

**Jéssica Aparecida Prandel
(Organizadora)**

Desafios Teóricos e Aplicados da Ecologia Contemporânea

Atena
Editora
Ano 2020



**Jéssica Aparecida Prandel
(Organizadora)**

Desafios Teóricos e Aplicados da Ecologia Contemporânea

Atena
Editora
Ano 2020



2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Karine de Lima

Edição de Arte: Lorena Prestes

Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
 Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
 Prof. Msc. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
 Prof. Msc. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
 Prof^a Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
 Prof. Msc. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
 Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Prof^a Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
 Prof^a Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
 Prof^a Dr^a Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
 Prof. Msc. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof. Msc. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá
 Prof. Msc. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof^a Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
 Prof^a Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
 (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

D441 Desafios teóricos e aplicados da ecologia contemporânea [recurso eletrônico] / Jéssica Aparecida Prandel. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2020.

Formato: PDF
 Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
 Modo de acesso: World Wide Web
 Inclui bibliografia
 ISBN 978-85-7247-917-2
 DOI 10.22533/at.ed.172201301

1. Biodiversidade. 2. Ecologia. 3. Ecossistemas. I. Prandel, Jéssica Aparecida.

CDD 577.27

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Atena Editora
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “Desafios teóricos e aplicados da ecologia contemporânea” apresenta em seus 8 capítulos discussões de diversas abordagens acerca do respectivo tema, onde encontram-se métodos e resultados que auxiliam nas tomadas de decisões voltadas principalmente a pesquisa científica e ao planejamento.

O estudo da ecologia é imprescindível para compreender o espaço e as modificações que ocorrem na paisagem. Com o crescimento acelerado da população e juntamente com a expansão da fronteira agrícola, observamos uma pressão sobre o meio ambiente, sendo necessário um equilíbrio entre o uso dos recursos naturais e a preservação do mesmo para promover a sustentabilidade dos ecossistemas, a fim de não prejudicar estas e as futuras gerações.

O uso desordenado dos recursos naturais, seja em áreas urbanas ou rurais afetam diretamente a qualidade do ambiente, dificultando ações de gestão e conservação. O estudo aprofundado da Ecologia em suas diversas ramificações pode contribuir para a elaboração de propostas visando à preservação e conservação ambiental dando maior suporte as ações de planejamento.

Neste sentido, este volume é dedicado aos trabalhos relacionados às diversas áreas voltadas a Ecologia contemporânea. A importância dos estudos dessa vertente é notada no cerne da produção do conhecimento. Nota-se também uma preocupação dos profissionais de áreas afins em contribuir para o desenvolvimento e disseminação do conhecimento científico.

Os organizadores da Atena Editora entendem que um trabalho como este não é uma tarefa solitária. Os autores e autoras presentes neste volume vieram contribuir e valorizar o conhecimento científico. Agradecemos e parabenizamos a dedicação e esforço de cada um, os quais viabilizaram a construção dessa obra no viés da temática apresentada.

Por fim, a Atena Editora publica esta obra com o intuito de estar contribuindo, de forma prática e objetiva, com pesquisas voltadas para este tema. Desejamos que esta obra, fruto do esforço de muitos, seja seminal para todos que vierem a utilizá-la.

Jéssica Aparecida Prandel

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
CALLIPHORIDAE ENCONTRADAS EM FAUNA CADAVERICA DE PORCO DOMÉSTICO (<i>SUS SCROFA DOMESTICUS L.</i>)	
Rayane Azevedo Rangel da Silva Gilson Silva Filho	
DOI 10.22533/at.ed.1722013011	
CAPÍTULO 2	7
COMPOSIÇÃO DA COMUNIDADE DE AVES NO ENTORNO DO CAMPUS CAMPO GRANDE DO IFMS	
Berinaldo Bueno	
DOI 10.22533/at.ed.1722013012	
CAPÍTULO 3	19
EFEITOS DAS PERTURBAÇÕES ANTRÓPICAS NA DIVERSIDADE FUNCIONAL DE PEIXES DE RIACHOS DA MATA ATLÂNTICA	
Rayssa Bernardi Guinato Mauricio Cetra	
DOI 10.22533/at.ed.1722013013	
CAPÍTULO 4	30
FILOGEOGRAFIA DO CARUNCHO DO FEIJÃO <i>ZABROTES SUBFASCIATUS</i> (BOHEMANN, 1833) (COLEOPTERA: BRUCHIDAE) NO BRASIL	
Jefferson de Brito Marthe Raul Narciso Carvalho Guedes Luiz Orlando de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.1722013014	
CAPÍTULO 5	41
INFLUÊNCIA DO HIDROCONDICIONAMENTO DE SEMENTES NO CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE <i>ENTEROLOBIUM CONTORTISILIQUUM</i> (VELL.) MORONG SUBMETIDAS AO DÉFICIT HÍDRICO	
Alyne Fontes Rodrigues de Melo Elizamar Ciríaco da Silva Rafael Silva Freitas Maria Fernanda da Costa Oliveira Marcos Vinicius Meiado	
DOI 10.22533/at.ed.1722013015	
CAPÍTULO 6	52
LABORATÓRIO DO IFES CAMPUS IBATIBA DE PORTAS ABERTAS: EDUCAÇÃO AMBIENTAL CRÍTICA NA REGIÃO DO CAPARAÓ	
Aldo Marcello Costa Bicalho Marcella Piffer Zamprogno Machado Barreiros Paula Karolina Rangel Amorim Romário Alves Carvalho Jefferson Nascimento Braga	
DOI 10.22533/at.ed.1722013016	

CAPÍTULO 7	57
MAMÍFEROS DE MÉDIO E GRANDE PORTE EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL EM MINAS GERAIS	
Felipe Santos Pacheco	
Rafael Rodrigues Sampaio	
Giovane Ambrosio Ferreira	
Fabiano Aguiar da Silva	
Pedro Henrique Nobre	
DOI 10.22533/at.ed.1722013017	
CAPÍTULO 8	69
UM MODELO DE CONTROLE QUÍMICO DO PULGÃO-DA-SOJA	
Magda da Silva Peixoto	
Sílvia Maria Simões de Carvalho	
Laécio Carvalho de Barros	
Rodney Carlos Bassanezi	
Estevão Esmi Laureano	
Weldon Alexander Lodwick	
DOI 10.22533/at.ed.1722013018	
SOBRE A ORGANIZADORA	78
ÍNDICE REMISSIVO	79

UM MODELO DE CONTROLE QUÍMICO DO PULGÃO-DA-SOJA

Data da submissão: 14/10/2019

Data de aceite: 02/01/2020

Magda da Silva Peixoto

2DFQM, CCTS, Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba-SP, Brasil,

<http://lattes.cnpq.br/0413910306376054>, <http://lattes.cnpq.br/8244087426759161>

Silvia Maria Simões de Carvalho

2DFQM, CCTS, Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba-SP, Brasil,

<http://lattes.cnpq.br/0413910306376054>, <http://lattes.cnpq.br/8244087426759161>

Laécio Carvalho de Barros

DMA, IMECC, Universidade Estadual de Campinas,

Campinas/SP, Brasil,

<http://lattes.cnpq.br/2179264383063219>, <http://lattes.cnpq.br/6541957090000783>, <http://lattes.cnpq.br/7842866667708331>

Rodney Carlos Bassanezi

3DMA, IMECC, Universidade Estadual de Campinas,

Campinas/SP, Brasil,

<http://lattes.cnpq.br/2179264383063219>, <http://lattes.cnpq.br/6541957090000783>, <http://lattes.cnpq.br/7842866667708331>

Estevão Esmi Laureano

3DMA, IMECC, Universidade Estadual de Campinas,

Campinas/SP, Brasil,

<http://lattes.cnpq.br/2179264383063219>, <http://lattes.cnpq.br/6541957090000783>, <http://lattes.cnpq.br/7842866667708331>

Weldon Alexander Lodwick

4DM, University of Colorado, Denver, Colorado, USA,

<http://lattes.cnpq.br/6568555460229412>.

Apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP): projeto número 2016/04299-9

RESUMO: Este capítulo traz uma proposta de controle químico para o pulgão-da-soja por meio de programação linear fuzzy (Peixoto, 2018). O pulgão-da-soja, *Aphis glycines* (Hemiptera: Aphididae), é um herbívoro invasivo na América do Norte. É proposto um controle químico na plantação quando a população de pulgões excede o limiar de dano econômico. O pulgão-da-soja tornou-se a praga de insetos mais devastadora da soja nos Estados Unidos. Atualmente, o Brasil é o segundo maior exportador de soja, depois dos EUA e seguido pela Argentina. Segundo o United States Department of Agriculture (USDA), estima-se que o Brasil seja o maior exportador de soja em 2023.

PALAVRAS-CHAVE: conjuntos fuzzy, programação linear fuzzy, controle

ABSTRACT: In this chapter we have proposed a chemical control to soybean aphid by fuzzy linear programming (Peixoto, 2018). The soybean aphid, *Aphis glycines* (Hemiptera: Aphididae), is an invasive herbivore to North America. We have proposed a chemical control in the plantation when the prey population exceeds the economic damage threshold. The soybean aphid has become the most devastating insect pest of soybeans in the United States. Brazil is the second largest exporter of soybean at present, after the USA and before Argentina. According to the Bureau of Agriculture of the USA, it has been estimated that Brazil will be the largest soybean exporter in 2023.

KEYWORDS: fuzzy sets, fuzzy linear programming, control

1 | 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. Antes da introdução do pulgão-da-soja nos EUA, a soja na região do Meio-Oeste Americano era relativamente livre de pragas importantes, mas, após a entrada e explosão populacional do afídeo que se espalhou rapidamente, têm sido detectados sérios prejuízos econômicos. Foi descoberto pela primeira vez na América do Norte em Wisconsin no final de julho de 2000 (Wu et al., 2004).

No campo, *A. glycines* se distribui de forma agregada no início da colonização, em plantas dispersas e com pequenas colônias de ninfas, sem adultos. Ao atingirem a fase adulta, *A. glycines* se multiplica por partenogênese. Essas pequenas colônias produzem adultos migrantes (com asas) que se alimentam, por curtos períodos, em plantas próximas e as ninfas se movem para procurar outros hospedeiros (Ragsdale et al., 2004, McCornack, 2004).

Segundo Nielsen e Hajek (2005), *A. glycines* causa dano direto pela sucção do floema e indiretos pela produção de uma substância açucarada, que favorece o desenvolvimento de fungo. No estágio vegetativo da cultura, as colônias são encontradas nos pontos de crescimento da planta e, na fase reprodutiva, as colônias se dispersam pela planta. A preferência pelas partes jovens da planta, segundo Ragsdale et al. (2004), é devido à baixa qualidade nutricional para o inseto das folhas desenvolvidas (mais velhas), que possivelmente reduza a sua fecundidade.

Em decorrência da capacidade do inseto de rapidamente atingir altas populações, se a infestação ocorrer no início da fase reprodutiva da cultura, pode causar redução no número de vagens, com consequente redução na produtividade de até 40% (Wu et al., 2004).

Na Ásia, inseticidas são amplamente utilizados para o controle de *A. glycines*, sendo relatados até quatro aplicações na China para prevenir perdas de produção.

Contudo, não há uma recomendação precisa para maximizar o controle desse inseto (Myers et al., 2005). Limiares econômicos para o pulgão-da-soja têm sido desenvolvidos para o controle químico, ou seja, quando um tratamento com inseticidas é justificado, e variam de 250 a 273 pulgões por planta (Ragsdale et al., 2007).

Populações de pulgão-da-soja podem crescer a níveis extremamente elevados em condições ambientais favoráveis. Reprodução e desenvolvimento são mais rápidos quando as temperaturas estão entre 25°C e 29°C, quando a população pode dobrar em dois ou três dias. Os pulgões são muito afetados por temperaturas superiores a 30°C, e começam a morrer quando as temperaturas chegam a 35°C (McCornack, 2004).

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 (Hunt, 2005; Ragsdale, 2007).

A priori, modelar as interações desses insetos por meio de um sistema de equações diferenciais, como normalmente é feito, é bastante complicado, porque as informações sobre tal ecossistema são, na sua maioria, qualitativas. Com tais informações, foi possível modelar esse fenômeno por meio de regras que relacionem, ainda que parcialmente, as variáveis de estado com suas variações (Peixoto et al., 2015). Em Peixoto et al. (2015) utilizamos um sistema baseado em regras *fuzzy* (SBRF) (Barros et al., 2017) 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). Propomos o uso de um SBRF ao invés das usuais equações diferenciais que caracterizam os modelos determinísticos clássicos. Em Peixoto et al. (2015) nosso principal objetivo foi a tomada de decisão no controle de praga pelo uso de inseticida, em sistemas do tipo presa-predador. É natural que se decida a quantidade de inseticida a ser aplicada em função da quantidade de pulgões (presas) presente nas plantas, ou seja, quanto maior a densidade populacional de afídeos, maior a quantidade de inseticida necessária. Assim optamos por modelar a quantidade de inseticida a ser aplicada por meio de um sistema baseado em regras *fuzzy*, dependendo da quantidade de pulgões presente nas plantas. Em Peixoto et al. (2016) propomos um controle biológico *fuzzy*, ou seja, um controle biológico por meio de um sistema baseado em regras *fuzzy*.

Nas últimas décadas Teoria dos Conjuntos *Fuzzy* tem sido uma boa ferramenta, para modelar matematicamente fenômenos reais, levando em conta detalhes relevantes e específicos de cada situação. E como afirma Myers et al. (2005), não há uma recomendação precisa para maximizar o controle desse inseto, ou seja, nos encoraja a propor modelagens matemáticas utilizando Teoria dos Conjuntos *Fuzzy* para o controle dessa praga.

Como o custo de aplicações de inseticidas é alto, devemos procurar uma estratégia de controle de praga eficiente e mais barata. A visão ecológica que considera

um inseto como praga se, e somente se, a quantidade deste inseto na lavoura causa danos econômicos, pode servir como base para a formulação do problema de controle de pragas.

A Programação Linear (PL) *Fuzzy* aplica-se a problemas (“lineares”) de otimização onde os parâmetros do modelo não estão bem definidos, ou seja, os coeficientes da função objetivo ou das restrições das variáveis não são precisamente conhecidos e algumas das inequações envolvidas podem estar sujeitas a limites não muito precisos. Neste trabalho a programação linear com a incerteza estará presente na relação com números *fuzzy* no conjunto de restrições. Desta forma, no tratamento da PL *fuzzy* proposto, o problema adquire a forma de uma PL convencional com algumas restrições adicionais, entre as quais a função objetivo original, com a finalidade de manter a população de pragas num nível de equilíbrio abaixo de danos econômicos (Pedrycs e Gomide, 1998; Klir e Yuan, 2005; Zimmermann, 1978; Tanaka H. e Asai, K., 1984).

Considerando a importância econômica da soja para o Brasil, é de fundamental importância que estejamos preparados, com propostas efetivas de controle e combate a pragas, especificamente, ao pulgão-da-soja, enquanto essa praga ainda não chegou ao nosso país e, portanto, ainda não causou danos a agricultura nacional

2 | PROGRAMAÇÃO LINEAR FUZZY

O problema clássico de programação linear é encontrar os valores mínimos (ou máximos) da função linear sob restrições representadas por desigualdades ou equações lineares (Klir e Yuan, 1995), ou seja,

$$\begin{array}{ll} \text{maximizar (ou minimizar)} & c^T x \\ \text{sujeito a} & Ax \leq b \\ & x \geq 0. \end{array}$$

A PL *fuzzy* é uma família de problemas de otimização nos quais os parâmetros do modelo de otimização não estão bem definidos, ou seja, a função objetivo e/ou coeficientes de restrição não são exatamente conhecidos e algumas das desigualdades envolvidas também podem estar sujeitas a limites não bem definidos (Pedrycs e Gomide, 1988).

O modelo de otimização associado a um problema de programação linear no qual apenas os números B_i são números *fuzzy* (Barros et al., 2017; Zadeh, 1988; Zadeh, 1965) é formulado como segue:

$$\begin{aligned} & \max \text{ (ou min)} \sum_{j=1}^n c_j x_j \\ & \text{sujeito a} \quad \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq B_i \quad (i \in \mathbb{N}_m) \\ & \quad \quad \quad x_j \geq 0 \quad (j \in \mathbb{N}_n). \end{aligned}$$

No caso, os números fuzzy B_i têm a forma

$$B_i(x) = \begin{cases} 1, & x \leq b_i \\ \frac{b_i + p_i - x}{p_i}, & b_i < x \leq b_i + p_i \\ 0, & x > b_i + p_i \end{cases} \quad (1)$$

onde $x_j \in \mathbb{R}$.

Em geral, os problemas de programação linear fuzzy são inicialmente convertidos em problemas lineares ou não lineares crisp equivalentes, que são então resolvidos pelo método padrão. Os resultados finais de um problema de programação linear fuzzy são, portanto, números reais.

Em seguida, determinamos o conjunto fuzzy de valores ótimos. Isso é feito calculando os limites inferior e superior dos valores ótimos. O limite inferior dos valores ótimos, z_l , é obtido resolvendo o problema de programação linear:

$$\begin{aligned} & \max \quad z = cx \\ & \text{sujeito a} \quad \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i \quad (i \in \mathbb{N}_m) \\ & \quad \quad \quad x_j \geq 0 \quad (j \in \mathbb{N}_n). \end{aligned}$$

e o limite superior dos valores ótimos, z_u , é obtido por um problema de programação similar em que cada b_i é substituído por $b_i + p_i$ (Klir e Yuan, 1995).

Agora, temos o seguinte problema de otimização clássico:

$$\begin{aligned} & \max \quad \lambda \\ & \text{sujeito a} \quad \lambda(z_u - z_l) - cx \leq -z_l \\ & \quad \quad \quad \lambda p_i + \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i + p_i \quad (i \in \mathbb{N}_m) \\ & \quad \quad \quad \lambda, x_j \geq 0 \quad (j \in \mathbb{N}_n). \end{aligned}$$

3 | O MODELO MATEMÁTICO

Neste trabalho, seja x o número da população de pulgões na planta e z a quantidade de inseticida (%) da recomendada pelo fabricante. Os conjuntos fuzzy de número de pulgões estão definidos em Peixoto et al (2016) e considerando os limiares econômicos para o pulgão da soja, o problema pode ser formulado como o seguinte problema de programação linear fuzzy (Peixoto et al., 2018):

$$\begin{aligned} \max \quad & z = 0.2x \\ \text{sujeito a} \quad & x \leq B \\ & x \geq 0 \end{aligned}$$

sendo B definido por

$$B(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 250 \\ \frac{700-x}{450}, & 250 < x \leq 700 \\ 0, & x \geq 700 \end{cases} \quad (2)$$

Os limites inferior e superior da função objetivo são $z_i=0$ and $z_u=100$, respectivamente.

Então, a função objetivo, G , um subconjunto de \mathbb{R} , é definida por:

$$G(x) = \begin{cases} 0, & 0.2x \leq 50 \\ \frac{0.2x-50}{90}, & 50 < 0.2x \leq 140 \\ 1, & 0.2x > 140 \end{cases} \quad (3)$$

Agora, por (2) e (3), o problema de PL fuzzy se torna o seguinte problema clássico de otimização:

$$\begin{aligned} \max \quad & \lambda \\ \text{sujeito a} \quad & 90\lambda - 0.2x \leq -50 \\ & 450\lambda + x \leq 700 \\ & x \geq 0 \\ & 0 \leq \lambda \leq 1. \end{aligned}$$

4 | RESULTADOS E CONCLUSÕES

O problema foi modelado via Método Simplex no MATLAB[®]. Resolvendo esse problema clássico de otimização, encontramos o valor máximo $\lambda=0.5$, obtido para $x=475$. A quantidade de inseticida z é então calculada por

$$z = 0.2x = 95.$$

Este modelo sugere que a quantidade de inseticida foi de 95% da quantidade recomendada pelo fabricante na plantação com cerca de 475 pulgões por planta, ou seja, essa quantidade de inseticida é suficiente para controlar a população de pulgões. Dessa forma, o modelo sugere que a quantidade de inseticida pode ser menor que a quantidade recomendada pelo fabricante.

A preocupação com o meio ambiente tem sido cada vez mais importante. Atualmente, ações voltadas ao manejo sustentável dos recursos naturais são objetivos. Em geral, os pesticidas são tóxicos, prejudiciais à saúde humana e ao meio ambiente. Um dos problemas mais comuns é a contaminação do solo, águas subterrâneas, rios e lagos. Quando o pesticida é usado, ele intoxica toda a vida presente. Estudos mostram a diminuição do número de abelhas polinizadoras e a destruição do habitat das aves em ambientes onde são utilizados pesticidas. O uso abusivo de inseticidas pode levar a um aumento no número de pragas, porque as pragas se tornam mais resistentes, exigindo pesticidas mais fortes que danificam ainda mais o meio ambiente e matam os predadores naturais das pragas (Pimentel e Lchman, 1993).

Dessa forma, o modelo sugere que a quantidade de inseticida pode ser menor que a quantidade recomendada pelo fabricante. Além disso, baixas quantidades de inseticidas daqueles recomendados pelo fabricante podem ser eficazes. Por um lado, existem custos para cada aplicativo. Por outro lado, deve haver uma preocupação com os danos ambientais causados pelo uso abusivo de inseticidas nas plantações.

Para trabalhos futuros pretendemos propor estudos adicionais sobre métodos simples e específicos, usando um sistema baseado em regras fuzzy para ajudar na implementação de um sistema integrado de gerenciamento de pragas.

5 | AGRADECIMENTOS

A primeira autora agradece à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), projeto número 2016/04299-9, a segunda autora agradece à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), projeto número 2017/16393-2 e o terceiro autor agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), projeto número 306546/2017-5, pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- Barros, L.C., Bassanezi, R.C., Lodwick, W.A., **A First Course in Fuzzy Logic, Fuzzy Dynamical Systems, and Biomathematics**, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2017.
- Hunt, T., **Soybean aphid management in Nebraska**, NebFacts. Nebraska Cooperativa Extension. IARN-UNL, Lincoln, NE. (NF04-599), 2005.
- Klir, G. J. and Yuan B., **Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications**, Prentice Hall, N. Jersey, 1995.
- Myers, S.W., Hogg, D.B., Wedberg, J.L., Determining the optimal timing of foliar insecticide applications for control of soybean aphid (Hemiptera:Aphididae) on soybean, **Journal of Economic Entomology**, 98, 2006-2012, 2005.
- McCornack, B. P., Ragsdale, D. W., Venette, R. C., Demography of Soybean Aphid (Homoptera: Aphididae) at Summer Temperatures, **J. Ec. Entomology**, 3, 97, 854-861, 2004.
- Nielsen, C., Hajek, A.E., Control of invasive soybean aphid, *Aphis glycines* (Hemiptera: Aphididae), populations by existing natural enemies in New York State, with emphasis on entomopathogenic fungi, *Environmental Entomology*, 34, 1036-1047, 2005.
- Pedrycz, W., Gomide, F., **An Introduction to fuzzy sets: analysis and design**, MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London, 1988.
- Peixoto, M. S., Carvalho, S. M. S., Barros, L. C., Bassanezi, R. C., Laureano, E. E., Lodwick, W. A., A control to soybean aphid via fuzzy linear programming. In: Conference on Data Science and Knowledge Engineering for Sensing Decision Support (FLINS 2018), 2018, Belfast. **Data Science and Knowledge Engineering for Sensing Decision Support**, 2018. p. 937.
- Peixoto, M. S., Barros, L. C., Bassanezi, R. C. and Fernandes, O. A., On Fuzzy Control of Soybean Aphid, **Applied Mathematics**, 7, 2149-2164, 2016.
- Peixoto, M. S., Barros, L. C., Bassanezi, R. C. and Fernandes, O.A., An approach via fuzzy systems for dynamics and control of the soybean aphid, **Proceedings of 9th IFSA World Congress and 20th NAFIPS International Conference**, Jul 25-28, Paris: Atlantis Press, 1295-1301, Gijón, Asturias, Spain, 2015.
- Pimentel, D., Lchman, H. editors, **The Pesticide question: environment, economics, and ethics**, Routledge, Chapman and Hall, New York, 1993.
- Ragsdale, D. W., McCornac, B. P., Venette, R. C., Potter, B.D., MacRae, I.V., Hodgson, E. W. and O'Neal, M. E., Economic Threshold for Soybean Aphid (Hemiptera: Aphididae), **Journal of Economic Entomology**, 100, 4, 1258-1267, 2007.
- Ragsdale, D.W., Voegtlin, D.J., O'Neil, R.J., Soybean aphid biology in North America, **Ann. Entomol. Soc. Am.**, 2, 97, 204-208, 2004.
- Tanaka H., Asai, K., Fuzzy linear programming problems with fuzzy numbers, **Fuzzy Sets and Systems**, 13(1) , 1-10, 1984.
- Wu, Z., Schenk-Hamlin, D., Zhan, W., Ragsdale, D.W., Heimpel, G.E., The soybean aphid in China: A historical review. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 97, 209-218, 2004.
- Zadeh, L. A., Fuzzy Sets, **Information and Control**, 8, 338--353, 1965.
- Zadeh, L. A., Fuzzy Logic, **IEEE Computer**, 83--92, 1988.

Zimmermann, H. J., Fuzzy programming and linear programming with several objective functions, *Fuzzy Sets and Systems*, 1(1), 45-55, 1978.

SOBRE A ORGANIZADORA

Jéssica Aparecida Prandel: Mestre em Ecologia (2016-2018) pela Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI), campus de Erechim, com projeto de pesquisa Fragmentação Florestal no Norte do Rio Grande do Sul: Avaliação da Trajetória temporal como estratégias a conservação da biodiversidade. Fez parte do laboratório de Geoprocessamento e Planejamento Ambiental da URI. Formada em Geografia Bacharelado pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG, 2014). Em 2011 aluna de Iniciação científica com o projeto de pesquisa Caracterização de Geoparques da rede global como subsídio para implantação de um Geoparque nos Campos Gerais. Em 2012 aluna de Iniciação Científica da Universidade Estadual de Ponta Grossa, com projeto de pesquisa Zoneamento Ambiental de áreas degradadas no perímetro urbano de Palmeira e Carambeí (2012-2013). Atuou como estagiária administrativa do laboratório de geologia (2011-2013). Participou do projeto de extensão Geodiversidade na Educação (2011-2014) e do projeto de extensão Síntese histórico-geográfica do Município de Ponta Grossa. Em 2014 aluna de iniciação científica com projeto de pesquisa Patrimônio Geológico-Mineiro e Geodiversidade-Mineração e Sociedade no município de Ponta Grossa, foi estagiária na Prefeitura Municipal de Ponta Grossa no Departamento de Patrimônio (2013-2014), com trabalho de regularização fundiária. Estágio obrigatório no Laboratório de Fertilidade do Solo do curso de Agronomia da UEPG. Atualmente é professora da disciplina de Geografia da Rede Marista de ensino, do Ensino Fundamental II, de 6º ao 9º ano e da Rede pública de ensino com o curso técnico em Meio Ambiente. Possui experiência na área de Geociências com ênfase em Educação, Geoprocessamento, Geotecnologias e Ecologia.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acessibilidade 52

Avifauna 7, 8, 9, 13, 14, 15, 16, 17, 18

B

Biodiversidade 5, 8, 18, 19, 20, 21, 22, 27, 28, 57, 58, 59, 65, 66, 67, 78

C

Cerrado 7, 8, 9, 12, 13, 14, 16, 18, 65

Ciência na prática 52

Conhecimento científico 54

Conjuntos fuzzy 69, 71, 74

Conservação 7, 16, 17, 18, 26, 28, 51, 57, 58, 59, 60, 65, 66, 67, 78

Controle químico 69, 71

D

Democratização do ensino 52

Dípteras 1, 2, 5

E

Ecologia funcional 19

Entomologia forense 1, 2, 6

Espécies ameaçadas 12, 57, 60, 62, 65, 66

Espécies endêmicas 12, 14, 58

F

Fauna Cadavérica 1, 5

Filogeografia 30

Filtros ambientais 19, 22

Floresta atlântica 57, 58, 65, 66

G

Gestão 20, 54

H

Hidratação descontínua 41, 43, 44, 51

I

Ictiofauna 19, 21, 23, 27, 28

Intervalo Pós Morte 1, 2

M

Mamíferos 8, 57, 58, 61, 63, 64, 65, 66, 67

Meio ambiente 17, 18, 21, 28, 67, 75, 78

Memória hídrica 41, 43, 50, 51

P

Perturbações antrópicas 8, 10, 12, 13, 14, 19, 20, 22

Planejamento 17, 19, 78

Programação linear fuzzy 69, 72, 73, 74

Proteção ambiental 58, 59, 67

T

Tolerância ao estresse 49

U

Urbanização 7, 8, 14, 19, 22, 26, 27

V

Vegetação 9, 14, 15, 20, 21, 27, 29, 42, 51, 67

