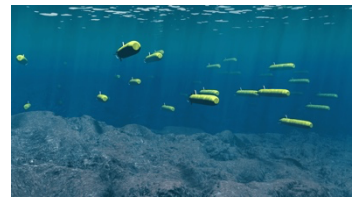


# AwareOfSwarm – Estimação do Estado Macroscópico de Enxames de Robôs em Missões de Monitorização de Ecossistemas Aquáticos e Marinhos

## Tema para Dissertação de Mestrado 2024/25

Enxames de robôs são sistemas multi-robô capazes de exibir comportamentos cooperativos emergentes e auto-organizados a partir de leis de controle local baseadas em interações simples robô-robô e robô-ambiente (Hamann, 2018). A sua principal vantagem advém de serem intrinsecamente distribuídos, permitindo que sejam robustos à falha de robôs individuais, flexíveis na adaptação a uma ampla gama de tarefas coletivas, e possam escalar naturalmente para sistemas com muitos robôs. Uma potencial aplicação prática dos enxames de robôs com elevada relevância na atual Economia Azul (*Blue Economy*) é a amostragem de grandezas ambientais em ecossistemas aquáticos e marinhos (Manjanna et al., 2022). A tarefa ou missão envolve a amostragem de grandes áreas ou volumes de água com enxames de robôs. Exemplos de grandezas biológicas que podem ser amostradas incluem propriedades químicas da água (e.g. temperatura, salinidade), conteúdo de clorofila (relacionada com a biodiversidade), concentração de poluentes, algas e espécies invasoras, etc.

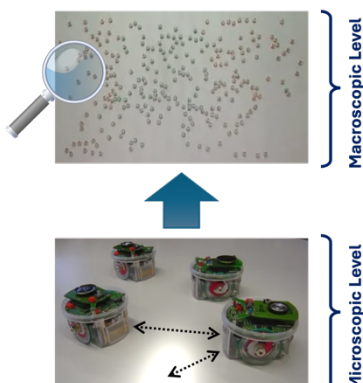


Um desafio científico importante que é necessário endereçar para passar dos atuais protótipos laboratoriais para futuros enxames de robôs aplicados em cenários reais é a interação entre um operador humano e um enxame de robôs (Kolling et al., 2016). Uma das dimensões deste problema que se pretende estudar nesta dissertação de mestrado é a obtenção automática de informações macroscópicas de um enxame de robôs que permita ao operador humano abstrair-se do elevado número de interações que ocorrem localmente nos robôs e compreender macroscopicamente as ações executadas pelo sistema multi-robô, para o conseguir controlar (esta outra dimensão do problema está fora do âmbito da dissertação). Para o efeito, assumir-se-á que o enxame de robôs faz uso de uma rede de comunicação sem fios ad hoc, *i.e.* uma MANET (Boukerche et al., 2011), cuja conectividade deverá assegurar durante a execução da missão.

A monitorização de ecossistemas aquáticos e marinhos será usado como caso de estudo. Serão usados no projeto de dissertação o simulador ARGoS para simular grandes quantidades de robôs (e.g. milhares de robôs) e o simulador Gazebo (Koenig & Howard, 2004) compatível com ROS2 (Macenski et al., 2022), bem como *plugins* já existentes para ambientes aquáticos e marinhos, para realizar simulações com elevado nível de realismo. Os objetivos da dissertação são: i) programação em ROS2 dos comportamentos de enxame básicos para assegurar a tarefa pretendida – *flocking*, *area coverage*, e *aggregation* – com a restrição de se maximizar a conectividade da MANET; ii) desenvolvimento de uma estratégia descentralizada para extração de informação macroscópica e sua transmissão *multi-hop* através da MANET a partir dos dados coligidos localmente pelos robôs; iii) visualização de dados macroscópicos do enxame de robôs numa consola gráfica do operador; iv) realização de experimentos de simulação para teste, validação e demonstração dos algoritmos implementados.

O trabalho de dissertação será desenvolvido no Laboratório de Robótica Móvel do ISR-UC. Há a possibilidade de os últimos 5 meses de desenvolvimento da dissertação serem financiados por uma bolsa de investigação no âmbito de um projeto de investigação.

**Palavras-chave:** robótica de enxame; monitorização ambiental; estimação descentralizada; MANET; Gazebo; ROS2; ARGoS.



### Referências

- Boukerche, A.F., Turgut, B., Aydin, N., Ahmad, M.Z., Bölöni, L., & Turgut, D. (2011). Routing protocols in ad hoc networks: A survey. *Computer Networks*, 55, 3032-3080. DOI: 10.1016/j.comnet.2011.05.010
- Hamann, H. (2018). *Swarm robotics: a formal approach*. Cham: Springer. DOI: 10.1007/978-3-319-74528-2
- Koenig, N., & Howard, A. (2004). Design and use paradigms for Gazebo, an open-source multi-robot simulator. 2004 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (pp. 2149–2154), Sendai, Japan. DOI: 10.1109/IROS.2004.1389727
- Kolling, A., Walker, P., Chakraborty, N., Sycara, K., & Lewis, M. (2016). Human interaction with robot swarms: A survey. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, 46(1), 9–26. DOI: 10.1109/thms.2015.2480801
- Macenski, S., Foote, T., Gerkey, B., Lalancette, C., & Woodall, W. (2022). Robot Operating System 2: design, architecture, and uses in the wild. *Science Robotics*, 7(66). DOI: 10.1126/scirobotics.abm6074
- Manjanna, S., Hsieh, M.A., & Dudek, G. (2022). Scalable multirobot planning for informed spatial sampling. *Autonomous Robots*, 46, 817–829. DOI: 10.1007/s10514-022-10048-7
- Pinciroli, C., Trianni, V., O'Grady, R., Pini, G., Brutschy, A., Brambilla, M., Mathews, N., Ferrante, E., Di Caro, G., Ducatelle, F., Birattari, M., Gambardella, L., & Dorigo, M. (2012). ARGoS: A modular, parallel, multi-engine simulator for multi-robot systems. *Swarm Intelligence*, 6(4), 271 – 295. DOI: 10.1007/s11721-012-0072-5

**Orientador:** Prof. Rui P. Rocha, [rprocha@deec.uc.pt](mailto:rprocha@deec.uc.pt)