

Modelagem matemática do forrageamento de abelhas *Apis Mellifera* em paisagens simuladas

Denner Augusto de Barros Fabiano ¹, Iuri Emmanuel de Paula Ferreira ²,

^{1,2}Centro de Ciências da Natureza, Universidade Federal de São Carlos, Campus Lagoa do Sino, Buri-SP, Brasil

Resumo: As abelhas *Apis Mellifera* apresentam um comportamento intrincado de forrageamento, determinado pela sinalização de fontes de recurso (néctar) viáveis através da *waggle dance*. Descobrir a relação existente entre os padrões de voo e forrageamento destas abelhas e a composição da paisagem é fundamental para formular estratégias de gestão ambiental visando à conservação da espécie. Este estudo apresenta um modelo matemático de agentes para simular a atividade de forrageamento das abelhas e o recrutamento via *waggle dance*. O modelo é implementado em linguagem R. A função computacional criada permite que o usuário configure paisagens que variam em termos de quantidade de flores, fragmentação do ambiente e qualidade (doçura) do néctar. Também é possível configurar parâmetros da colmeia como número de forrageiras, tempo de descanso, velocidade do voo das abelhas, etc.

Palavras-chave: modelos de agentes, dança das abelhas, recrutamento, conservação

Introdução

Sabe-se que algumas espécies apresentam a tendência de se submeter a um rigoroso padrão de trabalho em conjunto visando alcançar um objetivo o qual beneficia todos os indivíduos da população. Nestas espécies, a forma como os indivíduos (agentes) interagem e o comportamento social resultante tem despertado o interesse de muitos pesquisadores. Essa padronização do comportamento é definida como *swarm intelligence* (LÉVY, 2003).

As abelhas, por conta do seu comportamento natural de visitação, apresentam um importante papel como polinizadoras. Elas interagem de forma frequente com o ambiente o qual se localizam ao redor das colmeias. As abelhas são responsáveis por grande parte da polinização na natureza, consequentemente, estas se tornam fundamentais para a manutenção do ecossistema e, consequentemente, para a sobrevivência humana. Para tornar possível sua comunicação, as abelhas utilizam de diversos recursos para que a mesma seja a mais eficaz possível, como, por exemplo: sons, trocas de essências e, até mesmo, contatos físicos. Por essas e outras razões considera-se a comunicação desses seres como bem aprimorada.

No caso das abelhas *Apis Mellifera*, o forrageamento depende em grande parte da informação transmitida através da *waggle dance* (FRISCH, 1953). As abelhas, ao se depararem com uma fonte de alimento, realizam uma sequência padronizada de movimentos a fim de informar a localização da fonte. A atividade de recrutamento pela dança também é modulada pela distância, abundância e doçura do néctar.

São apresentados diversos trabalhos os quais simulam a ação das forrageiras a partir de modelos de agentes ou equações diferenciais (SEELEY, 1994; BEEKMAN, 2005),

¹denner.augusto300@gmail.com

²ferreira.iep@gmail.com

porém, poucos destes trabalhos estudaram a importância da paisagem na atividade de forrageamento.

Desenvolvimento

Neste projeto foi elaborado um modelo baseado em agentes para simular o comportamento de forrageamento das abelhas *Apis mellifera*. Ao início de cada simulação, uma paisagem composta por arranjos florais (de diferentes espécies vegetais) é construída aleatoriamente. Parâmetros que determinam as distribuições do número de flores, da abundância e qualidade de néctar, da densidade floral e da fragmentação da paisagem são escolhidos livremente pelo usuário.

As simulações representam um dia de forrageamento na colmeia. As abelhas são livres para voarem em um espaço bidimensional, onde localizam-se as fontes de recurso. Elas podem atuar como batedoras, exploradoras, recrutadoras, seguidoras da dança ou até mesmo estarem em repouso. As abelhas apresentam limites máximos para distância de voo e quantidade de carga a ser transportada. A intensidade de recrutamento (via *waggle dance*) é modulada pela lucratividade do arranjo floral recém visitado, considerando-se o balanço energético do forrageamento.

Ao longo das simulações, dados são registrados continuamente. Assim, o usuário pode descrever a disposição espacial das abelhas e dos arranjos florais visitados, a quantidade de recursos coletada, a distribuição de trabalho na casta das forrageiras, e entre outras respostas (Figura 1).

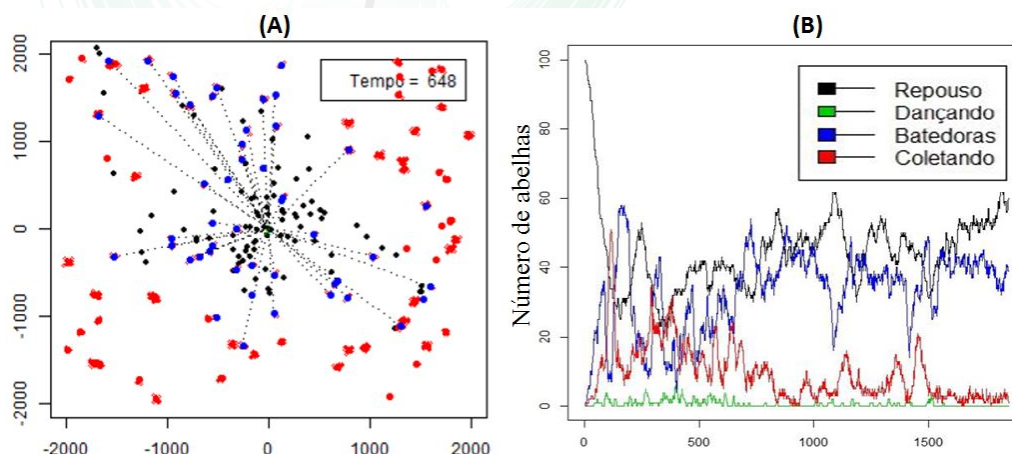


Figure 7.2: (A) - Disposição espacial dos arranjos florais: flores não-visitadas (vermelho) e visitadas (azul), abelhas (preto) e trajetórias de recrutamento (pontilhado). (B) - Divisão do trabalho das abelhas forrageiras ao longo do tempo.

Conclusão

Com o pacote computacional desenvolvido, o usuário pode simular paisagens e avaliar os impactos na atividade de forrageamento das abelhas *Apis Mellifera*. Dessa forma, a ferramenta torna-se útil em estudos sobre conservação das abelhas e gestão ambiental. O pacote encontra-se em fase de testes e será disponibilizado livremente a partir de repositórios *online* após a publicação deste trabalho em periódico científico.

Referências

- [1] M. Beekman, How long will honey bees (*Apis mellifera* L.) be stimulated by scent to revisit past-profitable forage sites?, *Journal Of Comparative Physiology A.*, v 191, n. 12, p. 1115-1120, [s.l.], 2005. DOI: 10.1007/s00359-005-0033-1.
- [2] T. D. Seeley, Honey bee foragers as sensory units of their colonies, *Behavioral Ecology And Sociobiology.*, v 34, n. 1, p. 51-62, [s.l.], 1994. DOI: 10.1007/bf00175101.
- [3] P. Lévy, A inteligência coletiva: por uma antropologia do ciberespaço, 4. ed, São Paulo,: Loyola, 2003.
- [4] K. von Frisch, The dancing bees, *Mathuen & Co. Ltda.*, 183 p, London, 1953.

