Experimentos mostram que existem IAF relativamente ideais para determinadas culturas, assim o IAF ótimo é de 3,2 para soja, 5 para o milho, 6 a 8,8 para trigo, 4 a 7 para arroz (YOSHIDA, 1972).

Informações existem sobre trabalhos com forrageiras (caso de gramíneas) que, com o passar do tempo, o autossombreamento torna-se muito preponderante e, então, quando o IAF esteja em torno de 3 a 5, corta-se para a produção de feno, ou simplesmente coloca-se os animais para pastar; nesse estágio há inclusive uma maior palatabilidade para o gado.

Há casos de adubações nitrogenadas que induzem a altos IAF, mas, em conseqüência, uma baixa produtividade econômica. Da mesma maneira, poderia ocorrer com o aumento na densidade de plantio; segundo YOSHIDA (1972) o arroz parece ser altamente tolerante a altas densidades de plantio, trigo menos e milho é o menos tolerante, assim, a planta de arroz parece ser capaz de produzir pelo menos uma panícula por planta, mesmo com densidades mul-

to altas; em milho o rendimento em grãos foi positivamente relacionado somente até a densidade populacional de 4,8 plantas por metro quadrado.

ALVIM (1975) comenta que devido a exuberância da floresta amazônica, esta tem recebido de alguns autores, a denominação de "pulmão do mundo", como se sua produção fotossintética realmente purificasse o ar ou enriquecesse a atmosfera com oxigênio. Através da Figura 1 observa-se que a produção de oxigênio em uma comunidade vegetal, por ser consequência da fotossíntese líquida, torna-se praticamente nula quando essa comunidade alcança o seu climax.

Quando se estuda a evolução em uma sucessão ecológica vegetal, observa-se que há um aumento da produtividade bruta e da respiração, e uma gradativa diminuição da produtividade líquida, a partir do climax na sucessão (Figura 1). Portanto, voltando ao caso da floresta amazônica, se houvesse necessidade de aumentar o teor de oxigênio na atmosfera, uma solução seria cortar parte das plantas das regiões em estágio climax, para que crescessem novamente, voltando ao estágio no qual apresentassem alta intensidade fotossintética líquida ou o aumento da biomassa.

Taxa de Assimilação Líquida (TAL)

Também denominada Taxa de Assimilação Aparente (TAA): ela demonstra as alterações na quantidade de material orgânico formado com a energia luminosa recebida, em peso de matéria seca por unidade de área foliar, por unidade de tempo. É obtida através da equação:

$$TAL = (P_2 - P_1/A_2 - A_1) \cdot (\text{Log } e A_2 - \text{Log } e A_1/t_2 - t_1)$$

em $\text{g} \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$, onde:

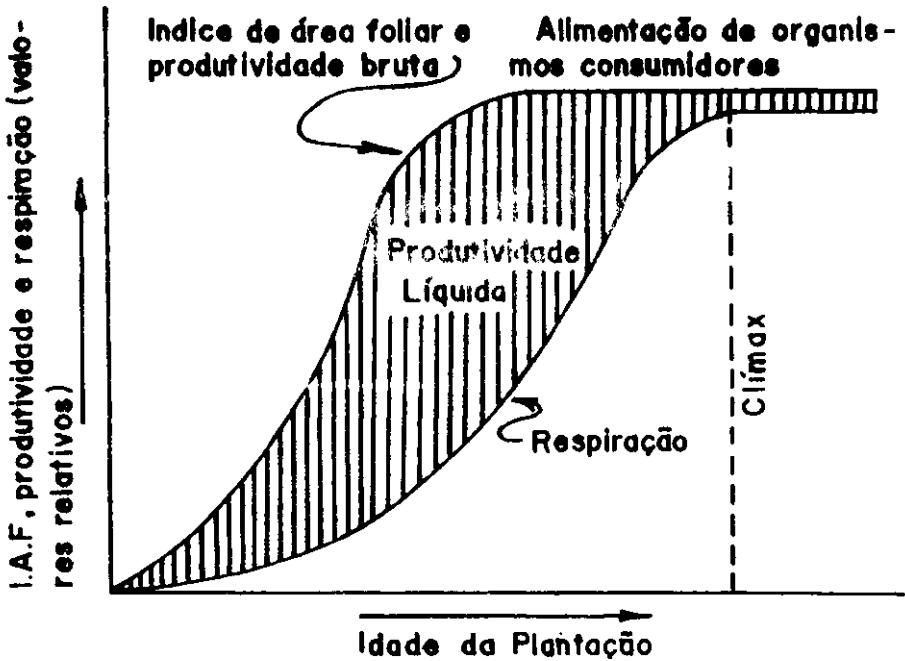


Figura 1 - Valores relativos ao índice de área foliar (IAF), produtividade bruta (ou fotossíntese total), transpiração e produtividade líquida (diferença entre a produtividade bruta e respiração) segundo a idade de uma planta perene (ALVIM, 1975).

- P_2 = peso da matéria seca total do vegetal colhido na segunda amostragem;
 P_1 = peso da matéria seca total do vegetal colhido na primeira amostragem;
 Log e = logaritmo neperiano (Log e = logaritmo decimal multiplicado por 2,30258);
 A_2 = área foliar do vegetal no tempo t_2 ;
 A_1 = área foliar do vegetal no tempo t_1 ;
 t_2 e t_1 = dias da segunda e primeira amostragens, respectivamente (número de dias decorridos entre as duas amostragens).

No decorrer do crescimento de uma planta, sua capacidade de produção aumenta (maior IAF) mas a sua TAL diminui, em virtude do auto-sombreamento (Figura 2). A TAL depende dos fatores ambientais, principalmente da radiação solar, mas uma planta com baixa TAL, não é necessariamente uma planta pouco produtiva. O cafeeiro e o cacauieiro são plantas com baixa TAL, elas possuem baixo ponto de compensação, ou seja, com pouca energia solar recebida possuem uma atividade fotossintética muito boa (ponto de compensação seria a intensidade luminosa recebida, em que a fotossíntese "compensa" perfeitamente a respiração).

Na Figura 2 observa-se a variação da TAL durante a ontogênese do vegetal (crescimento e desenvolvimento, desde a germinação até a senescência), observando-se que devido ao auto-sombreamento, a TAL diminui (com o aumento da área foliar).

Taxa de Crescimento Relativo (TCR)

Segundo BRIGGS *et alii* (1920) a taxa de crescimento relativo (TCR) de um vegetal evidencia perfeitamente o seu crescimento, que é dependente do material que está sendo acumulado.

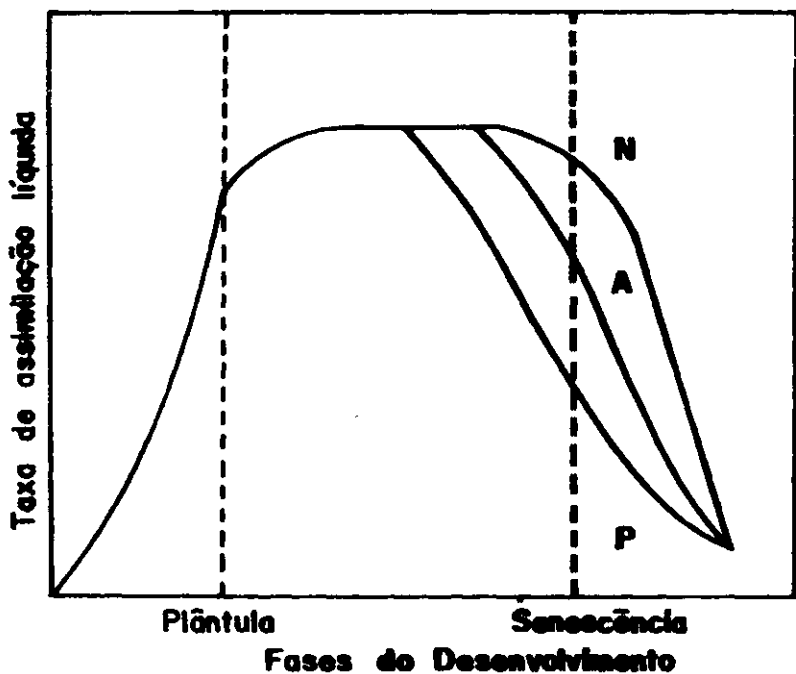


Figura 2 - Representação grãfica da taxa de assimilação líquida calculada com base no peso das folhas (P), área foliar (A), e conteúdo de proteína das folhas (N). Adaptado de WILLIAMS (1946).

A TCR relaciona a quantidade de matéria orgânica formada, em relação ao peso inicial, e é obtida através da equação:

$$TCR = \text{Log e } P_2 - \text{Log e } P_1 / t_2 - t_1, \text{ em g.g}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$$

Os termos dessa equação possuem os mesmos significados vistos na equação da Taxa de Assimilação Líquida (TAL).

A TCR geralmente diminui à medida que a planta cresce, em virtude, como no caso da TAL, do auto-sombreamento das folhas. Variedades mais produtivas, geralmente, são as que crescem mais rapidamente; verifica-se que plantas com maior TCR, geralmente são também as que desenvolvem mais rapidamente o seu Índice de Área Foliar (IAF). Portanto, o efeito da TCR exerce maior influência durante a fase de desenvolvimento da área foliar. Quando alcança um IAF relativamente elevado, a correlação entre TCR e a produtividade econômica, se reduz.

Taxa de Crescimento Foliar Relativo (TCFR)

A TCFR, utilizada por BUTTERY e BUZZELL (1971), avalia o relativo crescimento da planta, em termos de matéria seca formada na parte aérea (área foliar) em função do peso inicial. É obtida através da equação:

$$TCFR = \text{Log e } A_2 - \text{Log e } A_1 / t_2 - t_1, \text{ em dm}^2 \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{dia}$$

Os termos dessa equação possuem os mesmos significados vistos na equação da Taxa de Assimilação Líquida (TAL). A análise da TCFR segue o mesmo raciocínio observado com o parâmetro TCR, diferenciando-se deste, em virtude de relacionar mais a parte aérea (área foliar) e não a planta como um todo.

Razão ou Relação de Área Foliar (RAF)

A razão de área foliar é conceituada como o quociente entre a superfície foliar e o peso da matéria seca da planta.

$$RAF = A / P, \text{ em } dm^2 \cdot g^{-1}$$

Esse parâmetro avalia o desenvolvimento da área foliar relacionada com o desenvolvimento da planta toda. Tal como no caso do Índice de Área Foliar (IAF), a RAF é determinada em cada época de amostragem.

Taxa de Produção de Matéria Seca (TPMS)

A Taxa de produção de matéria seca (TPMS) avalia o crescimento do vegetal, relacionando a quantidade de material orgânico acumulado, em função da área de solo disponível (S), por unidade de tempo. É obtida através da equação:

$$TPMS = (P_2 - P_1) / S / (t_2 - t_1), \text{ em } g \cdot m^{-2} \cdot dia^{-1}$$

É um dos parâmetros mais importantes, pois retrata o incremento de matéria seca, por unidade de área do solo, por unidade de tempo, entre cada duas amostragens. É a produtividade primária líquida propriamente dita.

Razão ou Relação Parte Aérea/Sistema Radicular (RPASR)

Através desse índice, é possível analisar-se o crescimento da parte aérea, em relação ao crescimento do sistema radicular do vegetal. É conhecido que existe uma relação direta entre o sistema radicular com a parte aérea, e da mesma forma existe uma influência direta da

parte aérea no sistema radicular dos vegetais.

A RPASR é obtida através da equação:

$RPASR = PSPA / PSSR$, onde:

PSPA = peso da matéria seca da parte aérea, em gramas, e

PSSR = peso da matéria seca do sistema radicular , também em gramas.

Para que o crescimento total do vegetal possa ser estimado, o sistema radicular deve ser considerado como um importante componente da planta. Geralmente, devido a dificuldade de retirada do sistema radicular, essa parte da planta normalmente não é considerada nos cálculos da análise de crescimento, e conseqüentemente a RPASR não é utilizada.

Esse índice, determinado em cada época de amostragem, avalia o crescimento e desenvolvimento das diferentes partes do vegetal (parte aérea e sistema radicular), influenciados pelos diferentes tratamentos a que o vegetal estaria sendo submetido. É muito importante quando na pesquisa que está sendo efetuada, o que mais importa seria a parte aérea, ou o sistema radicular; é o caso de se trabalhar com hortaliças, de raízes (beterraba, cenoura, etc) ou de folhas (alface, couve, etc).

Eficiência de Conversão da Energia solar (E_c)

Através da atividade fotossintética, parte da energia solar é acumulada na planta e é utilizada para o crescimento. A E_c avalia a produção de matéria orgânica em unidades de energia, considerando-se que a radiação solar é transformada em biomassa.

A E_c , também denominada de Eficiência fotossintética (EF), é uma relação entre a radiação fixada pelo vegetal e a radiação incidente no mesmo. É obtida através da equação:

$$E_c = (TPMS \cdot QE/RS \cdot 0,45) \cdot 100, \quad \text{onde}$$

TPMS = taxa de produção de matéria seca, em $g \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$

QE = quantidade de energia contida em uma grama de matéria seca. Seria o calor de combustão de uma grama de matéria seca, que varia de 3,5 a 4,8 Kcal. As espécies lenhosas atingem em média 4,7 e as herbáceas 4 Kcal por grama (LIETH, 1968). Tem sido utilizado o valor 3,733 ou 3,7 Kcal por grama que é um valor médio, de acordo com BERNARD (1956)

RS = radiação solar incidente, por unidade de solo, por unidade de tempo, em $Kcal \cdot m^{-2} \cdot dia^{-1}$; esses dados normalmente são tomados em Actinôgrafo, colocado no local do experimento.

0,45 = fração da radiação solar total, que pode ser aproveitada para a realização de fotossíntese.

Alguns estudos da eficiência da utilização da radiação solar mostram que culturas convertem 1% da radiação solar; MAGALHÃES (1979) cita que feijoeiro, cultivar carioca, apresentou uma E_c máxima em torno de 2% em condições de radiação solar média de $450 \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$. LUCCHESI e MINAMI (1980) trabalhando com fito-reguladores em cultivares de morangueiro, observaram que houve alta E_c (1,4 a 1,8% para a cultivar Monte Alegre, e 1,9 a 2,3 % para a cultivar Campinas) quando tratadas com GA₃ (ácido giberélico). Em cana-de-açúcar, segundo BURR et alii (1957) a E_c é de 1,43%; essa planta é uma das que melhor convertem a energia solar. Os valores obtidos na maioria das culturas mostram uma E_c de 0,5 a 1%.

Um dado interessante é aquele obtido através da TPMS x QE, ou seja, a Taxa de produção de matéria seca multiplicada pela quantidade de energia contida em uma grama de matéria seca (em média 3,7), pois através dele obtém-se Kcal de alimento potencial, por unidade de solo, por unidade de tempo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conjunto de informações que a análise quantitativa de crescimento vegetal fornece a quem dela se utilizar, amplia em muito o conhecimento dos efeitos dos diferentes tratamentos de um determinado experimento conduzido.

Esse tipo de análise se constitui em mais uma "ferramenta" que, bem utilizada, é um complemento de grande utilidade na análise experimental no campo da Fitotecnia. Ela torna-se muito importante nas pesquisas ligadas a produtividade vegetal, tanto em relação às características intrínsecas de uma determinada variedade, como na avaliação das diferenças intervarietais e interespecíficas sob a influência dos fatores ambientais ou de técnicas culturais.

Para exemplificar melhor, as Figuras 3 e 4 mostram, através de gráficos, a facilidade de se interpretar o que ocorreu nas diferentes épocas de amostragens (Figura 3, com o IAF) e o que ocorreu no período entre as amostragens (Figura 4, com a Et%). Neste trabalho, LUCCHESI e MINAMI (1980), estudaram a influência de diferentes fito-reguladores em cultivares de morangueiro (*Fragaria* sp.)

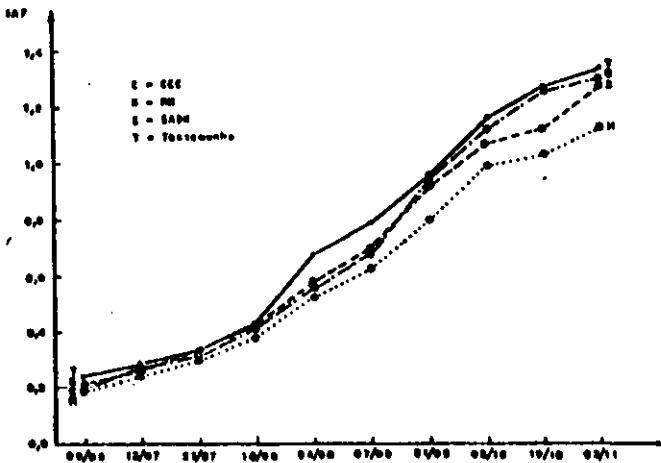
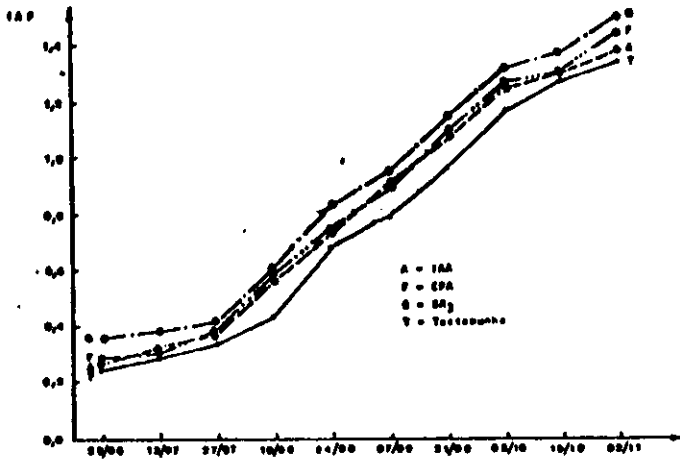


Figura 3 - Influência dos fito-reguladores no Índice de Área Foliar (IAF), na cultivar Campinas. PI racicaba, SP, 1979. (LUCCHESI e MINAMI, 1980)

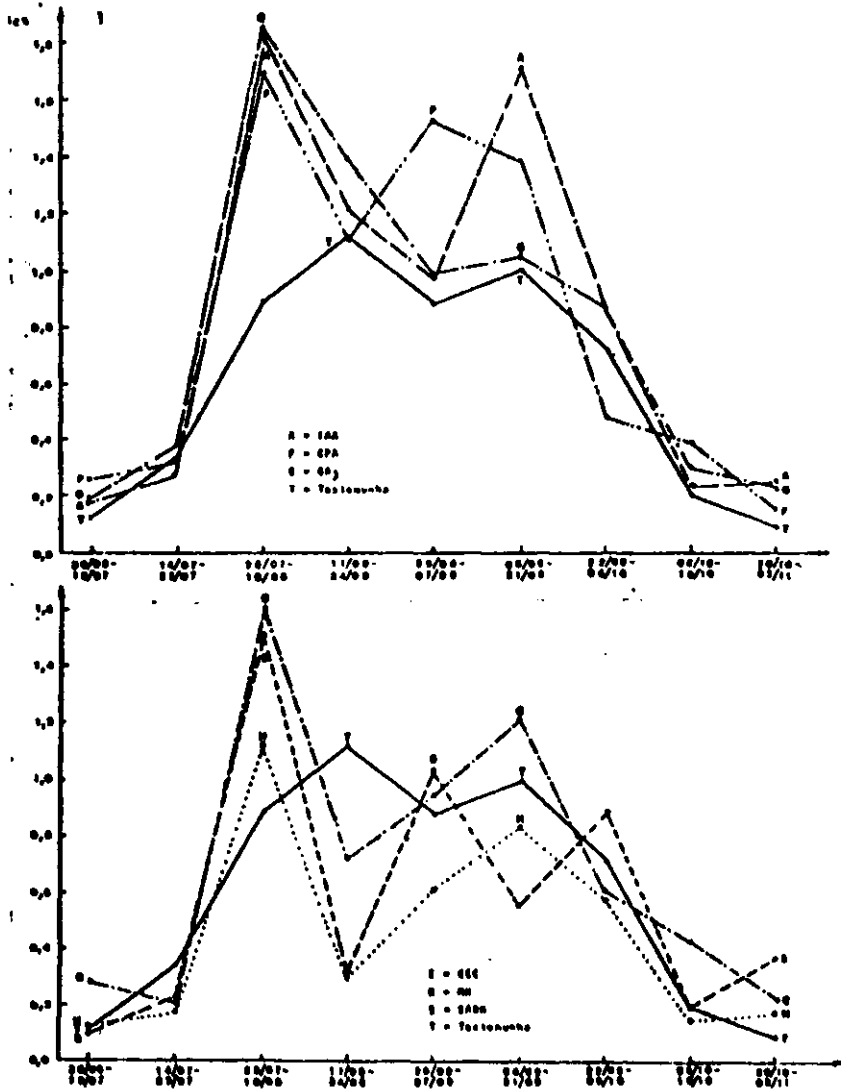


Figura 4 - Influência dos fito-reguladores na Eficiência da conversão da energia solar (E_c), em porcentagem, na cultivar Monte Alegre. Piracicaba, SP, 1979. (LUCCHESI e MINAMI, 1980).

SUMMARY

PRACTICE UTILIZATION OF QUANTITATIVE ANALYSIS OF PLANT GROWTH

The objective of this work is to determine elements for utilization of quantitative analysis on plant growth, which is a valuable complement of experimental analysis in crop science, mainly plant productivity research.

LITERATURA CITADA

- ALVIM, P.T. 1975. Agricultura nos trópicos úmidos: potencialidade e limitações. IICA, OEA, EMBRAPA, Centro de Pesquisas do Cacau, Ilhéus, Bahia, 11p.
- BERNARD, E.A. 1956. Les termes normaux de l'équation du bilan d'énergie. In: Le déterminisme de l'évaporation dans la nature. INEAC, Serie Scientific n° 68, p.64-104.
- BLACKMAN, V.H. 1919. The compound interest law and plant growth. *Annals of Botany*, 33:353-360.
- BLACKMAN, G.E. & G.L. WILSON. 1951. Physiological and ecological studies in the analysis of plant environment. *Annals of Botany*, 15:63-84.
- BLACKMAN, G.E. 1968. The application of the concepts of growth to the assessment of productivity. In: Functioning of terrestrial ecosystems at the primary production level. UNESCO, Paris, 243-259.
- BRIGGS, G.E.; F. KIDD & C. WEST. 1920. A quantitative analysis of plant growth. *II Ann.Appl. Biol.*, 7:202-223.

- BURR, G.O.; C.E. HARTT; W.H. BRODE; T. TANIMOTO; H.P. KORTSCHAK; D. TAKAHASHI; F.M. ASHTON & R.E. COLEMAN. 1957. The sugar cane plants. *Annual Review of Plant Physiology*, 8:275-308.
- BUTTERY, B.R. & R.I. BUZZELL. 1972. Some differences between soybean cultivars observed by growth analysis. *Canadian J. Plant. Sci.*, 52(1):13-20.
- DAJOZ, R. 1972. *Ecologia Geral*. Tradução de F.M. Guimarães. Editora Vozes Ltda., Petrópolis e EDUSP, São Paulo, p.335-383.
- FRANCIS, C.A.; J.N. RUTGER & A.F.E. PALMER. 1969. A rapid method for plant leaf area estimation in maize (*Zea mays* L.). *Crop Science* 9:537-539.
- GREGORY, F.G. 1926. The effect of climatic conditions on the growth of barley. *Annals of Botany*, 40:1-26
- JOHSON, R.E. 1967. Comparison of methods for estimating cotton leaf area. *Agronomy Journal* 59:493-494
- LIETH, H. 1968. The measurement of caloric values of biological material and the determination of ecological efficiency. In: *Functioning of terrestrial ecosystems at the primary production level*. UNESCO, Paris, 233-242.
- LUCCHESI, A.A. & K. MINAMI. 1980. Análise quantitativa de crescimento vegetal em cultivares de morangueiro (*Fragaria* spp.), sob a influência de fito-reguladores de crescimento. *Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz"*, Piracicaba, SP, 37:555-593.
- MAGALHÃES, A.C.N. 1979. Análise quantitativa do crescimento. In: *Fisiologia Vegetal*. Editoras EPU e EDUSP, São Paulo, 1:331-350.

- RHOADS, F.M. & M.E. BLOODWORTH. 1964. Area measurement of cotton leaves by a dry-weight method. **Agronomy Journal** 56(5):520-522.
- WILLIAMS, R.F. 1946. The physiology of plant growth with special reference to the concept of Net assimilation rate. *Annals of Botany* 10:41-72
- YOON, C.N. 1971. Growth studies on sugarcane. I. Dry matter production. **The Malaysian Agric. J.** 40(2): 47-59.
- YOSHIDA, S. 1972. Physiological aspects of grain yield. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 23:437-464.