

## Uma estratégia bio-inspirada de coordenação de veículos aéreos aplicada à tarefa de vigilância de ambientes tridimensionais

Christian Takashi Nakata (PIBIC), Rodrigo Calvo (Orientador),  
e-mail: ra90558@uem.br

Universidade Estadual de Maringá / Centro de Tecnologia – Departamento de Informática

**Área: Ciências Exatas e da Terra / Subárea: Ciência da Computação.**

**Palavras-chave:** sistemas de múltiplos agentes, computação bio-inspirada, inteligência coletiva, vigilância de ambientes, veículos aéreos

### Resumo:

Uma estratégia bio-inspirada de coordenação de veículos aéreos, modelada de acordo com uma versão modificada do algoritmo de colônia de formigas, guia veículos aéreos para áreas não exploradas ou exploradas com pouca frequência. Diante disso, a proposta a ser apresentada consiste na readaptação do algoritmo, já implementado para robôs terrestres, a fim de adaptar aos robôs aéreos. Portanto, foi adaptado o algoritmo anteriormente implementado pelo trabalho de PIC para verificar a atuação da estratégia em ambientes tridimensionais. Estes algoritmos foram executados no simulador *Morse Simulator* e os resultados foram projetados por ferramentas da linguagem *Python*.

### Introdução

Vigilância é definido como o ato de percorrer regiões de um ambiente em intervalos de tempo regulares para proteger ou monitorá-las (Elmaliach et al., 2009). Desde então, diversos agentes é adotado como vigilantes, um deles os Veículos Aéreos Não-Tripulados (VANTs), juntamente com diversas estratégias de coordenação.

A estratégia de coordenação considerada nesse contexto, denominada Sistema de Vigilância baseado na Modificação do Algoritmo de Colônias de Formigas (*Inverse Ant System-Based Surveillance*, IAS-SS), foi desenvolvida em (Calvo et al., 2012) de acordo com uma modificação do algoritmo de formigas (Dorigo, 1992). A estratégia, inicialmente, foi aplicada para robôs terrestres com a finalidade de explorar e vigiar ambientes desconhecidos com depósito de feromônios, uma substância com propriedade repulsiva.

Até então, a estratégia IAS-SS focava apenas em depositar e analisar o feromônio no chão, logo, a proposta dessa pesquisa é investigar o comportamento do sistema de múltiplos VANTs ao trabalhar com esta

estratégia em ambientes maiores, em específico, com alturas e que o depósito do feromônio seja espalhado de forma tridimensional no ambiente. Para a realização da simulação, a estratégia considerada foi readaptada para os VANTs de maneira que vigie o ambiente de forma tridimensional. Porém, os agentes tiveram dificuldades na vigilância do ambiente, pelo fato da área de vigilância ter ficado mais complexo ao tratar com o feromônio depositado no ambiente tridimensional, em relação a simples análise do feromônio depositado no solo. Nesta proposta, pretende-se analisar a adaptação da estratégia nos VANTs e o comportamento de cada agente no ambiente explorado.

## Materiais e métodos

A estratégia IAS-SS envolve um grupo de robôs capazes de se locomoverem e tomarem decisões baseadas em estímulos recebidos do ambiente. Durante a exploração do ambiente, uma substância que possui característica repulsiva e evaporativa é depositada no trajeto de cada robô, o feromônio. Cada robô processa particularmente os dados obtidos a partir do feromônio verificado ao seu redor e define a sua nova direção de movimento. Pelo fato do feromônio ser repulsivo, a estratégia tende a orientar os robôs para regiões não exploradas ou recentemente não exploradas por outros robôs.

O modelo de sensor adotado no robô terrestre detectava o feromônio de uma determinada distância  $R$ , na extensão de  $90^\circ$  a esquerda até  $90^\circ$  a direita em relação à sua direção de movimento. A área de abrangência é coberta por 360 leituras com uma resolução de  $0,5^\circ$ , conforme a figura 1. Entretanto, para possibilitar que o VANT vigiasse o ambiente de forma virtual, foi adotado três sensores equivalentes à Figura 1, de forma que se posicionavam entre  $45^\circ$  entre eles, conforme a Figura 2. Para determinar a nova direção do robô, consideram-se todos os ângulos, dos três sensores instalados, e atribui-se valores probabilísticos inversamente proporcional à quantidade de feromônio detectado em cada ângulo.

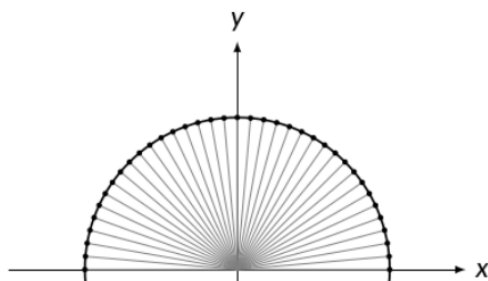


Figura 1: Abrangência do sensor

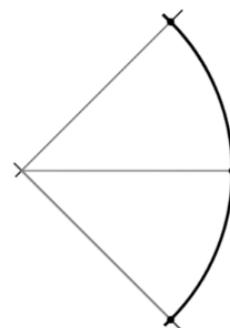


Figura 2:  
Posicionamento dos  
três sensores em um  
VANT

Considere que  $L_t^k$  e  $Q$  são as áreas de abrangência do sensor de um robô  $k$  na iteração  $t$  e o espaço completo do ambiente, respectivamente, tal que  $L_t^k \subset Q \subset \mathbf{R}^2$ . A concentração de feromônio  $\Delta_q^k(t)$  que o  $k$ -ésimo robô deposita na posição  $q$  é dada por:

$$\Delta_q^k(t) = (\tau_{max} - \tau_q(t-1))\Gamma_q^k(t) \quad (1)$$

$$\Gamma_q^k(t) = \begin{cases} \delta e^{-\frac{(q-q_k)^2}{\lambda^2}}, & \text{se } q \in L_t^k \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (2)$$

em que  $q_k$  é a posição do  $k$ -ésimo robô;  $\lambda$  é a taxa de dispersão de feromônio; e  $\delta \in (0,1)$ .

A cada instante, uma quantidade de feromônio  $\tau_q$  na posição  $q$  evapora a uma taxa  $\phi$  devido à característica volátil do feromônio. A evaporação, a equação 3, permite que áreas já visitadas tornem-se atrativas novamente.

$$\varepsilon_q(t) = \phi\tau_q(t) \quad (3)$$

As simulações foram executadas no simulador *Morse Simulator* de maneira que os VANTs vigiassem um ambiente fechado com o objetivo de que os VANTs vigiassem o ambiente inteiro através da estratégia readaptada. Para verificar a eficiência da estratégia, as simulações foram configurados de diferentes maneiras.

## Resultados e Discussão

Para avaliar a estratégia IAS-SS adaptada para ambientes tridimensionais, as simulações foram realizadas no cenário da figura 3, com as dimensões  $160 \cdot 100 \cdot 20m^3$ . A estratégia foi testada com a atuação de seis VANTs neste ambiente com diferentes configurações. As demais figuras mostram o percurso dos VANTs em relação ao cenário adotado, onde a cor amarela indica a concentração de feromônio pela sua tonalidade: quanto mais escuro menos feromônio, quanto mais claro mais feromônio no local. indica a concentração de feromônio pela sua tonalidade: quanto mais escuro menos feromônio, quanto mais claro mais feromônio no local.

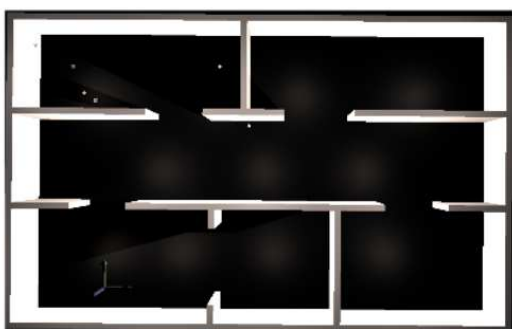


Figura 3: Cenário adotado para realizar simulações

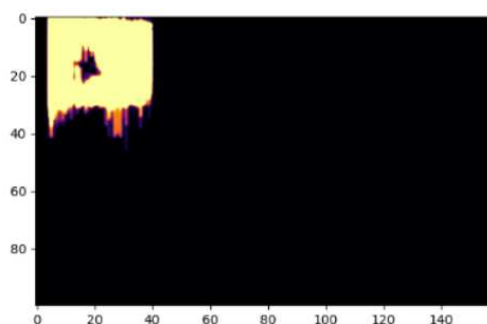


Figura 4: Configuração inicial

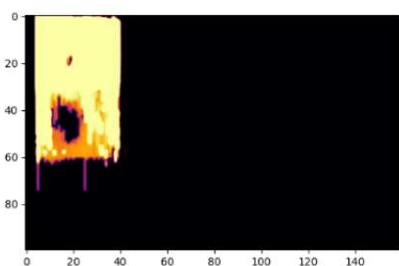


Figura 5: Configuração onde a taxa de evaporação é tardia

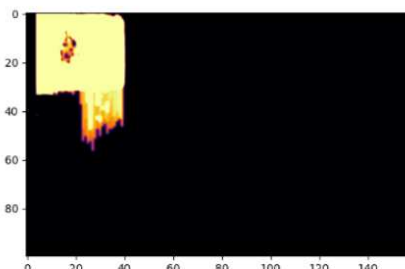


Figura 6: Configuração onde a altura do cenário foi abaixado para 10m

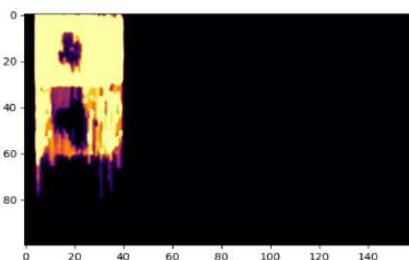


Figura 7: Configuração onde foi adicionado mais três VANTs para vigiar o ambiente

## Conclusões

A estratégia IAS-SS foi adaptada para VANTs, no entanto, a dificuldade de tomada de decisão tornou-se proporcional ao número de sensores adotados para os robôs. Algumas mudanças nas configurações das simulações contribuíam para o melhoramento da estratégia, entretanto, não contribuiu para a vigilância inteira do ambiente. Para trabalhos futuros deve-se implementar um novo algoritmo que aperfeiçoe a tomada de direção, considerando que um robô pode selecionar sucessivamente a mesma posição angular, porém, em diferentes alturas, e isto impedindo percurso em demais áreas do cenário.

## Referências

CALVO, R., OLIVEIRA, J.R., FIGUEIREDO, M., ROMERO R.A.F. A bioinspired coordination strategy for controlling of multiple robots in surveillance tasks. *International Journal on Advances in Software*. v. 5, p. 146-165. IARIA, 2012.

DORIGO, M. **Optimization, Learning and Natural Algorithms**. Tese de Doutorado, Politecnico di Milano, Italy, 1992.

ELMALIACH, Y., AGMON, N., KAMINKA, G. A. . Multi-robot area patrol under frequency constraints, *Annals of Mathematics and Artificial Intelligence*, v. 57, n. 3-4, p. 293-320, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s10472-010-9193-y>