

**Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics**

## Uma Abordagem Fuzzy na Dinâmica OGM x Natural

Rinaldo Vieira da Silva Júnior<sup>1</sup>

Núcleo de Ciências Exatas-NCEEx, UFAL, Arapiraca, AL

Odair Barbosa de Moraes<sup>2</sup>

Núcleo de Ciências Exatas-NCEEx, UFAL, Arapiraca, AL

Utilizando um sistema de equações diferenciais parciais é possível estimar o impacto ambiental, que modela um processo de competição intraespecífica entre um cultivo transgênico e sua variante natural [1]. O modelo proposto utiliza equações do tipo difusão-reação-transporte, que descreve a dispersão de sementes e a conseqüente mistura de cultivos (natural e geneticamente modificado) que crescem em campos adjacentes. Nesta abordagem, a mistura de cultivos está espacialmente distribuída, de forma homogênea, devido ao mecanismo de dispersão (vento) ser assumido como forte [6].

Usando coordenadas cartesianas retangulares,  $X$  e  $Y$ , para localizar as posições dentro da lavouras, formando um retângulo, e supondo que exista uma barreira em torno do contorno dos dois campos plantados, assim que a condição de Neumann, chamada sem fluxo na fronteira, é aplicada, nossas equações do modelo tomam a seguinte forma

$$\begin{cases} \partial_t N^1 &= D_1 \Delta_{X,Y} (N^1) + \beta_2 k \partial_X N^1 + \lambda N^1 - (\lambda \alpha_1 + \beta_1)(N^1)^2 - \beta_2 N^1 N^2, \\ \partial_t N^2 &= D_2 \Delta_{X,Y} (N^2) + \beta_1 k \partial_X N^2 + \lambda N^2 - (\lambda \alpha_2 + \beta_2)(N^2)^2 - \beta_1 N^1 N^2, \end{cases} \quad (1)$$

onde o operador Laplaciano Euclidiano  $\Delta_{X,Y}$  é o mesmo em ambas equações.

Algumas hipóteses são assumidas no modelo acima. Supondo que o mecanismo de dispersão no ambiente é suficientemente forte, ou o campo ser pequeno o suficiente, as populações das diferentes sementes se misturam até que as duas são distribuídas uniformemente sobre toda a região. Estamos assumindo que os coeficientes de difusão  $D_1, D_2$  são grandes, com  $d = \min(D_1, D_2)$  e na região invariante  $\Sigma$ , a qual representa as populações  $N^1$  e  $N^2$ . Temos um agrupamento de parâmetros, com  $M = \max(J f)_\Sigma = \max |df|$ ,  $df$  representa o gradiente da função  $f$  e  $A$  representa o primeiro autovalor não-nulo do Laplaciano  $\Delta$  no plano euclidiano, o qual é aproximadamente  $\frac{1}{\rho^2}$ , com  $\rho$  sendo a diagonal do retângulo  $\Omega \subset \mathbb{R}^2$  e de fato, estamos considerando que a região invariante  $\Sigma \subset \Omega$ . O sistema proposto atingirá, quando  $t$  tende ao infinito, uma solução estável homogênea espacialmente [2, 5].

Utilizamos neste trabalho ferramentas da matemática intervalar com intuito de buscar uma boa estimativa nos parâmetros no modelo [3]. Assumindo que os coeficientes  $\beta_i$  são

<sup>1</sup>rinaldo.junior@arapiraca.ufal.br

<sup>2</sup>odair.moraes@arapiraca.ufal.br

números fuzzy e que os seus  $\alpha$ -níveis caracterizem a intensidade do vento, estudamos o comportamento dinâmico do modelo (1) atribuindo valores para os parâmetros e simulamos numericamente o conjunto de equações diferenciais acima para vários valores destes parâmetros. Consideramos o vento como incerto e calculamos os valores correspondentes de  $\beta_i$  e assim obtivemos cenários onde a mistura entre as sementes efetivamente ocorreu. Esperamos analisar as diversas situações simuladas no modelo para construirmos os nossos conjuntos fuzzy. Com o potencial da lógica fuzzy na análise de sistemas evolutivos, acreditamos que tal abordagem forneça suporte para um modelo matemático mais completo [4].

## Referências

- [1] P. L. Antonelli, S. F. Rutz and R. V. S. Júnior, Environmental analysis of impact of transgenic crops, *International Journal of Appl. Math.*, volume 26: 515-524, 2013. DOI: 10.12732/ijam.v26i4.10
- [2] P. L. Antonelli, S. F. Rutz and R. V. S. Júnior. Analysis of impact of transgenic crops in a noisy environment. *Nonlinear Studies*, volume 24:337-353, 2017. ISSN 2153-4373.
- [3] L. C. de Barros e R. C. Bassanezi. *Tópicos de lógica fuzzy e biomatemática*. Grupo de Biomatemática, Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010. ISBN 9788587185174.
- [4] V. M. Cabral and L. C. de Barros, Fuzzy differential equation with completely correlated parameters, *Fuzzy Sets and Systems*, Elsevier, volume 265:86-98, 2015. DOI:10.1016/j.fss.2014.08.007
- [5] E. Conway, D. Hoff and J. Smoller, Large time behavior of solutions of systems of nonlinear reaction-diffusion equations, *SIAM Journal on Appl. Math.*, volume 35, number 1:1-16, 1978. DOI :10.1137/0135001
- [6] R. V. S. Júnior, Análise matemática do impacto ambiental de plantações transgênicas. Tese de Doutorado em Matemática Aplicada, Unicamp, 2015.