

ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DE UM MODELO PARA ESTIMAR A PRODUTIVIDADE DO MILHO (*Zea mays* L.)

Alexandre Hugo Cezar Barros¹ & Luís Cláudio Costa².

RESUMO

Desenvolveu-se um modelo agrometeorológico para simular o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade da cultura do milho (*Zea mays* L.). O modelo foi testado com os dados obtidos na Estação Experimental de Vitória de Santo Antão - PE. Três Partes principais constaram no modelo. Na primeira foram computados os ganhos energéticos, representados pela fotossíntese. Na segunda, as perdas do sistema relativas a respiração de manutenção e crescimento. Após o estabelecimento do incremento diário de matéria seca para as diversas partes da planta, na terceira parte, procurou-se estabelecer as relações com o incremento da área foliar. Levaram-se em consideração as interações das condições meteorológicas e o estado fisiológico das plantas. O modelo proposto mostrou-se consistente para simular o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade da cultura do milho, sendo similar aos valores obtidos experimentalmente. Os parâmetros mais sensíveis no modelo foram a eficiência fotossintética e a respiração de manutenção.

INTRODUÇÃO

Os testes de um modelo consistem na comparação das predições com as observações em campo (COMERMA *et. al.*, 1985) e na análise de sensibilidade que verifica sua resposta à variação do seu valor. Deve-se, ainda, considerar o comportamento do modelo em diversas condições ambientais (REYNOLDS, 1979). De fato, as constantes mudanças do meio ambiente alteram o comportamento da comunidade vegetal e o teste de sensibilidade visa a inferir o efeito de tais mudanças na eficiência fotossintética, na respi

1 Pesquisador - IPA, CP 1022, CEP 50761-000, Recife, Pernambuco, Brasil, e-mail: alex@ipa.br 2 Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, 36571-000, Viçosa, Minas Gerais, Brasil, e-mail: l.costa@mail.ufv.br

ração de manutenção e crescimento e no rendimento da cultura . Uma série de modelos de simulação dos processos fisiológicos de culturas, chamada CERES (*Crop Environment Resource Systems*) foi desenvolvida pelo *Grassland, Soil and Water Research Laboratory* (JONES *et. al.*, 1986). O modelo para o milho, o CERES-Maize, tem sido testado em diversos países com resultados consistentes de estimativa e previsão de rendimento de grãos (HODGES *et. al.*, 1992; VOS *et. al.*, 1987). No Brasil, o CERES-Maize foi testado por LIU *et. al.*, (1989), utilizando dados meteorológicos, dados de solo e da cultura do milho híbrido DINA 10. Considerando o grande impulso que os modelos fornecem à pesquisa agrometeorológica, torna-se extremamente necessário desenvolvê-los levando em consideração as condições do Brasil. Além de seu potencial de uso nas atividades agrícolas, tais modelos permitiriam identificar os campos de investigação científica e estabelecer critérios para a implementação de pesquisas experimentais. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi de analisar a sensibilidade de parâmetros e variáveis utilizadas no modelo; e determinar quais fatores fisiológicos, ambientais e físicos são mais relevantes à pesquisa experimental para elaboração de modelos matemáticos.

MATERIAL E MÉTODOS

O modelo foi desenvolvido no *software* modelmaker (1993). O modelo é dividido em quatro partes principais. Na primeira, computou-se o ganho de carbono diário do sistema por meio da fotossíntese. Na segunda, foram computadas as perdas do sistema , representado pela respiração. Uma vez conhecido o balanço de carbono entre ganhos e perdas, na terceira computou-se a distribuição de carboidratos para as folhas, o colmo, as raízes e os órgãos de armazenamento, de acordo com o estágio de desenvolvimento da cultura. Finalmente, na quarta etapa foi simulado o incremento diário de matéria seca total, através do somatório de todas as partes estruturais da planta (Figura 1).

Na análise de sensibilidade, variou-se um parâmetro, com os demais mantidos constantes, a fim de detectar o efeito daquele na eficácia do modelo. A análise foi realizada com os parâmetros de inicialização. Em cada teste, verificou-se o comportamento da matéria seca da parte aérea, das raízes, do caule, das folhas, da produtividade em grãos, do índice de área foliar e a da área específica das folhas. Os parâmetros utilizados na análise de sensibilidade foram: ∞ (declinação da curva de fotossíntese em resposta a radiação para o milho) , respiração e fotossíntese máxima a

20°C, A otimização foi realizada para verificar quais valores são mais indicados para a utilização das estimativas dos parâmetros atribuídas ao modelo.

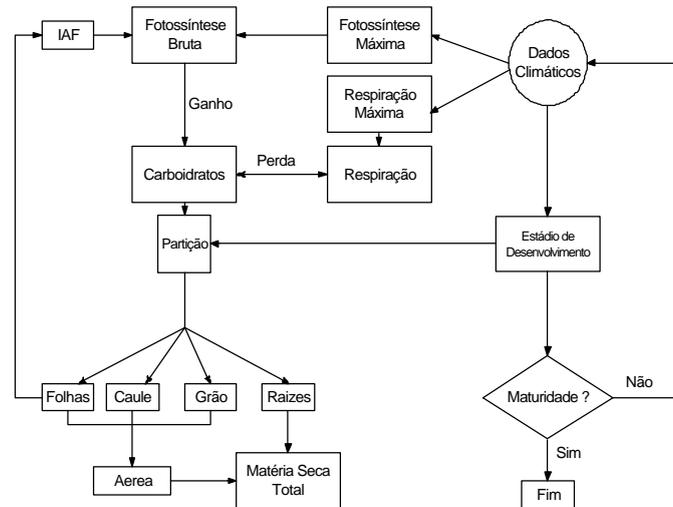


Figura 1 - Diagrama esquemático do modelo. Os retângulos representam a quantidade e taxa, os círculos dados de entrada, os quadrados as variáveis auxiliares, o losango uma decisão e as linhas, os fluxos de informações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fotossíntese da folha é uma curva que cresce em resposta a radiação. De fato, o aumento dos níveis de radiação disponíveis e sua utilização para o processo de fotossíntese, é condicionado pela declinação da curva e é conhecida como α , a eficiência fotossintética inicial da planta. Este parâmetro depende de fatores ambientais como a radiação e da estrutura fisiológica e bioquímica da planta. Na Figura 2 está ilustrada a análise de sensibilidade de α . Os valores de acúmulo de matéria seca total da parte aérea, das folhas, do caule e das raízes e o rendimento de grãos aumentaram significativamente à mudança de apenas $1.0E-09 \text{ kgCO}_2\text{J}^{-1}$, ou seja 1%. Os valores atribuídos ao parâmetro α nos modelos de simulação para a cultura do milho estão entre $1.1E-09$ e $2.5E-09 \text{ kgCO}_2\text{J}^{-1}\text{s}^{-1}$. Os valores recomendados por BOONS-PRINS *et al.*, (1993) e PENNING De VRIES *et al.*, (1989), estão entre $1.4E-09$ e $2.5E-09 \text{ kgCO}_2\text{J}^{-1}\text{s}^{-1}$. Em regiões onde a fotossíntese não sofre restrições do ambiente, principalmente com relação a radiação solar, o valor de α (eficiência fotossintética) é em torno de $1.9E-08$ e $2.5E-08 \text{ kgCO}_2\text{J}^{-1}\text{s}^{-1}$ (GOUDRIAN, 1994). Este valor indica

uma das causas da grande variabilidade produtiva da cultura do milho de região para região.

Há evidências de que o milho por se tratar de uma planta de mecanismo C4 e ser muito eficiente no processo fotossintético, quase nunca alcança seu potencial genético quanto a saturação da fotossíntese (TAIZ *et al.*, 1991; SALISBURY, 1992). Observa-se na figura 3 que não é muito pronunciada as alterações na fotossíntese máxima da cultura, quando comparada ao parâmetro alpha. Verifica-se ainda, que não há uma grande variação nos valores de acúmulo de matéria seca e na produtividade final dos grãos para a cultura do milho. De fato, a fotossíntese máxima quando é determinada em laboratório, depende fundamentalmente da concentração de CO₂ e da intensidade da radiação. Apesar da concentração de CO₂ não ser homogênea no *stand* de plantas, assim como, os níveis de radiação fotossinteticamente ativa (PAR), normalmente são suficientes para a comunidade de plantas.

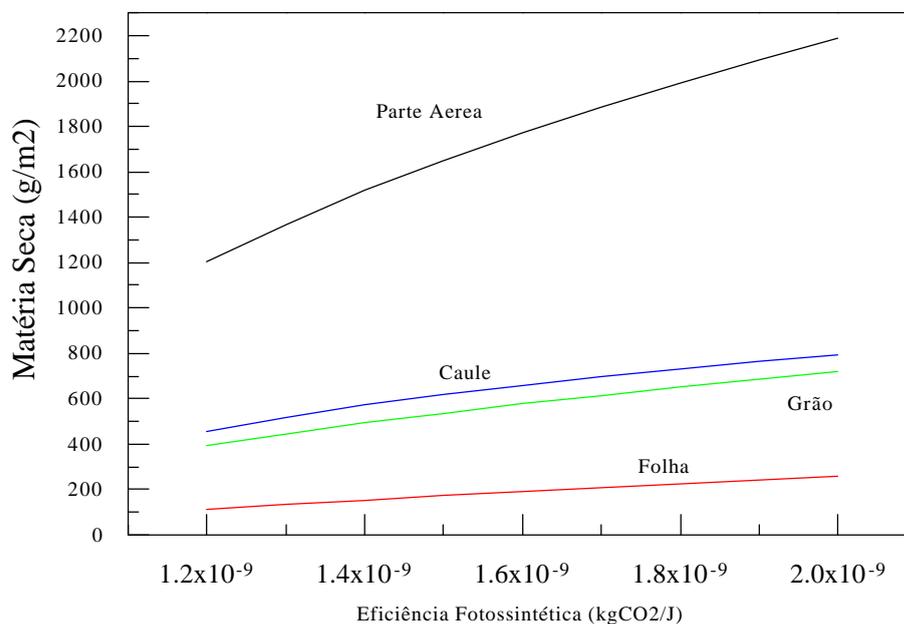


Figura 2- Análise de sensibilidade da matéria seca parte aérea, das folhas, do caule e da produtividade final de grãos, relativa à eficiência fotossintética (∞).

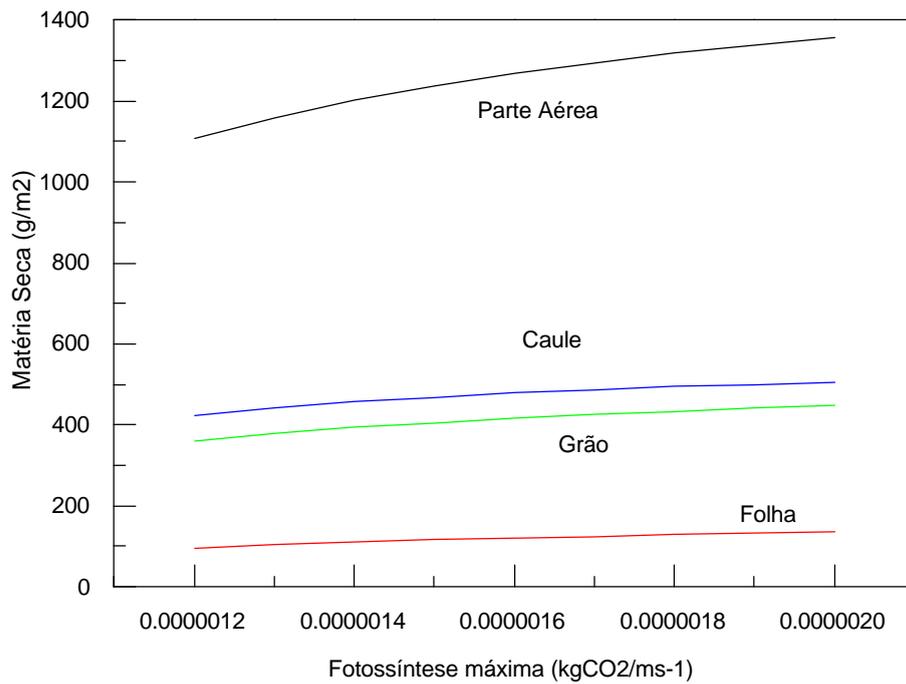


Figura 3 - Análise de sensibilidade da matéria seca parte aérea, das folhas, do caule e da produtividade final de grãos, relativa à fotossíntese máxima (Pmax).

Na figura 4 é apresentada a análise de sensibilidade do parâmetro respiração de manutenção (R_m). Os valores recomendados para a cultura do milho oscilam de 0,015 a 0,030 $\text{kgCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$, dependendo do componente estrutural da planta. Verifica-se que a respiração de manutenção é responsável por grandes perdas de matéria seca. A principal causa das perdas energéticas da planta, está fortemente associada com a temperatura. Como já comentado a R_m é dependente da temperatura através do conceito de Q_{10} . Dessa forma, pode-se inferir que há uma tendência para as taxas respiratórias serem superiores nas regiões áridas e semi-áridas, onde predomina temperaturas superiores a 30°C.

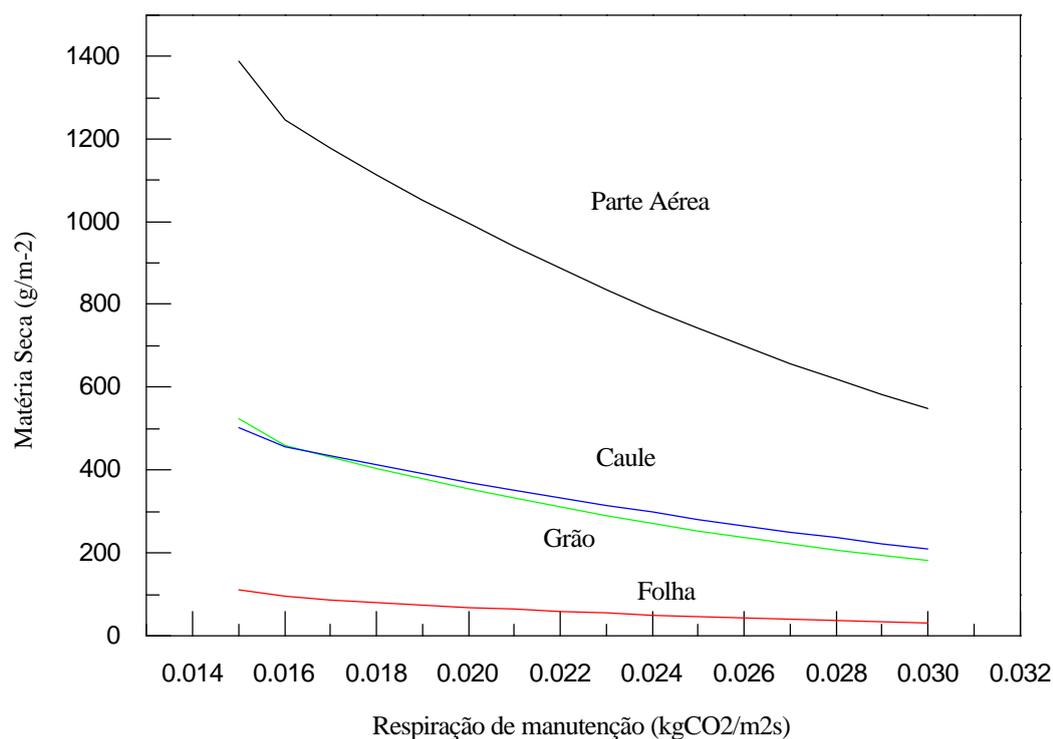


Figura 4 - Análise de sensibilidade da matéria seca da parte aérea, das folhas e do caule e produtividade de grãos, relativa à respiração de manutenção (R_m).

CONCLUSÕES

Os parâmetros mais sensíveis à mudança foram a eficiência fotossintética e a respiração de manutenção. Observou-se, ainda, que as variações de 1 a 10%, provocam grandes alterações na distribuição de matéria seca e na produtividade grãos. Estes parâmetros evidenciam a importância de estudos experimentais nas condições locais, para estimativa da eficiência fotossintética, da fotossíntese máxima da cultura e ainda das perdas de matéria seca, através da respiração de manutenção, que é dependente da temperatura ambiente.

BIBLIOGRAFIA

COMERMA, J.; GUENNI, L.; MEDINA, G. Validacion del balance hidrico del modelo CERES-Maize en la zona de Maracay, Estado Aragua-Venezuela. **Agronomia Tropical**, Maracay, **35** (4-6): 115-32, 1985.

- REYNOLDS, J.F. Some misconceptions of mathematical modelling. **What's New in Plant Physiology**, London, **10** (11): 41-4, 1979.
- JONES, P.N.; KINIRY, J.R. **CERES-Maize**: a simulation model of maize growth and development. College Station, Texas A & M. University Press, 1986, 194p.
- HODGES, T.; EVANS, D.W. Leaf emergence and leaf duration related to thermal time calculations in CERES-Maize. **Agronomy Journal**, Madison, **84** (4): 624-30, 1992.
- LIU, W.T.H.; BOTNER, D.M.; SAKAMOTO, C.M. Application of CERES-Maize model to yield prediction of Brazilian maize hybrid. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, **45** (3/4): 299-312, 1989.
- MODELMAKER, Version 2.0 SB Technology. Scientific Publishing Limited, Oxford. Great Britian, 1993, 1994.
- BOONS-PRINS, E.R.; KONING de G.H.J.; Van DIPPEN, C.A.; PENNING De VRIES, F.W.T. **Crop specific simulation parameters for yield forecasting across the European Community**. Wageningen, Netherlands, 1993, 204p.
- PENNING De VRIES, F.W.T., JANSEN, D.M., TEN BERGE, H.F.M. et al. **Simulation of ecophysiological process of growth in several annual crops**. Wageningen: Pudoc: 1989. 271p.
- GOUDRIAN, J.; LAAR, H.H.V. **Modelling potential crop growth processes**. Academic Publishers, Netherlands, 238p, 1994.
- SALISBURY, F.B. *Plant Physiology*. Wadsworth, Belmont, California, 1992.
- TAIZ, L. ZEIGER, E. *Plant Physiology*. Cummings Publishing, California, 1991, 565p.