

Simulação do Comportamento de uma Colônia de Formigas para Aplicação em um Enxame de Robôs

Marco Vinícius Muniz Ferreira, José Jean-Paul Zanlucchi de Souza Tavares.

*Manufacturing Automated Planning Lab, marcomuniz@outlook.com

Palavras-chave

colônia de formigas, simulação, enxame de robôs

1. INTRODUÇÃO

Grande parte dos enxames de robôs são modelados de acordo com o comportamento observado na natureza. Tais comportamentos podem ser baseados em colônia de formigas, colmeias, alcateias, entre outros. O enxame de robôs pode ser utilizado usando o mesmo conceito de auto-organização presente em uma colônia de formigas visando ultrapassar algum obstáculo ou realizando uma tarefa em comum. Segundo Burd et al. (202), uma colônia de formigas pode ter mais de um milhão de indivíduos, por isso o termo enxame de robôs busca sempre por aplicações com uma abundância quantidade de robôs.

As formigas cortadeiras (*Atta cephalotes*, *Atta sexdens*, *Attalaevigata*, *Acromyrmex subterraneus*, *Acromyrmex hispidus atratus*, *Acromyrmex aspersus*) podem se comportar como uma limpadora de uma trilha de acordo com sua movimentação na trilha, quanto mais próximo de obstáculos, maior a probabilidade de trabalhar em sua transposição pra si e para as demais, este conceito de auto organização é mencionado por Burd et al. (202). Um dos comportamentos mais importantes para a sobrevivência destas espécies de formigas é chamada de forrageamento, que consiste em buscar e explorar recursos do ambiente.

De acordo com Jafelice et al. (2011), este comportamento de forrageamento mantém suas atividades de exploração bem próximo de áreas já exploradas, muitas vezes utilizando trilhas em comum com outras setores de exploração, sendo assim uma busca guiada de recursos. Segundo Teixeira et al. (2014), o que leva as formigas a estas áreas de exploração se dá pela presença ou não de obstáculos e o sinal químico deste terreno (feromônio liberado pelas formigas), estes parâmetros definem fluxo de tráfego em uma trilha.

Este artigo apresenta uma simulação numérica de uma colônia de formigas se deslocando por duas trilhas a fim de se encontrar alimentos para estocar no ninho.

2. ARTIGOS RELACIONADOS

Segundo Burd et. al (2002) as formigas cortadeiras tem uma pequena probabilidade de se comportar como uma limpadora de trilha a medida que ela se movimenta ao longo das margens da trilha. Tal probabilidade aumenta com a aglomeração de formigas e reduz à medida que a concentração abaixa. Este mecanismo natural fornece auto-organização na construção ótima de trilhas.

Um dos comportamentos mais peculiares dos animais é o forrageamento, pois garante a sobrevivência e a reprodução dos organismos vivos. Tal habilidade é definida como a busca e exploração de recursos alimentares, e depende da aptidão de cada animal. Para Jafelice et. al (2012), as formigas de forrageamento tendem a concentrar suas atividade de exploração na vizinhança de plantas já exploradas, que se encontram nas próprias trilhas de forrageamento ou próximas delas. Isto indica que a exploração de recursos não ocorre de forma aleatória por todo o território, mas sim, é uma busca guiada pelos ambientes já explorados.

Para Teixeira et al. (2014) as duas principais características que levam as formigas a terem acesso a uma região de exploração são a obstrução do terreno e o sinal químico neste terreno, isto é, dependendo destes dois parâmetros podemos descobrir se uma trilha é recém-abandonada, se foi abandonada há muito tempo, se está em plena atividade ou está com suas atividades diminuindo.

Para Burd et. al (2002) as colônias de formigas possuem comportamento bastante semelhante ao tráfego de veículos em uma cidade grande, uma vez que os carros transitam por vias sem que haja sobreposição entre eles. Porém a principal diferença encontra-se no fato de que para os veículos as vias são bem definidas enquanto que para as formigas em uma via pode haver formigas transitando em ambos os sentidos. E o comportamento das formigas afeta o fluxo nas trilhas.

Por fim, Teixeira et al. (2014) ilustra, através de uma simulação (baseada no trabalho de Vasconcelos (1990)), a relação entre os fatores de entrada (a obstrução do terreno e o sinal químico) e o fator de saída (acesso à região de exploração). A pesquisa de Vasconcelos (1990) foi realizada na Floresta Amazônica com uma colônia da formiga cortadeira *Atta cephalotes*. O estudo, realizado de julho de 1985 a janeiro de 1986 e de setembro de 1986 a março de 1987, determinou as trilhas mostradas na Fig. 1. A região destacada em azul é a região em que foi realizada a simulação.



Figura 1: Trilhas e regiões de forrageamento apresentado por Vasconcelos (1990).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A simulação do enxame de formigas, presente neste trabalho, teve como parâmetros básicos um tempo de simulação de 1000 intervalos de tempo para um enxame com 100 formigas. A Fig. 2 apresenta o trecho simulado. Observa-se que há uma trilha horizontal até a bifurcação para as trilhas A (superior) e B (inferior). Na figura pode-se observar também pontos de três cores distintas. Os pontos vermelhos representam as formigas no sentido do ninho para as regiões de atração. Os pontos azuis indicam as formigas no sentido das regiões de atração para o ninho quando possuem cargas enquanto que os pontos verdes representam as formigas retornando ao ninho sem carga.

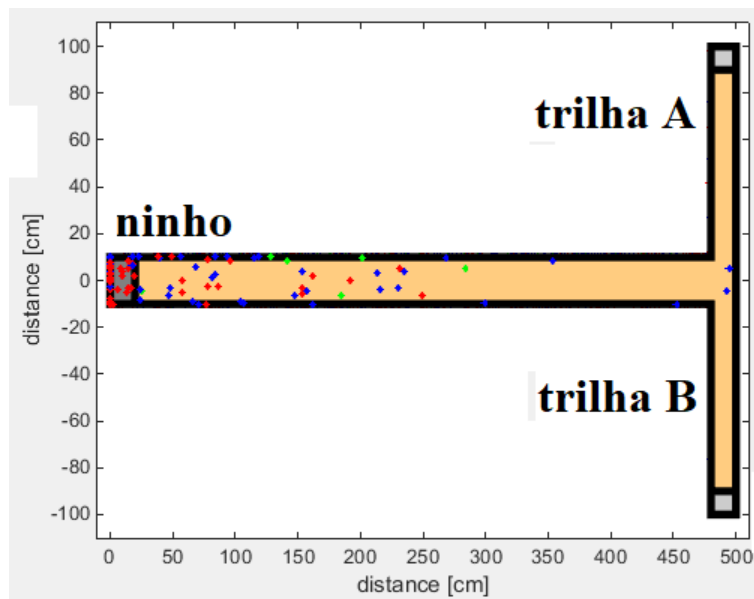


Figura 2: Trilhas para o simulador baseado em Vasconcelos (1990) e Teixeira et al. (2014).

O sinal químico indica o quão forte é a atração para cada uma das trilhas enquanto que a obstrução de terreno indica o quão cada formiga é repelida daquela direção. As equações que indicam estes fenômenos foram baseadas no trabalho de Teixeira et al. (2014).

A Tab. 1 apresenta os intervalos de confiança para as distâncias percorridas pelas formigas nos distintos momentos da simulação. Devido

ao tempo de simulação ter sido alto, as formigas executaram o trajeto ninho - região de atração - ninho diversas vezes totalizando uma média da distância percorrida por cada formiga de 285,42 metros a 288,97 metros com um nível de 95% de significância. Percebe-se que a distância percorrida pelas formigas retornando das regiões de atração sem carga é baixa (de 22,30 metros a 26,79 metros)

Tabela 1: Intervalos de confiança para as distâncias analisadas na simulação

Trecho analisado	Intervalo de confiança para a distância percorrida [m]
Distância total	$285,42 < \mu < 288,97$
Do ninho à região de atração	$152,97 < \mu < 155,17$
Da região de atração ao ninho (carregada)	$106,16 < \mu < 110,99$
Da região de atração ao ninho (sem carga)	$22,30 < \mu < 26,79$

4. CONCLUSÃO

O comportamento de uma colônia de formigas pode ser aplicado à um enxame de robôs pois a forma com que tais insetos se movimentam ao longo de um percurso tem como principais características a coordenação e cooperação entre estes seres. Sendo assim, é possível desenvolver um algoritmo de movimentação para enxame de robôs tendo como inspiração uma colônia de formigas.

De base dos resultados é possível afirmar que a partir de um modelo de uma colônia de formigas é possível propor um enxame de robôs com tais características. Na simulação em questão foi considerada uma probabilidade de 20% da formiga voltar pro ninho descarregada. Com isso os valores apresentados na tabela tornam-se coerentes uma vez que a distribuição dos dados para cada formiga é próxima de uma distribuição normal.

Como trabalhos futuros os autores propõem a realização de experimentos com os robôs móveis do MAPL para comprovação da aplicabilidade do algoritmo proposto.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à CAPES, CNPQ, FAPEMIG e FEMEC pelo apoio.

6. REFERÊNCIAS

- Burd, M., Archer, D., Aranwela, N., and Stradling, D. Traffic dynamics of the leaf-cutting ant, *Atta cephalotes*. *The American Naturalist*, 159(3):283–293, 202. doi: 10.1086/338541.
- Jafelice, R. M., Almeida, C., Meyer, J., and Vasconcelos, H. Fuzzy parameters in a partial differential equation model for population dispersal of leaf-cutting ants. *Nonlinear Analysis: Real World Applications*, 12(6):3397 – 3412, 2011. ISSN 1468-1218. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.nonrwa.2011.06.003>. URL <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1468121811001398>.
- Teixeira, G. T., Jafelice, R. S. M., Almeida, C. G., and Vasconcelos, H. L. Autômato celular no estudo da reocupação de formigas cortadeiras em regiões de forrageamento. *Biomatemática*, 2014.
- Vasconcelos, H. L. Foraging activity of two species of leaf-cutting ants (*atta*) in a primary forest of the central amazon. *Insectes Sociaux*, 37(2):131–145, Jun 1990. ISSN 1420-9098. doi: 10.1007/BF02224026. URL <https://doi.org/10.1007/BF02224026>.

7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído neste trabalho.