

# UM MODELO DE CONTROLE ÓTIMO COM NÚMEROS FUZZY

M. S. Peixoto<sup>1</sup>, L. C. Barros<sup>2</sup>, E. E. Laureano<sup>2</sup>

<sup>1</sup>DFQM, CCTS, Universidade Federal de São Carlos, Campus Sorocaba, Rodovia João Leme dos Santos, km 110, 18052-780, Sorocaba, SP.

<sup>2</sup>DMA, IMECC, Universidade Estadual de Campinas, 13083-859, Campinas, SP. e-mail: [magda@ufscar.br](mailto:magda@ufscar.br)

## INTRODUÇÃO

O pulgão-da-soja, *Aphis glycines* (Hemiptera: Aphididae), é nativo da Ásia, sendo considerado, uma das mais importantes pragas da soja. Atualmente, essa praga está amplamente distribuída nos países da Ásia, na Austrália e na América do Norte.

Limiares econômicos para o pulgão-da-soja têm sido desenvolvidos para o controle químico, ou seja, um tratamento com inseticidas é justificado quando o número de pulgões variam de 250 a 273 por planta (Ragsdale *et al.*, 2007).

Além dos fatores abióticos, como temperatura, os fatores bióticos podem afetar o desenvolvimento da população da praga, principalmente inimigos naturais. Estudos têm mostrado que o percevejo *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae), é um importante predador do pulgão-da-soja (Ragsdale *et al.*, 2007).

Por um lado, o pulgão-da-soja ainda não é encontrado no Brasil. Portanto, antes de qualquer eventual invasão, um modelo preditivo para um programa de controle é desejável. Por outro lado, o pulgão-da-soja tornou-se a praga de insetos mais devastadora de soja nos Estados Unidos. O Brasil é o segundo maior exportador de soja no momento, depois dos EUA e antes da Argentina. De acordo com a Secretaria de Agricultura dos EUA, estima-se que o Brasil será o maior exportador de soja em 2023.

## OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo utilizar números fuzzy, ou seja considerar aspectos de incertezas, no modelo de controle ótimo de um sistema presa-predador (Goh *et al.*, 1974), e aplicar ao controle do pulgão-da-soja. O controle químico aqui proposto tem a finalidade de manter a população de pragas num nível de equilíbrio abaixo de danos econômicos.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Em Peixoto *et al.* (2015) utilizamos um sistema baseado em regras fuzzy para elaborar um modelo do tipo presa-predador para estudar a interação entre o pulgão-da-soja (presa) e seu predador - Orius insidiosus, considerando fatores bióticos (predador) e abióticos (temperatura).

Neste trabalho foi feito um ajuste da curva solução desse sistema fuzzy para obtenção dos parâmetros do modelo de controle ótimo proposto em Goh *et al.* (1974) por meio do método de mínimos quadrados. A teoria de controle ótimo foi desenvolvida em meados dos anos 50 com o Princípio do Máximo de Pontryagin.

As quantidades de pulgões e seus predadores foram definidos como números fuzzy a partir de Peixoto *et al.* (2015). Esses valores foram substituídos na variável controle, ou seja, quantidade de inseticida a ser utilizada depende da quantidade de praga presente na planta. Foram feitas simulações para cenários com diferentes quantidades de pragas e predadores, utilizando operações aritméticas com números fuzzy (Barros *et al.*, 2016).

## DISCUSSÃO E RESULTADOS

Como o custo de aplicações de inseticidas é alto e deve haver uma preocupação com os danos ambientais causados pelo uso abusivo de inseticidas nas plantações, devemos procurar uma estratégia de controle de praga eficiente e mais barata. Neste trabalho, a variável de controle é a razão de aplicação de inseticidas que mata presas e, conseqüentemente, predadores. Uma estratégia de controle ótimo foi fixar os valores finais para população de praga desejados e obter a aplicação ótima utilizando números fuzzy num modelo presa-predador.

## CONCLUSÃO

A visão ecológica que considera um inseto como praga se, e somente se, a quantidade deste inseto na lavoura causa danos econômicos, serviu como base para a formulação do problema de controle ótimo de pragas. O resultado primordial desta pesquisa foi elaborar uma metodologia envolvendo controle ótimo do sistema presa-predador, números fuzzy e operações aritméticas com números fuzzy capaz de propor uma estratégia de controle do pulgão-da-soja, considerando a presença de um predador e aplicações de inseticidas. O controle ótimo de pragas no sistema presa-predador, neste caso, tem a finalidade de manter a população de pragas num nível de equilíbrio abaixo de danos econômicos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARROS, L.C., BASSANEZI, R. C., LODWICK, W.A. 2016. A First Course in Fuzzy Logic, Fuzzy Dynamical Systems, and Biomathematics: Theory and Applications, Springer, Germany. GOH, B.S.; LEITMANN, G.; VICENT, T.L. 1974. Optimal Control of a Prey-Predator System, *Mathematical Biosciences*, 19:263-286. PEIXOTO, M. S., BARROS, L.C., BASSANEZI, R. C., FERNANDES, O. A. 2015. An approach via fuzzy systems for dynamics and control of the soybean aphid. In: 2015 Conference of the International Fuzzy Systems Association and the European Society for Fuzzy Logic and Technology (IFSACUSFLAT15), Gijón. Proceedings of the 2015 Conference of the International Fuzzy Systems Association and the European Society for Fuzzy Logic and Technology. Paris: Atlantis Press, 2015a. DOI:10.2991/ifsac-usflat-15.2015.183. RAGSDALE, D.W., McCORNACK, B.P., VENETTE, R.C., POTTER, B.D., MacRAE, I.V., HODGSON, E.W., O'NEAL, M.E. 2007. Economic Threshold for Soybean Aphid (Hemiptera: Aphididae), *Journal of Economic Entomology*, 100(4):125-1267.



**AGRADECIMENTOS**

A primeira autora agradece a Fundação Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), projeto número 2016/04299-9 e o segundo autor ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), projeto número 306546/2017-5, pelo suporte financeiro.