

‘ADAPTAÇÃO DO MODELO DE CRESCIMENTO LINTUL PARA SIMULAÇÃO DA PRODUTIVIDADE POTENCIAL DA CULTURA DE SOJA USANDO VISUAL BASIC’.

SIMONE TONI RUIZ CORRÊA¹, DURVAL DOURADO NETO², FABIO VALE SCARPARE³

¹Pós-Graduanda PPG Fitotecnia - ESALQ/USP, Av. Pádua Dias, 11- CP.9 - Piracicaba/SP-CEP 13418-900, Fone: 3429-4458,
E-mail: struiz@esalq.usp.br

² Professor Doutor do Departamento de Produção Vegetal - ESALQ/USP,

³ Pós-Graduando PPG Física do Ambiente Agrícola - ESALQ/USP.

Apresentado no XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 22 a 25 de Setembro de 2009 - GranDarrell Minas Hotel, Eventos e Convenções - Belo Horizonte, MG.

RESUMO: A modelagem agrícola é uma ferramenta que permite explorar sistematicamente o potencial produtivo em escala global, e prever o futuro em determinadas condições. A abordagem é necessariamente simplificada, e as estimativas quantitativas não devem ser consideradas como resposta final, mas sim como indicativo para análise de possibilidades, que só podem ser testadas a campo. Um modelo genérico baseado no uso eficiente da luz, LINTUL, simula a produtividade potencial de culturas – total de matéria seca acumulada em condições de ampla disponibilidade de água e nutrientes, e na ausência de pragas, doenças e plantas daninhas. O modelo foi desenvolvido pela Universidade de Wageningen na linguagem FORTRAN. Considerando que a modelagem é relativamente desconhecida no Brasil, pesquisadores e profissionais que atuam com esta poderosa ferramenta devem buscar novas linguagens, com comprovada simplicidade e que sejam capazes de atender o meio acadêmico. O presente trabalho reproduziu com sucesso o modelo de crescimento de culturas da linguagem FORTRAN para Visual Basic, popularmente difundida no Brasil.

PALAVRAS-CHAVE: modelagem, linguagem de programação, radiação.

‘AN ADAPTATION OF A CROP GROWTH MODEL LINTUL TO SIMULATE SOYBEAN POTENTIAL PRODUCTION USING VISUAL BASIC’.

ABSTRACT: Crop modeling is a tool that allows us to systematically exploring the production potential on global scale and predict future yield in certain conditions. The approach is necessarily simple; the quantitative estimates should not be considered as the final answer, but rather as a framework for further analysis of possibilities, that can only be obtained by fieldwork. A very generic model based on the light use efficiency concept, LINTUL, simulates potential growth of a crop - the dry matter accumulation under ample supply of water and nutrients in a pest, disease and weed-free environment, under the prevailing weather conditions. It was developed by Wageningen University in a FORTRAN language. Considering modeling a relatively unknown tool in Brazil, researchers and professionals acting with this powerful implement seek to learn newer languages, with proved simplicity and able to be spread in academic medium. The present study replicated successfully the crop growth model from FORTRAN to a Visual Basic language, popularly used in Brazil.

KEYWORDS: modelling, program language, radiation.

INTRODUÇÃO: A modelagem agrícola pode ser usada para investigar uma série de assuntos relacionados à produção vegetal. Modelos servem para facilitar o entendimento quanto ao comportamento da cultura dentro de seu contexto ambiental, podendo ser usados em escalas regional e global, prevendo ou explorando o potencial produtivo sob certas condições (ITTERSUM et al., 2003). A utilização de computadores e banco de dados torna-se uma ferramenta cada vez mais necessária, no sentido de disponibilizar rapidamente informações de qualidade a um custo relativamente inferior, quando em comparação a experimentos de campo. O modelo LINTUL (Light INTerception and ULtilization), foi desenvolvido pela Universidade de Wageningen, Holanda, para prever a acumulação de matéria seca baseado no uso eficiente da radiação solar, em condições potenciais ótimas de desenvolvimento. Apesar de inicialmente parametrizado para a cultura da batata, adaptações têm sido feitas nas últimas décadas para sua utilização em diversas culturas. A cultura de soja nunca foi testada. O modelo usa a linguagem de programação FORTRAN (FST), delineado na década de 50, e o programa correspondente para Windows (FSTWin), atualizado em 2001. Esta linguagem de programação, apesar de bastante útil e difundida na Europa, é pouco conhecida em países onde a modelagem agrícola ainda não está totalmente estabelecida, como no Brasil. Portanto, o objetivo desse trabalho foi disponibilizar um algoritmo em Visual Basic (VB-Microsoft), validando e replicando os procedimentos do LINTUL, tornando este modelo acessível a uma ampla gama de usuários.

MATERIAL E MÉTODOS: No modelo LINTUL, e em sua conseqüente replicação para linguagem Visual Basic (VB), a produção de matéria seca é calculada usando relações lineares entre a produção de biomassa e a quantidade de radiação interceptada pela cultura (MONTEITH, 1977), crescidas sob adequadas condições de disponibilidade de água e nutrientes, na ausência de pragas, doenças e plantas daninhas. Essa relação determina um limite finito para o potencial de produtividade, que também pode ser modelado sem entrar em descrições detalhadas do processo de fotossíntese e respiração. O desenvolvimento fenológico da cultura é descrito como função da temperatura e do comprimento do dia, através da quantificação do somatório térmico. O total de biomassa formado é dividido em raízes, hastes, folhas e grãos (SPITTERS, 1990), usando frações de alocação definidas em função do estágio de desenvolvimento fenológico da cultura. As massas de matéria seca dos órgãos da planta são obtidas pela integração de suas taxas de crescimento ao longo do tempo. As simulações correm na cadência temporal de um dia, com integração retilínea (Euler) das taxas. As entradas de informações requeridas pelo modelo incluem propriedades fisiológicas da cultura e as condições de tempo atuais do local, caracterizadas pela sua latitude, temperaturas máxima e mínima diária e irradiação para cada dia do ano. Para a presente simulação foram usadas as somas térmicas de 819°C.d e 1093°C.d, respectivamente, da emergência até a antese e da antese até a maturação. Os outros parâmetros de entrada no modelo foram obtidos de RUIZ-CORRÊA (2008), e estão apresentados na TABELA 1. Os valores de temperatura diária (mínima e máxima), e radiação solar foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Tabela 1 – Parâmetros do modelo LINTUL referentes à cultura de soja.

Parâmetros	Abreviação	Unidade	Valor
Soma térmica entre a semeadura e a emergência	GDEM	°C.d	80
Soma térmica durante a fase juvenil	GDJU	°C.d	150
Soma térmica entre a emergência e antese	GD1	°C.d	819
Soma térmica a antese e maturação	GD2	°C.d	1093
Área foliar específica	AFE	m ² .g ⁻¹	0,036
Área foliar inicial (emergência)	IAFi	m ² .m ⁻²	0,017

IAF acima do qual há auto-sombreamento	IAFcr	m ² .m ⁻²	6
Coeficientes de partição de biomassa			
-para as raízes	CPBR	-	0,15/0,15/-/-
-para as folhas	CPBF	-	0,7/0,52/-/-
-para as hastes	CPBH	-	0,15/0,33/-/-
-para os grãos	CPBG	-	-/-/1/1
IAF no final da fase juvenil	IAFju	m ² .m ⁻²	0,75
Taxa de crescimento relativo do IAF durante a fase juvenil	Crexp	(°C.d) ⁻¹	0,010
Coeficiente de extinção luminosa	k	m ² .m ⁻²	0,7
Eficiência no uso da radiação	EUR	g.MJ ⁻¹	1,8
Temperaturas limítrofes para desenvolvimento da cultura			
-basal inferior	Tbi	°C	10
-basal superior	Tbs	°C	40
-ótima inferior	Toi	°C	28
-ótima superior	Tos	°C	32
Resposta fotoperiódica	-	horas	12,5

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Foram avaliados os comparativos entre as programações quanto à simulação do desenvolvimento fenológico (estádio e somatório térmico); desenvolvimento foliar (crescimento e senescência), conversão da radiação solar em biomassa e partição desta nos diferentes órgãos da planta. Logo no início do desenvolvimento foliar, quando a cobertura vegetal ainda é pequena, o crescimento é exponencial; e logo após, quando a disponibilidade de fotoassimilados determina a formação de novas folhas, o crescimento foliar é linear. Em relação à senescência foliar, a mesma é descrita com base na taxa relativa de mortalidade (TRM, d⁻¹) elevada ao máximo por uma taxa relativa em função do envelhecimento ou em função do auto-sombreamento. A senescência foliar em termos de massa é definida usando-se a mesma taxa relativa de mortalidade aplicada ao índice de área foliar (IAF), só que agora multiplicada pela massa das folhas verdes. O índice de área foliar foi obtido integrando o resultado da taxa de crescimento foliar e a taxa de senescência foliar ao longo do tempo.

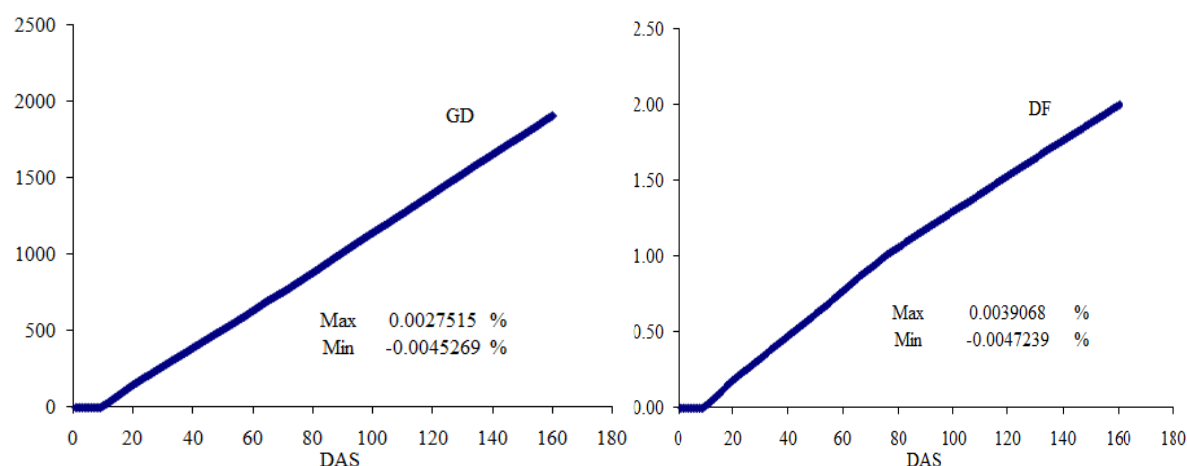


Figura 1 – Simulação do acúmulo de graus-dia (GD, °C.d) e do desenvolvimento fenológico (DF) realizado pelo LINTUL-VB, e respectivos erros relativos máximo e mínimo (%), quando comparados a simulação LINTUL-FST.

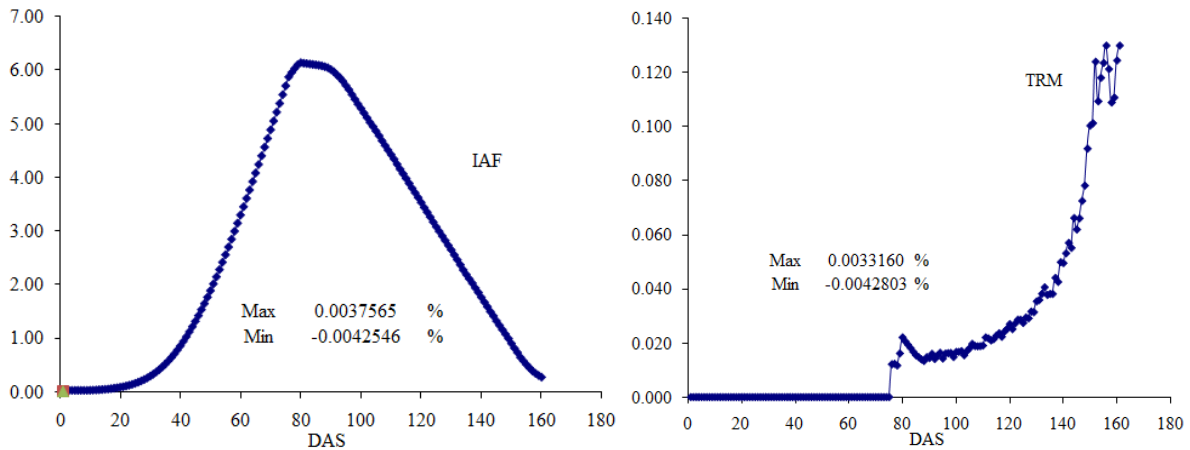


Figura 2 – Simulação do índice de área foliar (IAF, $\text{m}^2.\text{m}^{-2}$) e da taxa relativa de mortalidade das folhas (TRM, d^{-1}) realizado pelo LINTUL-VB, e respectivos erros relativos máximo e mínimo (%), quando comparados a simulação LINTUL-FST.

Em condições ótimas de desenvolvimento, o acúmulo de biomassa é função linear entre a radiação fotossinteticamente ativa interceptada (RFAint, $\text{MJ}.\text{m}^{-2}.\text{d}^{-1}$) e a eficiência no uso desta radiação (EUR, $\text{g}.\text{MJ}^{-1}$). Os valores diários da RFAint são derivados assumindo que a radiação interceptada aumenta com o incremento no IAF, conforme exponencial negativa (Lei de Lambert-Beer).

$$R_{\text{int}} = 0.5Q_g [1 - \exp^{(-k*IAF)}] \quad (1)$$

Onde: Rint é a RFA interceptada ($\text{MJ}.\text{m}^{-2}.\text{d}^{-1}$), Q_g é a radiação global diária ($\text{MJ}.\text{m}^{-2}.\text{d}^{-1}$), k o coeficiente de extinção para a RFA ($\text{m}^2.\text{m}^{-2}$) e IAF o índice de área foliar ($\text{m}^2.\text{m}^{-2}$).

O acúmulo diário da material seca é então obtido pela integração ao longo do tempo do produto da multiplicação da RFAint e da EUR.

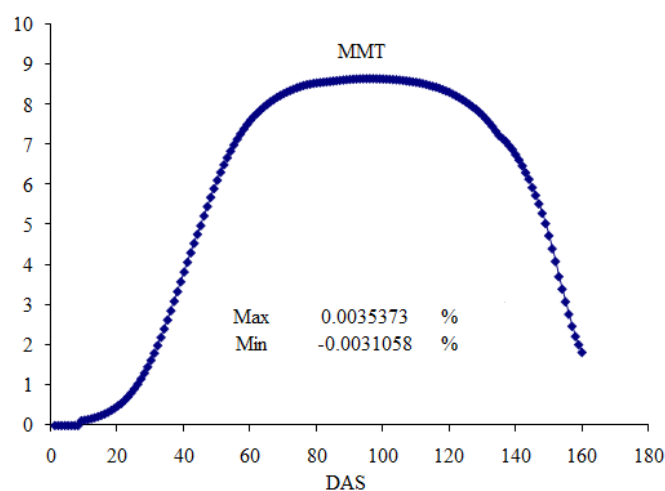


Figura 3 – Simulação da taxa de acúmulo de massa de matéria seca total (MMT, $\text{g}.\text{m}^{-2}.\text{d}^{-1}$) realizado pelo LINTUL-VB, e respectivos erros relativos máximo e mínimo (%), quando comparados a simulação LINTUL-FST.

A partição de biomassa para os vários órgãos da planta são descritas por meio de coeficientes de partição pré-estabelecidos, e ocorrem em função do somatório térmico. Antes da antese, os valores mais altos dos coeficientes são direcionados para raízes, folhas e caule; após este estágio, a biomassa produzida é alocada à produção dos grãos. As massas de matéria seca dos diferentes órgãos são obtidas por meio das integrações das respectivas taxas relativas de crescimento ao longo do tempo.

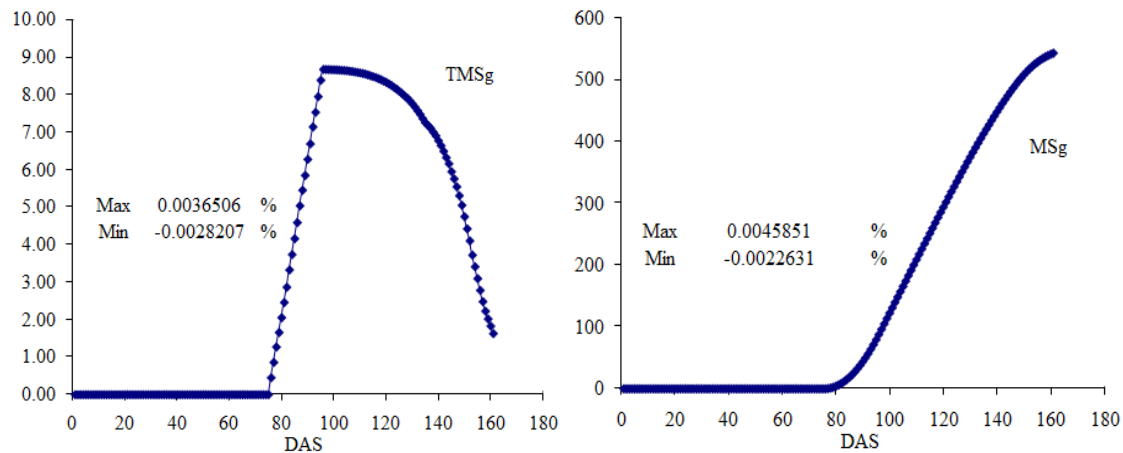


Figura 4 – Simulação da taxa de acúmulo de massa de matéria seca nos grãos (TMSg, $\text{g.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$) (A) e do acúmulo de massa de matéria seca nos grãos (MSg, g.m^{-2}) (B) realizado pelo LINTUL-VB, e respectivos erros relativos máximo e mínimo (%), quando comparados a simulação LINTUL-FST.

CONCLUSÕES: A rotina do modelo LINTUL-soja executada na linguagem FORTRAN foi replicada com sucesso para a linguagem Visual Basic, tornando este modelo de simulação de crescimento e estimação de produtividade potencial acessível a um maior número de usuários.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ITTERSUM, M.K.van; LEFFELAAR, P.A.; KEULEN, H. van; KROPFF, M.J.; BASTIAANS, L.; GOUDRIAAN, J. On approaches and applications of the Wageningen crop models. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v.18, p.201-234, 2003.

MONTEITH, J.L. Climate and the efficiency of crop production in Britain. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B**, London, v. 281, p.277–294, 1977.

RUIZ-CORRÊA, S.T. **Adaptação do modelo LINTUL (Light Interception and Utilization) para estimação da produtividade potencial da cultura de soja**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

SPITTERS, C.J.T.; SCHAPENDONK, A.H.C.M. Evaluation of breeding strategies for drought tolerance in potato by means of crop growth simulation. **Plant and Soil**, v. 123, p.193-203, 1990.