

MODELO DE ESTIMATIVA DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR NA CULTURA DE MILHO

Paulo Augusto Manfron¹, Durval Dourado Neto^{2,7}, Antônio Roberto Pereira^{3,7}, Reinaldo Antonio Garcia Bonnacarrère^{4,7}, Sandro Luis Petter Medeiros⁵, Felipe Gustavo Pilau⁶

Introdução

A determinação da variação temporal do índice de área foliar (IAF, m²folha.m⁻²terreno ocupado) requer métodos destrutivos com a remoção de plantas, afetando a interação das plantas remanescentes, além de ser um processo demorado.

Com o objetivo de se eliminar tais deficiências operacionais e metodológicas, e de facilitar avaliações rápidas e simultâneas do IAF durante o ciclo da cultura de milho, desenvolveu-se um método prático (estatístico) para estimar o IAF conhecendo-se apenas a estatura média das plantas, que é de simples mensuração a campo. A variação temporal do IAF foi descrita em função da soma térmica (Graus-dia Acumulados).

Material e métodos

Para determinar a variação temporal do IAF e estimá-lo durante o ciclo da cultura, foram realizados dois experimentos inteiramente casualizados, com três repetições cada, na área experimental da ESALQ, USP, em Piracicaba, SP (22°42' S, 47°38' W e 546 m de altitude). No experimento (I) com o objetivo de determinar a variação temporal do IAF para a calibração do método, semeou-se três híbridos (F-5013, BR-206 e P-4071) em 18/10/1996, sendo a colheita realizada em 01/03/1997. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. Cada repetição foi constituída com 3,2m de largura (4 linhas com espaçamento de 0,8m) com 30m de comprimento. Cada híbrido foi contemplado com 96 m²/repetição (288 m²/híbrido), em populações de 58000 plantas/ha.

Para o cálculo do IAF_{i,j} de cada híbrido i, em cada coleta j, utilizou-se a seguinte expressão:

$$IAF_{i,j} = \frac{MSF_{i,j} \cdot Ae_{i,j} \cdot P_i}{10^6} \quad (1)$$

sendo MSF_{i,j} a massa seca de folha (g), Ae_{i,j} a área específica da folha (g.cm⁻²) e P_i a população na colheita (plantas.m⁻²). Ae_{i,j} foi determinada com imagens capturadas de segmentos das folhas de cinco plantas por repetição e tratadas por um software específico (Caldas et al., 1992), sendo sua massa seca (g) obtida após secagem a 60 °C em estufa de ventilação forçada.

A análise gráfica das medidas mostrou que o IAF pode ser descrito por uma função quadrática da estatura de planta (h, cm), ou seja:

$$IAF = a \cdot h^2 + b \cdot h \quad (2)$$

em que **a** (m².m⁻².cm⁻²) e **b** (m².m⁻².cm⁻¹) são os parâmetros empíricos determinados por análise de regressão convencional.

No experimento (II) com o objetivo de estimar o IAF na cultura de milho através da medida no campo da estatura de planta (valor médio de 5 plantas/repetição e híbrido em cada momento de amostragem durante o ciclo da cultura), semeou-se três híbridos (C-901, C-333-B e C-806) em 20/10/1997, sendo a colheita em 11/03/1998. Cada parcela constava de 3,6 m de largura (4 linhas com espaçamento de 0,9m) com 30 m de comprimento. Cada híbrido ocupava 108m²/repetição (324 m²/híbrido), em populações de 60.000 plantas/ha, 50.000 plantas/ha e 50.000 plantas/ha, respectivamente.

Para estimativa do índice de área foliar (valor absoluto) (IAF, m².m⁻²) em função da soma calórica (GD, °C.dia⁻¹, e Tb de 10°C) para os três híbridos específicos, assumiu-se o modelo quadrático referente a relação funcional entre o IAF (variável dependente) e a estatura de plantas (variável independente) e utilizou-se o seguinte modelo explanatório:

$$IAF_i = a + \left[\frac{b}{1 + e^{-\frac{GD_i - c + \frac{d}{2}}{f}}} \right] \left[1 - \frac{1}{1 + e^{-\frac{GD_i - c + \frac{d}{2}}{g}}} \right] \quad (3)$$

em que **a**, **b**, **c**, **d**, **f** e **g** se referem aos parâmetros determinados por análise de regressão não linear (Whisler et al., 1986).

Para estimativa do índice de área foliar relativo (IAFr) em função do desenvolvimento relativo da cultura, utilizou-se o seguinte modelo:

$$IAFr_i = \cos^a \left\{ \frac{\pi}{2} \left(1 - \left[\frac{Dr_i}{Dr_m} \right]^b \right) \right\} \quad (4)$$

em que Dr_m, **a** e **b** são parâmetros determinados por análise de regressão não linear.

Cabe salientar que foi concebido no modelo que o desenvolvimento relativo Dr_m é correspondente ao ponto de máximo índice relativo de área foliar (IAFr = 1), e a estimativa da área foliar (cm²) foi realizada multiplicando-se a massa seca média de folhas pela área foliar específica de cada híbrido.

A dedução dos modelos referentes à variação do índice relativo de área foliar, em função do desenvolvimento relativo da cultura de milho, expressam matematicamente o conhecimento do fenômeno para fins

¹ Dr. Prof. Titular. Departamento de Fitotecnia, CCR, UFSM, Santa Maria, RS. manfronp@ccr.ufsm.br

² Dr. Prof. Associado, Departamento de Produção de Vegetal. ESALQ-USP. Piracicaba, SP. dourado@esalq.usp.br

³ Dr. Prof. Titular. Departamento de Ciências Exatas. ESALQ-USP. Piracicaba, SP. arpereir@esalq.usp.br

⁴ Engenheiro Agrônomo. Doutorando em Fitotecnia, ESALQ-USP, Bolsista CNPq. rabonnec@esalq.usp.br

⁵ Dr. Prof. Adjunto. Departamento de Fitotecnia, CCR, UFSM, Santa Maria, RS. sandro@ccr.ufsm.br

⁶ Engenheiro Agrônomo. Doutorando em Física do Ambiente Agrícola. ESALQ-USP. fgpilau@esalq.usp.br

⁷ Bolsista CNPq.

de previsão com erro de estimativa associado (Fancelli & Dourado-Neto, 1999a).

Os valores relativos foram concebidos no intuito de tornar possível a extrapolação dos resultados obtidos no experimento descrito no presente trabalho.

Resultados e discussão

O índice de área foliar mostrou uma variação temporal que pode ser descrita por uma função quadrática. Após ser atingido um ponto de máximo, há um decréscimo devido à senescência e queda das folhas. A intensidade destas variações são reflexos da variabilidade temporal da partição de fotoassimilados que está relacionada à temperatura, assumindo que os demais fatores de produção sejam constantes.

Em condições ambientais sem restrições de água, a temperatura é um dos principais elementos climáticos de produção, onde sua variação temporal durante o ciclo vegetativo pode ser caracterizado pelo desenvolvimento relativo da cultura, com reflexos significativos na estatura e no desenvolvimento de sua área foliar. Essa caracterização é fundamental para o conhecimento das somas calóricas específicas de cada híbrido referentes aos estádios de desenvolvimento floração e maturação fisiológica (Fancelli & Dourado Neto, 1999a).

Para determinar a variação temporal do índice de área foliar, obteve-se os seguintes valores médios para a área específica da folha (A_e , $\text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$) para os híbridos F-5013, BR-206 e P-4071, respectivamente, 0,453; 0,457 e $0,467 \text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$; e as seguintes massas secas foliares médias, 570,97; 516,02 e 634,30g.

A estatura da planta apresenta um comportamento sigmoidal até atingir um valor máximo e permanecer constante. Sendo assim, a relação funcional entre o índice de área foliar e estatura da planta apresenta comportamento quadrático (Jagtap et al., 1993).

A estimativa do índice de área foliar pode ser modelada utilizando modelos explanatórios, os quais permitem adequar modelos estatísticos arbitrários que melhor minimizam a soma dos quadrados dos resíduos (quadrado da diferença entre os valores observados e estimados), cujo o objetivo principal é a "explicação numérica do fenômeno".

A utilização de modelos extrapoláveis tem por objetivo fazer com que o resultado seja generalizado para outras situações diferentes da condição em que os resultados foram obtidos. A filosofia é estimar a ordem de grandeza para fins de planejamento, onde são requeridos formação teórica apurada, experiência e bom senso do usuário da informação.

No modelo extrapolável do presente estudo, foi utilizado o índice de área foliar (grandeza intensiva) como variável dependente e a soma calórica como variável independente. O modelo foi ajustado para os dados obtidos referentes aos três híbridos utilizados.

A minimização da variabilidade das áreas de folhas coletadas para estimativa do IAF foi realizada através da coleta total de folhas de 5 plantas em cada repetição e híbrido. Durante o

crescimento e desenvolvimento existe uma desuniformidade gerada pelas condições ambientais, na estatura de plantas de uma comunidade, o que poderia influenciar negativamente nos resultados obtidos, uma vez que a coleta de dados foi aleatoriamente conduzida a campo.

A soma dos quadrados dos resíduos observados nas diversas amostragens satisfizeram plenamente os objetivos do trabalho, permitindo a explicação numérica do modelo.

Tabela 1. Valores observados e estimados do índice relativo de área foliar (IAFr) em função do desenvolvimento relativo (Dr) da cultura de milho.

Dr	IAFr		Resíduo		Limite de confiança (95%)	
	Obs*	Est* ¹	Abs*	Rel*, %	Inf*	Sup*
0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,275	0,275
0,14	0,019	0,035	-0,016	-87,779	-0,259	0,329
0,27	0,182	0,270	-0,088	-48,749	-0,079	0,619
0,39	0,752	0,645	0,107	14,216	0,309	0,982
0,53	1,000	0,961	0,039	3,885	0,669	1,254
0,57	0,951	0,996	-0,045	-4,753	0,719	1,273
0,70	0,952	0,898	0,054	5,646	0,583	1,213
0,84	0,656	0,599	0,058	8,815	0,263	0,934
1,00	0,210	0,270	-0,060	-28,669	-0,097	0,637

* Obs – Observado; Est – Estimado; Abs – Absoluto; Rel – Relativo; Inf – Inferior; Sup – superior.

Conclusão

O modelo satisfatoriamente representa a variação temporal do índice de área foliar através da soma calórica.

O modelo sugerido estima o índice de área foliar na cultura de milho através da medida no campo da estatura de plantas.

Referências bibliográficas

- CALDAS, L.S.; BRAVO, C.; PICCOLO, H.; FARIA, C.R.S.M. Measurement of leaf area with a hand-scanner linked to a microcomputer. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Brasília, v.4, n.1, p.17-20, 1992.
- FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. **Tecnologia da produção de milho**. FEALQ/Departamento de Produção Vegetal: ESALQ/USP, 1999a.
- JAGTAP, S.S.; MORNUN, M.; KANG, B.T. Simulation of growth, development and yield of maize in the transition zone of Nigeria. **Agricultural Systems**, Nebraska, v.41, p.215-219, 1993.
- WHISLER, F.D.; ACOCK, B.; BAKER, D.N.; FYE, R.E.; HODGES, H.F.; LAMBERT, J.R.; LEMMON, H.E.; MCKINION, J.M.; REDDY, V.R. Crop simulation models in agronomic systems. **Advances in Agronomy**, New York, v.40, p.141-208, 1986.