

EFEITO DA DISPERSÃO NA INTERAÇÃO DO PERCEVEJO BRONZEADO E SEU PARASITOIDE *CLERUCHOIDES NOACKAE*.

JHONATAN RODRIGUES BILLER¹; ALEXANDRE MOLTER²

¹ Universidade Federal de Pelotas – jhonatan.biller@furg.br

²Universidade Federal de Pelotas – alexandre.molter@ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

O percevejo bronzeado (*Thaumastocoris peregrinus*) constitui uma das principais pragas do eucalipto, sendo responsável por prejuízos significativos à produtividade dos cultivos (BARBOSA, 2012). Entre as estratégias de manejo, o controle biológico destaca-se pelo uso do parasitoide de ovos *Cleruchoides noackae* (LIN, 2007).

Um aspecto para a eficiência do controle biológico é a capacidade de dispersão do parasitoide no ambiente, pois ela determina o alcance espacial do parasitismo e, consequentemente, a regulação da população do hospedeiro. Estudos experimentais, como o de BECCHI (2012) investigaram essa característica em plantações de eucalipto, utilizando armadilhas adesivas para quantificar o deslocamento de indivíduos liberados em um ponto central.

Assim, o presente trabalho tem como objetivo empregar um modelo hospedeiro-parasitoide para descrever a interação entre *T. peregrinus* e *C. noackae*, considerando explicitamente dispersão espacial dos parasitoides. Os parâmetros utilizados foram estimados a partir de dados experimentais da literatura e de ensaios laboratoriais, enquanto o coeficiente de difusão foi obtido com base no estudo de BECCHI (2012). A partir desse modelo, são realizadas simulações numéricas a fim de avaliar o efeito da dispersão na dinâmica espaço-temporal do parasitoide.

2. METODOLOGIA

A dinâmica hospedeiro-parasitoide foi representada pelo modelo com crescimento logístico para o hospedeiro e resposta funcional do tipo II (HOLLING, 1959), acrescido de um termo de dispersão para o parasitoide:

$$\begin{aligned} H_t &= rH \left(1 - \frac{H}{K}\right) - \frac{aHP}{1 + ahH}, \\ P_t &= DP_{xx} + \frac{caHP}{1 + ahH} - mP, \end{aligned} \quad (1)$$

em que $H(x, t)$ e $P(x, t)$ denotam, respectivamente, as densidades espaciais de ovos do hospedeiro *T. peregrinus* e de fêmeas do parasitoide *C. noackae*. Os parâmetros do modelo são: r (taxa intrínseca de crescimento do hospedeiro), K (capacidade suporte), a (taxa de ataque), h (tempo de manuseio), c (taxa de conversão), m (taxa de mortalidade do parasitoide) e D (coeficiente de difusão máxima do parasitoide).

A taxa de crescimento r foi estimada a partir de dados de BARBOSA et al. (2019), considerando o tempo médio de vida do percevejo (56 dias) e a fecundidade

média (58,1 ovos). O coeficiente de difusão D foi obtido de dados de campo de BECCHI (2012), ajustando uma regressão linear à solução da equação de difusão unidimensional, com base nos pares experimentais (25 m; 3,66 indivíduos) e (50 m; 1,16 indivíduos), em 72 horas de observação. O valor estimado foi $D = 5,66 \text{ m}^2/\text{h}$, convertido para 135,94 m^2/dia para compatibilização com os demais parâmetros. Os parâmetros a , h , c , m e K foram determinados a partir de ensaios laboratoriais a 25°C, conduzidos pelo pesquisador Leonardo Rodrigues Barbosa (Embrapa Florestas). A Tabela 1 resume os valores, unidades e referências.

Tabela 1: Parâmetros do modelo hospedeiro-parasitoide com dispersão.

Parâmetro	Valor	Unidade	Referência
h	0,18	dia	Do experimento
r	0,07	dia^{-1}	(BARBOSA, 2019)
m	1/1,21	dia^{-1}	Do experimento
D	135,94	m^2/dia	(BECCHI, 2012)
a	1,82	$\text{m}/\text{ovos}/\text{dia}$	Do experimento
K	700	ovos/metro	Do experimento
c	0,67	adimensional	Do experimento

As simulações numéricas do modelo (1) foram conduzidas em uma malha unidimensional de comprimento $L = 140 \text{ m}$, composta por 301 pontos igualmente espaçados. O termo difusivo foi discretizado por diferenças finitas centrais, sob condições de contorno de Neumann homogêneas. A integração temporal empregou o método de Euler implícito, e o sistema não linear resultante foi resolvido pelo método de Newton-Raphson com Jacobiana analítica esparsa. O critério de convergência adotado foi $\|F\|_2 < 10^{-8}$, onde F é o vetor resíduo do sistema não linear, com no máximo 50 iterações. O chute inicial em cada passo foi obtido por uma etapa de Euler explícito, impondo não negatividade das variáveis.

As condições iniciais foram definidas como:

$$H(x, 0) = 0,3K, \quad P(x, 0) = 5 \exp\left(-\frac{(x - L/2)^2}{2\sigma^2}\right), \quad \sigma = 2 \text{ m}, \quad (2)$$

correspondendo a uma distribuição homogênea de hospedeiros e uma concentração inicial de parasitoídeos no centro do domínio.

As simulações foram realizadas até $t_{\max} = 200$ dias, com passo temporal de 0,1 dia. A seguir, são apresentados os resultados numéricos obtidos e sua interpretação ecológica.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta a evolução temporal do sistema hospedeiro-parasitoide em diferentes instantes, obtida a partir da simulação numérica do modelo descrito na Seção 2.

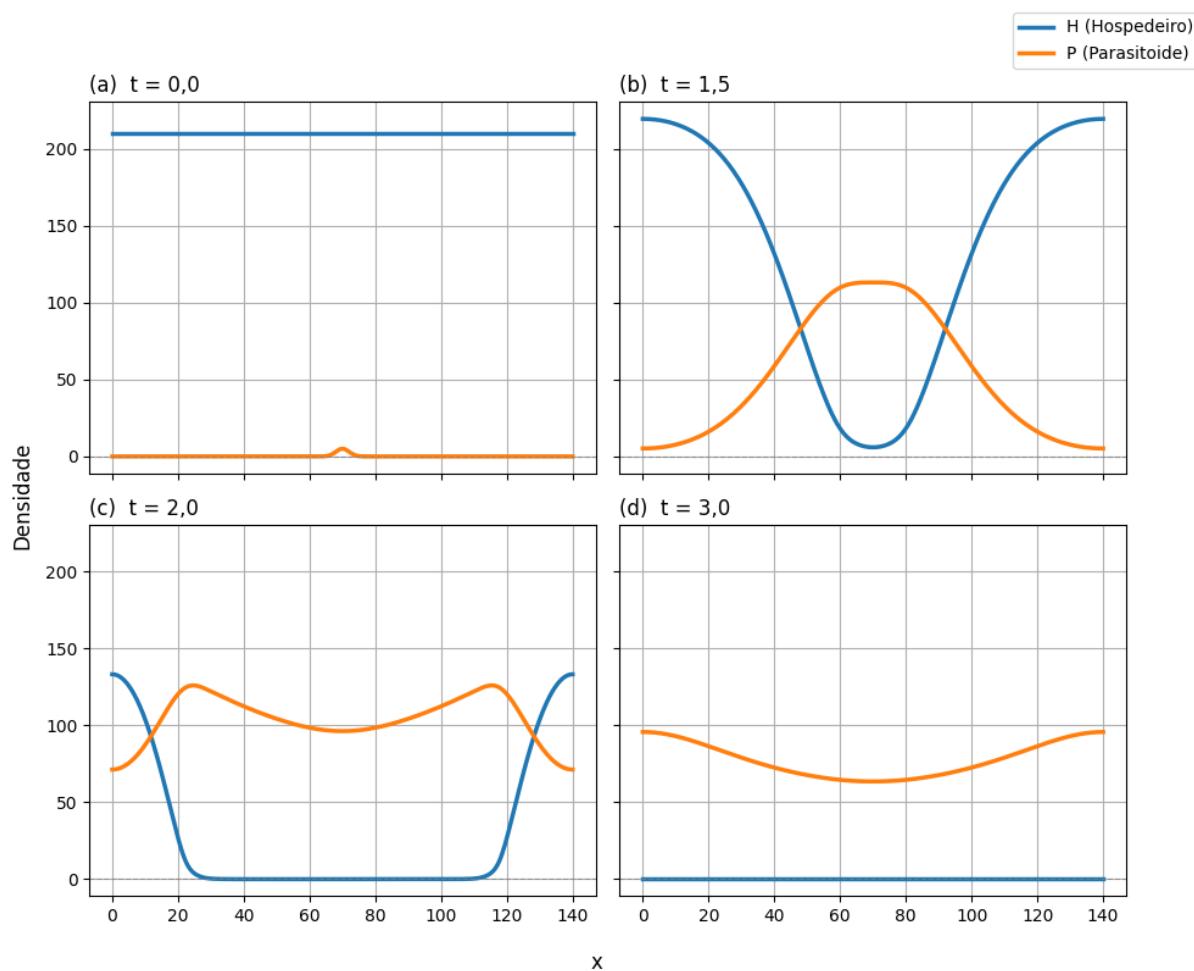


Figura 1 - Evolução temporal da dispersão do parasitismo

No instante inicial ($t = 0$), assume-se uma distribuição homogênea de ovos do hospedeiro *T. peregrinus*, acompanhada de uma concentração localizada do parasitóide *C. noackae* no centro do domínio, conforme as condições iniciais (2).

Em $t = 1,5$ dias, verifica-se uma redução da densidade de hospedeiros no centro, justamente onde a concentração inicial de parasitóides é maior. Nessa região, o número de parasitóides aumenta devido às interações de parasitismo, o que acentua a queda da população de hospedeiros. Nas bordas, entretanto, o parasitóide ainda não exerce efeito suficiente para conter o crescimento do hospedeiro, que continua aumentando localmente.

No instante $t = 2$ dias, a massa central de parasitóides já esgotou os hospedeiros da região central e passa a se dispersar em direção às bordas. Nessas áreas, onde antes os hospedeiros mantinham alta densidade, observa-se agora um declínio populacional, acompanhado da expansão do parasitóide.

Por fim, em $t = 3$ dias, a densidade de hospedeiros foi praticamente eliminada em todo o domínio, restando apenas a população de parasitóides. A partir desse

ponto, embora não ilustrado na figura, a densidade de parasitoides tende a decair gradualmente, aproximando-se de valores residuais. Em $t = 50$ dias, o sistema já se encontra em estado estacionário, com densidades da ordem de 10^{-8} , equivalentes biologicamente a zero para ambas as populações.

4. CONCLUSÕES

O modelo hospedeiro-parasitoide com difusão descreveu de forma consistente a dinâmica espaço-temporal entre o percevejo bronzeado e o parasitoide *C. noackae*. As simulações indicam que a dispersão influencia diretamente a interação entre as populações e deve ser considerada em estratégias de liberação do parasitoide em campo para o manejo da praga.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, L. R.; SANTOS, F.; SOLIMAN, E. P.; RODRIGUES, A. P.; WILCKEN, C. F.; CAMPOS, J. M.; ZANUNCIO, A. J. V.; ZANUNCIO, J. C. Biological parameters, life table and thermal requirements of *Thaumastocoris peregrinus* (Heteroptera: Thaumastocoridae) at different temperatures. **Scientific Reports**, London, v.9, n.1, p.10174, 2019.

BECCCHI, L. K. *Cleruchoides noackae* (Hymenoptera: Mymaridae): controle de qualidade, detecção de endossimbiontes e dispersão em plantio de eucalipto. 2021. 85f. Tese (Doutorado em Agronomia – Proteção de Plantas) – Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

HOLLING, C. S. Some characteristics of simple types of predation and parasitism. **The Canadian Entomologist**, Ottawa, v.91, n.7, p.385-398, 1959.

LIN, N.-Q.; HUBER, J.T.; LA SALLE, J. The Australian Genera of Mymaridae (Hymenoptera: Chalcidoidea). **Zootaxa**, [S.I.], v.1596, n.1, p.1–111, 2007. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.1596.1.1>.