

ISSN 0104-1347

## Estimativa do índice de área foliar do milho a partir da soma de graus-dia<sup>1</sup>

Estimating the leaf area index of maize crops through the sum of degree-day

Artur Gustavo Müller<sup>2</sup>, Homero Bergamaschi<sup>3</sup>, João Ito Bergonci<sup>4</sup>, Bernadete Radin<sup>5</sup>, Solange França<sup>6</sup> e Maria Isabel Guilardi da Silva<sup>7</sup>

**Resumo** - A evolução do índice de área foliar (IAF) do milho a partir de medições semanais, durante dois anos, foi relacionada com a somatória de graus-dia, estabelecendo-se um modelo linear segmentado para estimativa do IAF. Este modelo adequou-se para o período, após a instalação da cultura (a partir da quarta folha expandida), até o início da senescência foliar (90% do ciclo total), que corresponde ao período em que o rendimento do milho é mais condicionado à superfície foliar ativa. O uso de dados de mais quatro anos de experimentos, conduzidos nas mesmas condições, serviu à validação do modelo para o mesmo híbrido e outro com as características semelhantes (precoce e de baixo porte). Contudo o modelo apresenta limitações quando ocorre deficiência hídrica, mesmo que esta ocorra apenas no período de instalação da cultura.

**Palavras-chave:** índice de área foliar, milho, graus-dia, modelos, temperatura do ar.

**Abstract** – Variations in the leaf area index (LAI) of maize crops using weekly measurements during two years were related to degree-days summation, in order to establish a segmented linear model. This model showed to be adequate to estimate the maize LAI after the crop installation, which represents the period in that the grain yield is more conditioned to the active leaf area (90% of the entire maize cycle). Using data set from another four years of experiments, conducted at the same conditions, it was possible to validate the model for the same hybrid as well as for another hybrid with similar characteristics (short cycle and low plant height). However, it was demonstrated that the model has limitations in the presence of water deficits, even when this occurs at the crop installation period.

**Key words:** leaf area index, maize, degree-day, models, air temperature.

### Introdução

Na agricultura atual há necessidade cada vez maior de estimar a capacidade produtiva das culturas, em diferentes condições do meio, tanto para estimativa de safras, preparo de sua colheita, armazenagem e escoamento, como para estimar os possíveis efeitos de alterações nas técnicas de produção. Para suprir essa necessidade, modelos agrometeorológicos e de simulação de cultivos estão sendo aprimorados.

Um importante parâmetro de entrada em modelos é o índice de área foliar (IAF), definido como a razão entre a área foliar de uma população de plantas e a área de solo por ela ocupada. Ele expressa a disponibilidade de superfície assimiladora de CO<sub>2</sub> e da radiação fotossinteticamente ativa e de perdas de água (transpiração) da população de plantas. O IAF tem relação com a capacidade fotossintética da população vegetal por estar relacionado à área de assimilação de CO<sub>2</sub> e de intercepção de radiação, ou

<sup>1</sup>Parte da tese de doutorado do primeiro autor. PPG Fitotecnia - Agrometeorologia, UFRGS. Porto Alegre, RS.

<sup>2</sup>Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, Prof. na UNIJUI, Ijuí, RS. [agmuller@admijui.unijui.tche.br](mailto:agmuller@admijui.unijui.tche.br).

<sup>3</sup>Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, Prof. na Faculdade de Agronomia da UFRGS, Porto Alegre, RS. Bolsista do CNPq.

<sup>4</sup>Biólogo, Prof. do Instituto de Biociências da UFRGS.

<sup>5</sup>Eng<sup>a</sup> Agr<sup>a</sup>, Pesquisadora da FEPAGRO.

<sup>6</sup>Eng<sup>a</sup> Agr<sup>a</sup>, PPG Fitotecnia, área de concentração Agrometeorologia, da UFRGS.

<sup>7</sup>Eng<sup>a</sup> Agr<sup>a</sup>, bolsista de iniciação científica PIBIC-CNPq/UFRGS.

pela redução da própria taxa fotossintética quando altos IAFs provocam grande perda de água e conseqüente deficiência hídrica.

Atualmente, existe uma grande diversidade de modelos de estimativa do IAF para a cultura do milho, sendo estes adaptados a diferentes objetivos e usos. Consequentemente, há diferenças em termos de dados e coeficientes necessários para alimentar esses modelos, em função das condições do ambiente, de genótipos e sistemas de manejo.

FLESCH & DALE (1987) elaboraram um modelo de estimativa do IAF baseado em um calendário de exigências térmicas normalizado para a cultura do milho (CETCM), no qual o ciclo é dividido em três etapas: I) período anterior ao florescimento da cultura; II) do florescimento ao início da rápida senescência foliar; III) período de rápida senescência foliar. A estimativa do IAF, durante o primeiro período, é realizada por uma função do CETCM e da área foliar máxima por planta sem deficiências, sendo esta predita a partir da densidade populacional e de um coeficiente do híbrido. O declínio do IAF, no segundo período, é estimado com o CETCM, com o IAF máximo e um segundo coeficiente do híbrido. Durante o terceiro período, a estimativa do IAF é baseada no número de dias após o início da rápida senescência de folhas.

Em condições de estresse hídrico, uma estimativa da deficiência relativa é necessária. O modelo proposto por FLESCH & DALE (1987) tem uma performance satisfatória durante os períodos de pré-florescimento e de enchimento de grãos, apresentando um erro de predição de 11% para diferentes datas de semeadura, densidades populacionais, disponibilidade hídrica e diferentes necessidades térmicas dos híbridos.

BRISSON *et al.* (1990) propuseram uma simplificação do modelo acima exposto, neste caso, a estimativa do IAF potencial do milho é uma função dos graus-dia acumulados, e o ciclo da cultura dividido nos mesmos três períodos acima citados. Para cada período é estimada uma relação linear da variação do IAF com os graus-dia acumulados, assim se constituindo num modelo linear multisegmentado.

O modelo de BRISSON *et al.* (1990) não necessita alterar coeficientes conforme o híbrido, sendo ajustado a partir de uma série de dados oriundos de vários anos e locais, o que lhe confere a possibili-

dade de utilização em uma região relativamente grande, mesmo para um modelo empírico. Contudo, os autores ressaltaram que o modelo não avalia densidades populacionais extremas e, devido a isso, não deve ser utilizado para populações acima de 115.000 plantas por hectare.

TIMOTHY *et al.* (1995a; 1995b; 1995c) incorporaram conhecimentos existentes acerca da divisão e expansão celular nos modelos de estimativa do IAF de monocotiledôneas. Os dados de entrada nesse modelo incluem o potencial da água no espaço intercelular e a temperatura celular. O modelo simula bem a expansão foliar global e apresenta sensibilidade à deficiência hídrica relativa, mas não simula a relação entre as condições do meio e o estresse hídrico, bem como a duração da expansão foliar em períodos de limitação hídrica.

Um modelo adaptado a diferentes ambientes também foi proposto por BIRCH *et al.* (1998), porém com um mínimo de dados de entrada. Nesse modelo, a área foliar da planta é estimada pelo número de folhas, enquanto a área foliar senescente é estimada por uma função da área foliar máxima por planta e da soma térmica. Esse modelo tem boa capacidade de predição, não necessita coeficientes genéticos de ajuste e os parâmetros de entrada são mais facilmente obtidos do que nos modelos mais sofisticados e podem se obter por medições ou estimativas.

Pelo exposto acima pode-se considerar que formas conceituais de modelos são funcionais. Contudo, a variação, na necessidade de dados de entrada, na precisão dos resultados produzidos e nas condições em que o modelo é válido, fazem com que o usuário deva escolher o que melhor se adequar às suas necessidades.

Normalmente, os modelos mais simplificados são mais utilizados. Porém, também possuem maiores restrições nas condições para serem válidos. Devido a isso, é importante que esses modelos sejam validados para condições semelhantes às quais serão utilizados.

O objetivo deste trabalho foi de estimar coeficientes para o modelo linear segmentado de estimativa do IAF do milho, baseado na somatória de graus-dia acumulada, assim como verificar a sua validade para algumas modificações das condições do meio em que o modelo foi ajustado.

## Material e Métodos

O trabalho de campo foi conduzido na Estação Experimental Agrônômica da UFRGS, localizada no Município de Eldorado do Sul (latitude 30°05'S, longitude 51°39'W e altitude de 40m), na Depressão Central do Rio Grande do Sul, em seis experimentos, de 1993/94 a 1998/89.

Para a determinação do limites e do ponto de segmentação do modelo, partiu-se de todo o conjunto de dados, dos seis anos agrícolas. Para o ajuste do modelo, foram utilizados dados de 1993/94 e 1995/96, enquanto que a validação do mesmo se deu com dados de 1996/97, 1997/98 e 1998/89.

O solo da área experimental foi classificado como podzólico vermelho amarelo (LEGUIZAMÓN ROJAS, 1998). O clima da região é subtropical úmido de verão quente, do tipo fundamental Cfa pela classificação climática de Köppen, com precipitação média anual de 1440mm e temperaturas do ar médias mensais variando de 13,9°C (junho) a 24,8°C (janeiro e fevereiro) (BERGAMASCHI & GUADAGNIN, 1990).

Utilizaram-se os híbridos precoces Pioneer 3230 (quatro primeiros anos) e Pioneer 3063 (últimos dois anos). A semeadura foi feita em linhas espaçadas de 0,75m e densidade de 66.670 plantas/ha, no final de outubro ou início de novembro.

Por meio de um sistema de irrigação por aspersão, a umidade do solo foi mantida próxima à capacidade de campo. O controle da irrigação foi efetuado pelo acompanhamento do potencial de água no solo (tensiometria) e por um lisímetro de pesagem localizado no meio da parcela experimental (0,54ha).

A estimativa dos graus-dia acumulados (*GD*), após a emergência da cultura, foi obtida mediante a equação:

$$GD = \bar{T} - T_b \quad (1)$$

sendo  $\bar{T}$  a temperatura média diária do ar, medida em estação automática (Campbell), com o sensor Vaisala localizado a 2 m acima de solo gramado, e  $T_b$  a temperatura base inferior do milho, estimada em 8°C por BERLATO & SUTILI (1976) e KINIRY (1991).

O índice de área foliar (*IAF*) foi obtido a partir do ajuste de médias semanais de medições tomadas em amostras de quatro plantas, em uma das cinco

repetições dos experimentos. Esse parametro foi calculado pela equação (5).

$$IAF = \frac{AF}{S} \quad (2)$$

sendo *AF* a área foliar por repetição, calculada através da multiplicação do peso da matéria seca das folhas de quatro plantas pela área foliar específica média, e *S* a área do terreno amostrado (0,6 m<sup>2</sup> para quatro plantas).

A área foliar específica, em cada amostragem, foi determinada pela divisão da área de folhas de uma planta, medida em planímetro eletrônico (modelo LI 3000), pelo seu respectivo peso da matéria seca.

O modelo linear segmentado de estimativa do *IAF* em função da soma de temperaturas efetivas (graus-dia) foi ajustado pela análise de regressão pelo método dos mínimos quadrados dos desvios. O ajuste dos coeficientes do modelo foi avaliado pela significância de cada coeficiente e pelos coeficientes de determinação.

A verificação do modelo foi feita por meio da precisão das estimativas, utilizando-se nesta etapa resultados de anos que não participaram do ajuste dos respectivos coeficientes dos modelos. Na verificação da precisão das estimativas, os erros de estimativa foram decompostos em erro de predição, erro da regressão e erro aleatório.

A significância do erro de predição foi testada contrastando a estimativa de *F* com a distribuição normal de *F*, para 1 grau de liberdade para o numerador e (n-1) para o denominador. A estimativa de *F* foi obtida pela equação:

$$F_{(1,n-1)} = \frac{(\bar{Y}_{est} - \bar{Y}_{obs})^2}{s_{est}^2 + s_{obs}^2 - 2s_{corr}} \quad (3)$$

em que  $\bar{Y}_{est}$  é a média dos valores de *IAF* estimados,  $\bar{Y}_{obs}$  a média dos valores de *IAF* observados,  $s_{est}^2$  a variância dos valores de *IAF* estimados,  $s_{obs}^2$  a variância dos valores de *IAF* observados e  $s_{corr}$  a covariância dos valores de *IAF* estimados e observados.

A significância do erro devido à regressão foi determinada testando-se o coeficiente angular (inclinação) da relação entre os resultados estimados e observados em relação à unidade. O teste consistiu

do contraste da estimativa do valor  $t$  com a distribuição normal de  $t$  para  $n-2$  graus de liberdade. A estimativa de  $t$  foi obtida pela equação:

$$t = \frac{b-1}{S_b} \quad (4)$$

na qual  $b$  é o coeficiente angular da relação entre os resultados estimados e observados e  $S_b$  o desvio padrão da estimativa do coeficiente angular  $b$ .

A validade dos valores extremos deste modelo foi testada pela verificação da inclusão do valor zero no intervalo de confiança da estimativa do intercepto e do valor de 6,12 no intervalo de confiança da estimativa do IAF máximo.

## Resultados e discussão

A exemplo de outras gramíneas que não produzem afillhos, o milho apresenta um aumento exponencial de índice de área foliar (IAF) no período de instalação da cultura, linear e positivo até o pendoamento, seguido de uma variação linear e levemente negativa até o início da rápida senescência das folhas, quando o coeficiente é menor.

Os segmentos nos quais o IAF mais condiciona o rendimento e os quais o presente modelo deve estimar são o segundo e o terceiro. Dessa forma, é importante definir quando se inicia o segundo segmento, quando ocorre a mudança de coeficiente angular e quando termina o terceiro segmento.

Como o milho é uma planta que tem seu desenvolvimento fenológico e filocrônico determinado por graus-dia acumulados, a definição dos intervalos dos segmentos foi estabelecida a partir da somatória de graus-dia que os separam e que correspondem às fases que separam os períodos em que são formados os componentes do rendimento, apresentados na Tabela 1: a) final da instalação da cultura; b) antese e c) maturação fisiológica.

Possivelmente, devido a uma deficiência hídrica no início do ciclo da cultura, houve um aumento no período de crescimento em 1998/1999, assim esse ano agrícola não foi incluído nas estimativas das médias de graus-dia necessários para atingir as diferentes etapas de estabelecimento dos componentes do rendimento.

As médias de graus-dia foram arredondadas para dezenas devido à sua variação diária ser de aproximadamente 14, não tendo a média resolução para unidade. Dessa forma, foi de 320 a média de graus-dia necessários para a cultura apresentar a quarta folha totalmente expandida, considerada como critério para o início do primeiro segmento do modelo, de 900 graus-dia para atingir a antese, ponto de segmentação do modelo, e de 1740 graus-dia para o início da rápida senescência, sendo de aproximadamente 1800 para o híbrido Pioneer 3230 e de 1700 para o Pioneer 3063.

O modelo linear segmentado proposto por BRISSON *et al.* (1990) adequou-se aos resultados de IAF em relação aos graus-dia. O modelo

**Tabela 1** Datas observadas e graus-dia acumulados para estádios que separam os períodos de formação dos componentes do rendimento do milho (Pioneer 3230 e Pioneer 3063). EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 1993/94 a 1998/99.

Anos <sup>1</sup>	Datas			Graus-dia acumulados		
	Final da instalação	Antese	Início da senescência	Instalação	Antese	Início da senescência
1993/94	26/11	08/01	24/02	321	923	1830
1994/95 <sup>2</sup>	03/12	08/01	21/02	316	927	1660
1995/96	22/11	29/12	06/03	318	884	1780
1996/97	27/11	04/01	26/02	322	914	1770
1997/98	23/11	31/12	26/02	317	881	1720
1998/99	22/11	31/12	25/02	337	946	1670
Média (sem 1998/99)				320	900	1740
CV (%)				2,42	2,79	3,84

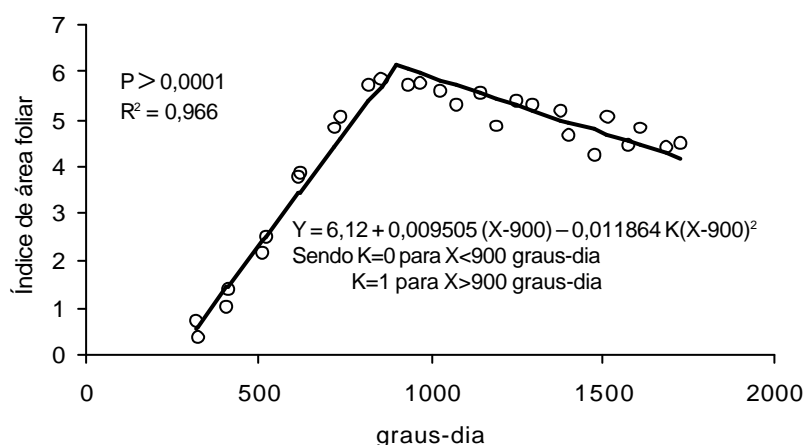
<sup>1</sup> Híbridos Pioneer 3230 de 1993/94 a 1996/97 e Pioneer 3063 de 1997/98 a 1998/99.

<sup>2</sup> A ocorrência de um vendaval provocou acamamento das plantas, podendo ser a causa da redução no período de enchimento de grãos, em 1994/95.

demonstrou precisão nas estimativas e não necessita de instrumental sofisticado para obter a única variável de entrada, que é a temperatura do ar média diária após a emergência, que pode ser obtida em qualquer estação meteorológica ou a partir de um simples conjunto de termômetros de máxima e mínima.

O modelo possui uma estrutura matemática simples e adequada para descrever a evolução do IAF de uma população de plantas de milho, durante as etapas em que a área foliar possui a sua maior importância para a cultura, tanto pela maior capacidade de interceptação de radiação fotossinteticamente ativa como pelo maior consumo hídrico. Por sua vez, também é neste período que o IAF se constitui numa importante variável de entrada em modelos de simulação de culturas.

Pequenas superestimativas no índice de área foliar máximo podem advir do fato do modelo não considerar a gradual redução da velocidade de aumento do índice de área foliar quando as plantas se aproximam do florescimento, principalmente se não forem coletados dados próximos ao florescimento. A estimativa do IAF máximo pelo modelo ajustado é de 6,12, estando um pouco acima dos valores máximos observados no experimento (Figura 1), de 5,8 estimado pelo modelo sigmoidal por FLESCH & DALE (1987) e de 5,1 obtido por MADDONNI & OTEGUI (1996), mas que não invalida o modelo.



**Figura 1.** Modelo de estimativa do índice de área foliar (IAF) de milho (Pioneer 3230) a partir de graus-dia acumulados após a emergência, ajustado com resultados de 1993/94 e 1995/96. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.

O ajuste com dados dos anos agrícolas de 1993/94 e 1995/96 foi satisfatório e altamente significativo, com 96,6 % das variações de IAF explicadas pela equação segmentada em função dos graus-dia.

A decomposição dos resíduos não detectou imprecisões das estimativas dos conjuntos de dados observados, tanto nos testes do erro devido à predição quanto nos erros devido à regressão. Contudo, quando foram testados os coeficientes de interceptação da equação na ordenada, comprova-se uma superestimativa dos valores do último ano de coleta de dados (Tabela 2). Esse resultado deve-se ao efeito de uma deficiência hídrica, ocorrida durante o período de instalação da cultura, até três dias após o início do primeiro segmento do modelo, enquanto o sistema de irrigação ainda não havia sido instalado. Essa deficiência causou um aumento de aproximadamente 70 graus-dia no período de instalação da cultura, que se refletiu na soma térmica necessária para atingir o florescimento, de maneira semelhante aos efeitos de deficiência hídrica nos tratamentos sem irrigação, observados por FRANÇA et al. (1999).

Quando o efeito da deficiência hídrica no alongamento do ciclo da cultura foi retirado, mediante a diminuição de 70 graus-dia, a verificação da precisão ainda acusou uma superestimativa do IAF pelo modelo, indicando que o efeito da deficiência hídrica não causou somente um aumento do ciclo, mas também diminuiu a expansão foliar, afetando o IAF logo após o final do período de instalação da cultura.

O efeito da deficiência hídrica sobre o IAF máximo não era esperado, uma vez que a sua influência sobre o alongamento das folhas pode ser compensada por uma maior velocidade de alongamento, quando é eliminada a deficiência (ACEVEDO et al., 1971; VAN VOLKENBURGH & BOYER, 1985). Além disso, HSIAO et al. (1970) demonstraram que, se uma folha ainda estiver em processo de alongamento, uma deficiência hídrica não afeta o potencial de expansão das folhas subsequentes a ela.

**Tabela 2** Indicadores da precisão das estimativas do índice de área foliar (IAF) do milho, em função de graus-dia acumulados, pelo modelo linear segmentado. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.

Indicadores	Pioneer 3230 <sup>1</sup>	Pioneer 3063 sem déficit hídrico <sup>2</sup>	Pioneer 3063 com déficit hídrico <sup>3</sup>	Retirando efeito do déficit hídrico <sup>3</sup>
Erro de precisão	0,00292 ns	0,04125 ns	0,28259 ns	0,20093 ns
Erro da regressão	0,00299 ns	0,00514 ns	0,01591 ns	0,03014 ns
Erro aleatório	0,08878	0,10414	0,19329	0,11342
Erro total	0,09469	0,15370	0,51534	0,36277
Máximo valor de IAFmáx.	5,2973	5,1032	5,0637	4,9386
Máximo valor de IAFmáx.	6,9758	6,2675	6,1098	5,8526
Valor mínimo de a	-0,0955	-0,1548	0,3058	0,2514
Valor máximo de a	0,2036	0,1579	0,4574	0,6451

<sup>1</sup> Ano de 1996/97. <sup>2</sup> Ano de 1997/98. <sup>3</sup> Ano de 1998/99.

## Conclusões

1. O modelo linear segmentado, para estimar o IAF da cultura do milho, mostrou-se adequado no período entre o final da instalação da cultura e o início da rápida senescência para os dois híbridos precoces.
2. O modelo linear segmentado de estimativa do IAF do milho não é válido em condições de estresse hídrico, mesmo que este tenha ocorrido apenas no período de instalação da cultura.

## Referências bibliográficas

ACEVEDO, E.; HSIAO, T. S.; HEDERSON, D. W. Immediate and subsequent growth responses of maize leaves to change in water status. **Plant Physiology**, Rockville, v. 48, p. 631-636, 1971.

BERGAMASCHI, H.; GUADAGNIN, M.R. **Agroclima da Estação Experimental Agrônômica** Porto Alegre: Faculdade de Agronomia da UFRGS, 1990. 91 p. (não publicado).

BERLATO, M.; SUTILI, V. Determinação das temperaturas bases dos subperíodos emergência-endoamento e emergência-espigamento de três cultivares de milho (*Zea mays* L.). In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MILHO E SORGO, 11., 1976, Piracicaba, SP, **Anais...**, Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Departamento de Genética; 1978, 881 p., p. 523-27, 1976.

BIRCH, C.J.; HAMMER, G.L.; RICKERT, K. J. Improved methods for predicting individual leaf area and leaf senescence in maize (*Zea mays*). **Australian Journal Agriculture Research**, Toowoomba, v. 49, p. 249-262, 1998.

BRISSON, N. et al. Proposition d'un modèle semi-deterministe pour la culture du maïs-grain: application a la C. E. E. et au territoire français. In: Commission des Communautés des Europeennes. **Evaluations des contraintes sol-climat sur la faisabilité des cultures: applications du maïs grains**. Paris: I.N.R.A. Faculté des Sciences Agronomiques de l'Etat, 1990. ?? p.

FLESCH, T. K.; DALE R. F. A leaf index model for corn with moisture stress reductions. **Agronomy Journal**, Madison, v. 79, p. 1008-1014, 1987.

FRANÇA, S.; BERGAMASCHI, H. ROSA, L. M. G. Modelagem do crescimento do milho em função da radiação fotossinteticamente ativa e do acúmulo de graus-dia, com e sem irrigação. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 7, n. 1, p.59-66, 1999.

HSIAO T. C.; ACEVEDO, E. HENDERSON, D.W. Maize leaf elongation: continuous measurements and close dependence on plant water status. **Science**, Alexandria, v. 168, p. 590-591, 1970.

KINIRY, J. R. Maize physics development. In: **Modeling Plant and Soil Systems**. Madison: ASA-CSSA-SSSA, 1991. p. 55-70, 1991. (Agronomy Monograph n. 31).

LEGUIZAMÓN ROJAS, C.A. **Alterações físico-hídricas de um podzólico em função do manejo de solo**. Porto Alegre: UFRGS, 1998, 75 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do solo) – Programa de pós-graduação em Agronomia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, (UFRGS).

MADDONNI, G. A.; OTEGUI M. E. Leaf area, light interception, and crop development in maize. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 48, n. 3, p. 81-87, 1996.

TIMOTHY, J. A.; NORMAN, J. M.; SULLIVAN, C. Y. From cell growth to leaf growth: I. Coupling cell division and cell expansion. **Agronomy Journal**, Madison, v. 87, p. 99-105, 1995a.

TIMOTHY, J. A.; NORMAN, J. M.; SULLIVAN, C. Y.  
From cell growth to leaf growth: II. Simulation of a file  
of cells. **Agronomy Journal**, Madison, v. 87, p. 106-  
112, 1995b.

TIMOTHY, J. A.; NORMAN, J. M.; SULLIVAN, C. Y.  
From cell growth to leaf growth: III. Kinetics of leaf

expansion. **Agronomy Journal**, Madison, v. 87, p. 112-  
121, 1995c.

VAN VOLKENBURGH, E.; BOYER, J.S. Inhibitory  
effects of water deficit on maize leaf elongation. **Plant  
Physiology**, Rockville, v. 77, p. 190-194, 1985.