

# ESTUDO DA DISPERSÃO PÓS ALIMENTAR EM MOSCAS DO GÊNERO *CHRYSOMYA* SP. VIA AUTÔMATOS CELULARES.

Ernesto Augusto Bueno da Fonseca Lima, Cláudia Pio Ferreira, Andressa Merlo Bernardes, Wesley Augusto Conde Godoy. – Inter-áreas – Física Médica – Departamento de Bioestatística – Instituto de Biociências – Campus de Botucatu.

Neste estudo investigamos padrões teóricos de migração em larvas de moscas-varejeiras, empregando o formalismo de autômatos celulares. As simulações computacionais foram geradas com base nos resultados laboratoriais obtidos por Reigada & Godoy (2005), a partir de experimentos de dispersão de larvas desenvolvidos com *Chrysomya megacephala*, espécie de mosca-varejeira importante sob o ponto de vista medico-veterinário por causar miíase e veicular patógenos aos humanos e animais. Assim, o objetivo do trabalho foi simular a dispersão pós-alimentar de larvas de *C. megacephala*, enfatizando a busca de sítios para pupação considerando a vizinhança de enterramento larval previamente ocupada.

Para o experimento, colocou-se uma placa de Petri com 120 Larvas de terceiro instar de *C. megacephala* na extremidade inicial de um recipiente acrílico retangular medindo 1 m de comprimento por 20 cm de largura e 10 cm de altura, contendo maravalha, substrato de pupação. O número de pupas encontradas ao longo do recipiente foi então registrado nas unidades amostrais do recipiente. Cada unidade amostral correspondia ao intervalo de 0.05 m, totalizando 20 unidades para o recipiente. Três replicas experimentais foram produzidas. O numero de pupas encontradas (0, 1, 2, ... n) em cada unidade amostral foi registrado resultando em numero de pupas como variável dependente e distancia relativa do ponto de liberação como variável independente.

Desenvolveu-se um modelo de autômatos celulares bidimensional, de três estados, larva, pupa e espaço vazio, com condições de contorno abertas e regras de transição probabilística. A rede, de dimensão TX por TY representa a caixa onde as larvas vão se difundir. Inicialmente, inserimos larvas da mosca no centro esquerdo da caixa como mostra a figura 1.



Figura 1: Em vermelho: população de larvas, em preto: caixa para difusão.

Cada larva tem  $t$  passos de tempo para atingir o estágio de pupa. Durante esses  $t$  passos de tempo, ela pode se difundir na rede em busca de um sítio para empupar. O número  $t$  é sorteado no início da simulação utilizando um gerador de número aleatórios o qual produz uma distribuição de números inteiros, com base na Distribuição Gaussiana, centrada em  $C$  com variância  $V$ , como mostra a figura 2. A cada passo de tempo, o valor de  $t$ , para cada larva, é diminuído de uma unidade. Quando  $t=0$  a larva atinge o estágio de pupa.

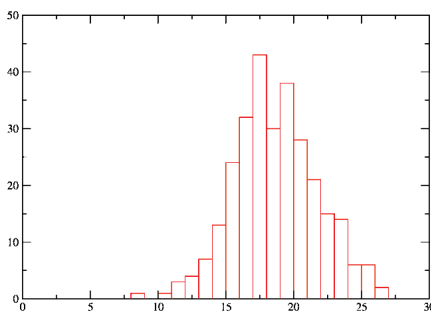


Figura 2: Distribuição de tempos sorteados para uma população de 288 larvas com  $C=20$  e  $V=5$ .

Em cada passo de tempo acontece a atualização de todo o sistema, a qual é feita de modo seqüencial. No modelo proposto a atualização pode ocorrer de duas formas: (a) aleatoriamente ou (b) escolhendo a direção. No caso (a) tem-se que:

Larva: Sítio ocupado por larva vira sítio ocupado por pupa se  $t=0$ , se o sítio em questão já estiver ocupado por uma pupa, a larva escolhe, dentro de uma vizinhança de 24 células, um sítio para atingir o estagio de pupa. Se  $t \neq 0$  e a larva não estiver em condição ideal para atingir o estagio de pupa, isto é, se a condição  $R1 < N < R2$ , onde  $R1$  é o mínimo de vizinhos necessários e  $R2$  o máximo e  $N$  número de vizinhos real, não estiver satisfeita, a larva se difunde para procurar um sítio favorável. Em cada passo de tempo acontece  $M$  difusões, sendo o valor de  $M$  escolhido de modo a reproduzir os dados experimentais.

Pupa: Uma vez que a larva atinge o estagio de pupa, este sítio não muda de estado até o fim da simulação. Observar que um determinado sítio do autômato pode estar ocupado por uma larva e uma pupa (a qual estaria enterrada e não influenciaria a difusão da larva sobre ele).

Sítio vazio: Sítios vazios podem virar sítios ocupados por larva (devido a difusão) e/ou pupa (se  $t=0$ ).

A figura 3 mostra a seqüência de tempos para a difusão aleatória.

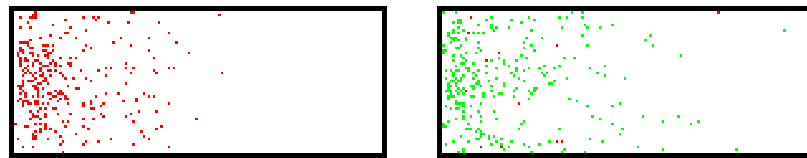


Figura 3: Em vermelho: população de larvas, em preto: caixa para difusão, em verde: pupas.

Na figura 4 temos a distribuição das larvas na rede para a difusão aleatória.

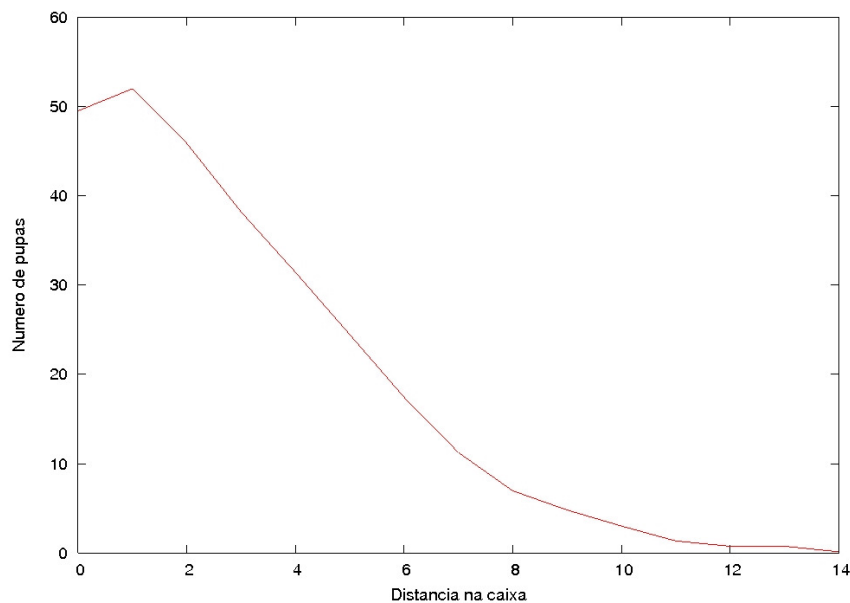


Figura 4: Em vermelho distribuição de larvas na caixa.

No caso (b):

Larva: Sítio ocupado por larva vira sítio ocupado por pupa se  $t=0$ . Se o sítio em questão já estiver ocupado por uma pupa, a larva escolhe, dentro de uma vizinhança de 24 células, um sítio para atingir o estagio de pupa. Se  $t \neq 0$  e a larva não estiver em condição ideal para atingir o estagio de pupa, a larva se difunde de acordo com o seu  $N$  para procurar um sítio favorável.

Inicialmente é sorteado um sentido preferencial para a larva, onde este somente irá mudar se a larva encostar em alguma borda. Para  $N=0$  a larva se difunde aleatoriamente para qualquer sítio vazio que esteja dentro de seu sentido escolhido. Para  $N < R1$  a larva se difunde para um sítio vazio que esteja no quadrante com um maior número de larvas. Para  $N > R2$  a larva se difunde para um sítio vazio que

esteja no quadrante com um menor número de larvas. Em cada passo de tempo acontece M difusões, sendo o valor de M escolhido de modo a reproduzir os dados experimentais.

Pupa e sítio vazio: Seguem as mesmas regras descritas para a difusão aleatória.

A figura 5 mostra a sequência de tempos para a difusão escolhendo o sentido.

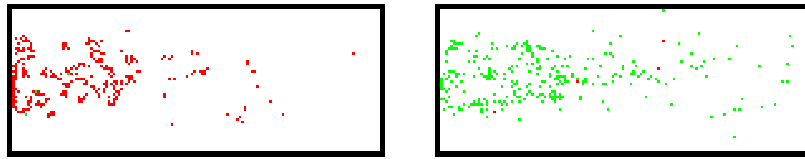


Figura 5: Em vermelho: população de larvas, em preto: caixa para difusão, em verde: pupas.

Na figura 6 temos a distribuição das larvas na rede para a difusão escolhendo o sentido.

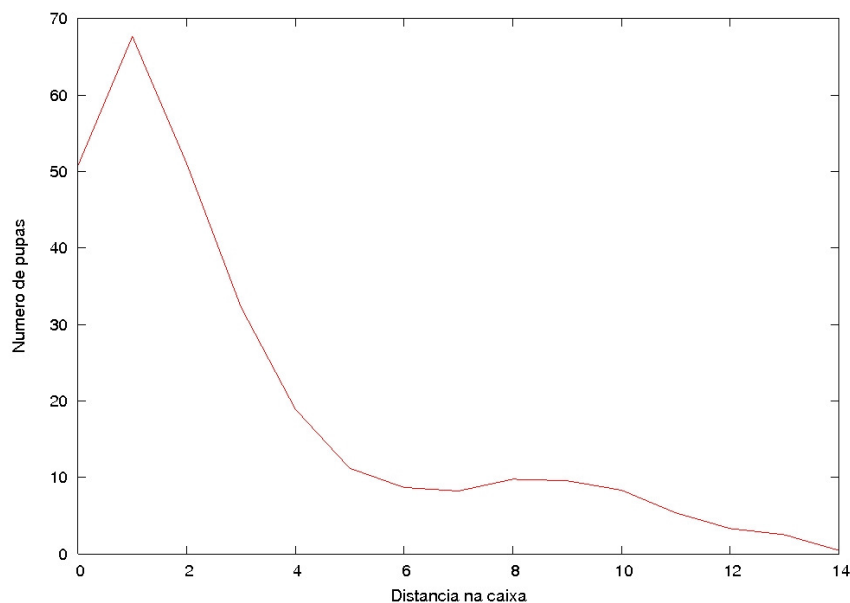


Figura 6: Em vermelho distribuição de larvas na caixa.

Foram realizadas diversas simulações variando o tipo de difusão, o tamanho da caixa, o número de pupas e a condição ideal para atingir o estágio de pupa. Os resultados obtidos reproduzem duas características importantes da distribuição das pupas no substrato: o número de pupas decresce exponencialmente em relação a fonte de alimento; a interação entre as larvas pode ou não causar oscilação no padrão de dispersão observado. Foi observado também que a variação na quantidade de larvas inicial e o tamanho da caixa podem influenciar o padrão de dispersão.

### Bibliografia

- [1] BASSANEZI, R. C. et al. **Diffusion model applied to postfeeding larval dispersal in blowflies (Diptera: Calliphoridae)**. Rio de Janeiro: Mem Inst Oswaldo Cruz, 1997. Vol. 92: 281-286p.
- [2] REIGADA, C.; GODOY, W. A. C. **Dispersal and predation behavior in larvae of *Chrysomya albiceps* and *Chrysomya megacephala* (Diptera: Calliphoridae)**. Journal of Insect Behavior, 2005. Vol.18, No. 4.
- [3] ASSIS, R. A. **Modelos em estratégias de forrageamento de formigas**. Campinas: IMECC, 2003.
- [4] LOULA, A. C. **Comunicação simbólica entre criaturas artificiais: um experimento em vida artificial**. Campinas: IMECC, 2004.