

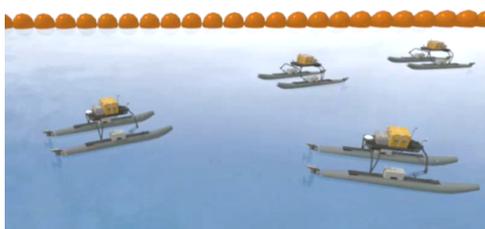
AquaSwarm: Enxame de Robôs Cooperativos para Monitorização Ambiental e Implantação de uma MANET em Ecossistemas Aquáticos e Marinhos

Tema para Dissertação de Mestrado 2025/26

Os enxames de robôs são sistemas multi-robô capazes de exibir comportamentos cooperativos emergentes e auto-organizados a partir de leis de controlo local baseadas em interações simples robô-robô e robô-ambiente (Brambilla et al., 2013; 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 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 missão envolve a amostragem de grandes áreas aquáticas 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. Para além desta tarefa coletiva principal, é também importante que o enxame de robôs satisfaça restrições de mobilidade que asseguram a conectividade da rede de comunicação sem fios ad hoc, *i.e.* uma MANET (Boukerche et al., 2011), através da qual comunicam com uma estação base onde é mantida uma representação macroscópica. O projeto Robótica de Enxame para Melhoria e Observação de Recursos Aquáticos (REMORA), recentemente financiado pelo Programa 2030 (PRR), envolvendo a Universidade de Coimbra, o CIIMAR e duas empresas, visa precisamente desenvolver tecnologias inovadoras, baseadas em enxames robóticos, para melhorar a sustentabilidade e a eficiência da indústria da aquicultura e de atividades no âmbito da gestão de marinas.

O objetivo da dissertação é a conceção e validação de leis de controlo locais para emergir comportamentos de enxame relevantes no contexto do projeto REMORA – *area coverage, flocking e aggregation* – e assegurar a conectividade da MANET criada pelo enxame. Para implementar os algoritmos, será usado no projeto de dissertação o ROS 2 (Macenski et al., 2022). O trabalho experimental será realizado sobretudo com recurso a simuladores robóticos compatíveis com ROS 2: o simulador Stage que permite simular grandes quantidades (e.g. várias centenas) de robôs; e o simulador Gazebo (Koenig & Howard, 2004) juntamente com *plugins* já existentes para ambientes aquáticos, para realizar simulações com elevado nível de realismo. Está também prevista a realização de pequenas experiências com robôs físicos, em colaboração com a equipa de investigação do projeto REMORA. O trabalho de dissertação será desenvolvido no Laboratório de Robótica Móvel do ISR-UC. Há uma forte possibilidade de os últimos 4 meses de desenvolvimento da dissertação serem financiados por uma bolsa de investigação do projeto REMORA.



Palavras-chave: robótica de enxame; cooperação emergente; MANET; monitorização ambiental; ROS 2.

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](https://doi.org/10.1016/j.comnet.2011.05.010)
- Brambilla, M., Ferrante, E., Birattari, M., & Dorigo, M. (2013). Swarm robotics: A review from the swarm engineering perspective. *Swarm Intelligence*, 7, 1 - 41. doi: [10.1007/s11721-012-0075-2](https://doi.org/10.1007/s11721-012-0075-2)
- Hamann, H. (2018). *Swarm robotics: A formal approach*. Cham: Springer. doi: [10.1007/978-3-319-74528-2](https://doi.org/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](https://doi.org/10.1109/IROS.2004.1389727)
- 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](https://doi.org/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](https://doi.org/10.1007/s10514-022-10048-7)

Orientador: Prof. Rui P. Rocha, rprocha@deec.uc.pt