

## Otimização Multicritério da Aplicação de Herbicida Considerando a Resistência de Plantas Daninhas\*

Ulcilea A. Severino Leal<sup>†</sup>      Geraldo N. Silva

Depto de Ciências de Computação e Estatística, IBILCE, UNESP,

15054-000, São José do Rio Preto, SP

E-mail: [ulcilea0803@hotmail.com](mailto:ulcilea0803@hotmail.com), [gsilva@ibilce.unesp.br](mailto:gsilva@ibilce.unesp.br),

**Décio Karam**

Embrapa Milho e Sorgo

35701-970, Sete Lagoas, MG

E-mail: [karam@cnpmc.embrapa.br](mailto:karam@cnpmc.embrapa.br)

### RESUMO

A infestação por plantas daninhas é considerado um grande problema na agricultura, em função de promover perdas nos diversos níveis e, por este motivo, busca-se controlá-las. Porém, o uso intensivo de produtos químicos, com o mesmo mecanismo de ação, em seu controle contribui para o aumento da proporção de indivíduos resistentes nas próximas gerações. A densidade de sementes e a frequência dos alelos resistentes é descrita, segundo [2] e [3], pelos modelos dinâmicos:

$$g(x_t, p_t, u_t) = (1 - \Psi)(1 - \delta)x_t + \kappa \exp^{\frac{\gamma \ln \left( \left( 1 - \left( c + \frac{d-c}{1 + \exp[b(\ln(u_t) - \ln(GR_{50t}(R_t)))]} \right) \right)^{x^g \delta x_t}}{\mu + \varepsilon \ln \left( \left( 1 - \left( c + \frac{d-c}{1 + \exp[b(\ln(u_t) - \ln(GR_{50t}(R_t)))]} \right) \right)^{x^g \delta x_t}} \right)} - \eta + \xi \quad (1)$$

$$v(x_t, p_t, u_t) = p_t + s(u_t)p_t q_t \frac{q_t}{1 + s(u_t)((p_t)^2 + 2p_t q_t)} \frac{x_t^n}{x_t} \quad (2)$$

A função de produção para o controle de plantas daninhas é dada segundo [2] e [3]:

$$Y(x_t, p_t, u_t) = Y_0 \left( 1 - \left( \frac{a(x_t(1 - \rho(u_t, R_t)))}{1 + \frac{a}{m}(x_t(1 - \rho(u_t, R_t)))} \right) \right) (1 - Y_p) \quad (3)$$

com

$$\rho(u_t, R_t) = c + \frac{d - c}{1 + \exp[b(\ln(u_t) - \ln(GR_{50}(R_t)))]} \quad (4)$$

$$GR_{50}(R_t) = R_t GR_{50R} + (1 - R_t) GR_{50S} \quad (5)$$

$$R_t = \frac{p_t^2}{p_t^2 + 2p_t(1 - p_t)} \quad (6)$$

no qual as variáveis e parâmetros estão definidas em [3]. De modo geral, o objetivo é determinar como, e em qual intensidade, o banco de sementes,  $x_t$ , de cada estação ou ano, é alterado com aplicação do herbicida,  $u_t$ , visando assim reduzir o uso do herbicida e, conseqüentemente, maximizar o lucro do produtor e minimizar o acréscimo da resistência da planta daninha causada pelo uso do herbicida num período pré-determinado.

\*trabalho financiado pela FAPESP Processo: 99/18643-0.

<sup>†</sup>bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq Processo: 305418/2009-2

O problema de otimização dinâmica multi-objetivo é descrito da seguinte forma:

$$\max (J_1, J_2) = \left( \sum_{t=0}^T \alpha^t [P_y Y(x_t, p_t, u_t) - P_u u_t - C(t)], -R_T \right) \quad (7)$$

sujeito a:

$$x_{t+1} = g(x_t, p_t, u_t) \quad (8)$$

$$p_{t+1} = v(x_t, p_t, u_t) \quad (9)$$

$$x(0) = x_0 \quad (10)$$

$$p(0) = p_0 \quad (11)$$

$$0 \leq p(t) \leq 1 \quad (12)$$

$$\frac{10^{-6}}{A} \leq u(t) \leq \min\left\{u_{\max}, \frac{0.5}{A}\right\} \quad (13)$$

onde  $J_1$  é o lucro alcançado em um período de  $T$  anos e  $J_2$  é o oposto da resistência da planta daninha. Para a resolução utilizou-se a abordagem  $\epsilon$ -restrito. No qual, nesse problema será otimizado o lucro, e o oposto da resistência no tempo final será restrito. Como exemplo de aplicação do modelo, analisou-se a dinâmica populacional da planta daninha *Bidens subalternans*, na cultura do milho, com controle através do herbicida nicosulfuron. Considerou-se o banco de sementes inicial 500 sementes  $m^{-2}$  e frequência dos alelos resistentes 0, 1. Os resultados foram obtidos utilizando o método ASA\_CG [1]. Na figura 1(a) apresenta-se o conjunto de Pareto-ótimo, tal conjunto é obtido conforme os valores de  $\epsilon$  varia no intervalo  $[-0,68; -0,20]$ . Na figura 1(b) apresenta-se os resultados para a solução ótima considerada. Conclui-se, com

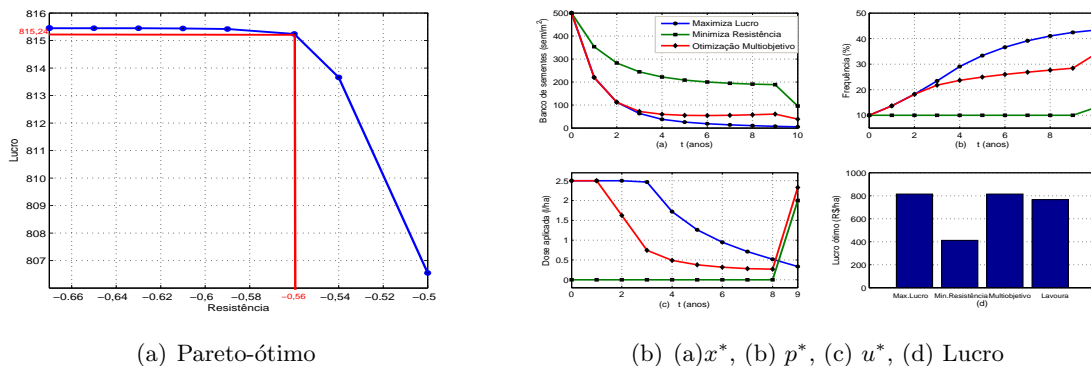


Figura 1: Resultado da simulação para um horizonte de 10 anos

a otimização multi-objetivo, que o uso do herbicida de forma seletiva contribui no processo produtivo tornando-o cada vez rentável, com um retardo no surgimento da resistência da planta daninha *Bidens subalternans* ao herbicida nicosulfuron.

**Palavras-chave:** Otimização, controle, resistência de plantas daninhas

## Referências

- [1] W. W. Hager and H. Zhang. A new active set algorithm for box constrained optimization. *Journal of Optimization*, 17(2):526–557, 2006.
- [2] R. Jones and O. J. Cacho. A dynamic optimisation model of weed control. In *44th Annual Conference of the Australian Agricultural and Resource Economics*, pages 1–17, 2000.
- [3] E. W. Stiegelmeier, P. A. Munari, H. S. Kajino, V. A. Oliveira, and G. N. Silva. Modelo de otimização da aplicação de herbicida para o controle de plantas daninhas considerando a evolução da resistência. In *XVIII Congresso Brasileiro de Automática, SBA*, pages 886–893, 2010.