

Parametrização de modelo compartimental do tipo SEIDR para avaliação quantitativa da HLB em citros

Guilherme Augusto Braga¹

Sônia Ternes²

Raphael Gustavo D'Almeida Vilamiu³

O Brasil é um dos maiores produtores de citros do mundo, negócio que gera mais de 400 mil empregos, sendo o Estado de São Paulo responsável por 80% da produção nacional de laranja (BELASQUE JUNIOR et al., 2010). Devido a essa importância econômica, a presença de doenças como o Huanglongbing ou HLB (ex greening) em plantações gera enormes preocupações. O HLB é caracterizado pela presença da bactéria *Candidatus Liberibacter* spp., que é transmitida para a planta pelo psíldeo (*Diaphorina Citri*), inseto presente nos pomares brasileiros desde a década de 40 (FUNDECITRUS, 2011).

Com base nos trabalhos de Ross (BACAËR, 2010) e Vandermeer e Power (1990) para estudos da transmissão da malária em humanos e de doenças na cultura do milho, respectivamente, desenvolveu-se um modelo matemático compartimental determinístico para descrever a dinâmica da propagação do HLB no sistema citros - psíldeo *Diaphorina Citri*. Para tal, o modelo considera a fase de incubação da doença na planta, período desde a infecção da planta pelo psíldeo infectado, até o aparecimento de sintomas.

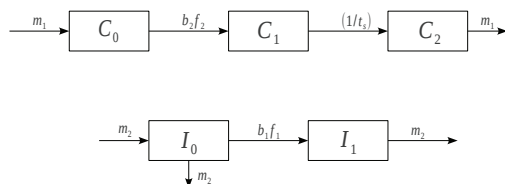
A Figura 1 apresenta os compartimentos considerados no modelo, onde C_0 representa o compartimento de plantas saudáveis, C_1 o de plantas em período de incubação, C_2 o de plantas sintomáticas, I_0 o de insetos saudáveis

¹ Universidade Estadual de Campinas, guilhermeab@cnptia.embrapa.br

² Embrapa Informática Agropecuária, sonia@cnptia.embrapa.br

³ Embrapa Informática Agropecuária, vilamiu@gmail.com

e I_1 o compartimento de insetos infectados com HLB, que são descritos matematicamente pelo sistema de equações diferenciais em (1), já normalizadas.



$$(1) \begin{cases} \frac{dc_1}{dt} = N_2 b_2 f_2 i_1 (1 - c_1 - c_2) - \frac{1}{t_s} c_1, \\ \frac{dc_2}{dt} = \frac{1}{t_s} c_1 - m_1 c_2, \\ \frac{di_1}{dt} = N_1 b_1 f_1 (1 - i_1)(c_1 + c_2) - m_2 i_1, \end{cases}$$

Figura 1. Compartimentos considerados no modelo matemático.

onde: N_1 e N_2 são as densidades de populações de plantas de citros e insetos por unidade de produção (UP), respectivamente (ambos assumidos constantes); c_1 é a população de plantas em estado de incubação da doença; c_2 é a população de plantas sintomáticas; i_1 é a população de insetos infectados com HLB; b_1 é a frequência de visitas que um psilídeo realiza por planta; b_2 é a frequência de visitas que uma planta recebe por inseto; f_1 é a probabilidade de aquisição de HLB pelo inseto; f_2 é a probabilidade de transmissão de HLB do inseto para a planta; m_1 é a taxa de remoção de plantas infectadas; m_2 é a taxa de mortalidade do inseto; t_s é o tempo de incubação na planta.

Através de valores encontrados na literatura (BRAGA et al., 2011), foram realizadas 1000 simulações por LHS (Latin Hypercube Sampling), de forma a obter o comportamento geral da dinâmica para os valores dos parâmetros variáveis (f_1 , m_2 e t_s). O resultado pode ser verificado na Figura 2:

A análise da Figura 2 deixa clara a importância de se remover as plantas infectadas. Se a remoção não ocorre ($m_1 = 0,0$), em menos de 2 anos mais de 95% da plantação estará infectada. Analisando o cenário onde $m_1 = 0,2$, verifica-se uma mudança drástica na dinâmica geral, uma vez que o ponto de equilíbrio médio será (0,295;0,495;0,210), ou seja, em média o equilíbrio será alcançado com 29,5% da população de plantas saudáveis, 49,5%

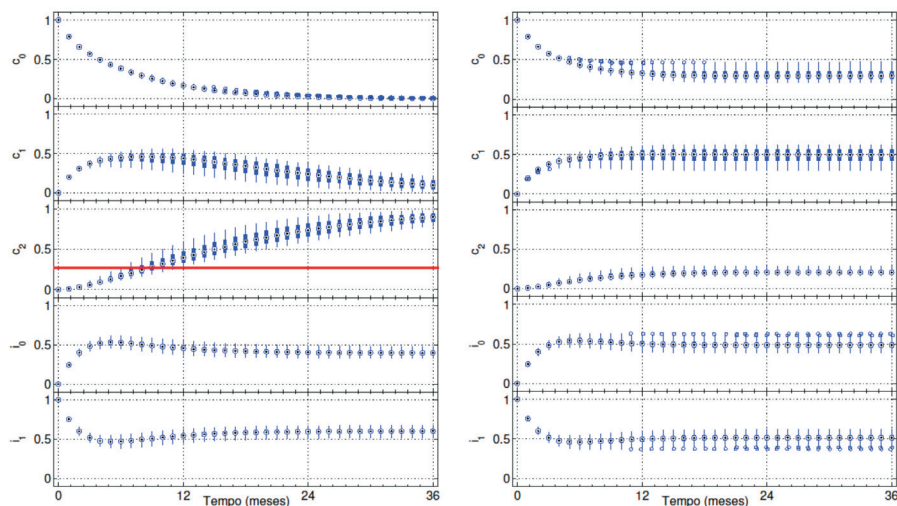


Figura 2. Resultado das dinâmicas geradas por LHS usando os parâmetros definidos e $N_2 = 1000$ (Densidade populacional do inseto) e $m_1 = 0,0$ (a) e $m_1 = 0,2$ (b) (Taxa de remoção de plantas).

das plantas estarão infectadas em estado latente e 21% serão sintomáticas. Pela análise das simulações percebe-se que a dinâmica do patossistema está intrinsicamente influenciada pela taxa de remoção das plantas infectadas. Comparando com a Instrução Normativa nº 53 (BRASIL, 2008) que determina a eliminação das plantas da unidade de produção quando o resultado da análise das amostras laboratoriais for positivo e a UP apresentar mais de 28% de plantas sintomáticas, o modelo mostra que, quando $c_2(t) = 0,28$, a população de plantas sadias será de apenas 30%. Tal resultado pode ser inferido pela Figura 2a, onde a linha vermelha determina $c_2(t) = 0,28$.

Referências

BACAËR, N. A short history of mathematical population dynamics. Bondy, France: Springer, 2010.

BELASQUE JUNIOR, J.; YAMAMOTO, P. T.; MIRANDA, M. P. D.; BASSANEZI, R. B.; AYRES, A. J.; BOVÉ, J. M. Controle do huanglongbing no estado de São Paulo, Brasil . Citrus Research & Technology, Cordeirópolis, v. 31, p. 53 - 63. 2010.

BRAGA, G. A.; TERNES, S.; VILAMIU, R. G. d'A.; CASTRO, A.; SILVA, M. V. da; LARANJEIRA, F. F. Modelagem matemática da dinâmica temporal do HLB. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROINFORMÁTICA, 8., 2011, Bento Gonçalves. Anais... Florianópolis: UFSC; Pelotas: UFPel, 2011. Não paginado. SBIAgro 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa Nº 53, de 16 de outubro de 2008**. Disponível em: <<http://www.legisweb.com.br/legislacao/?legislacao=569432>>. Acesso em: 18 ago.2011.

FUNDECITRUS. **Controle da *Diaphorina citri***. Guia técnico, 2011.

VANDERMEER, J.; POWER, A. An epidemiological model of the corn stunt system in central america. **Ecological Modelling**, v. 52, p. 235 – 248,1990.