

## **FERRAMENTAS PARA CONTROLE SUPERVISÓRIO E APLICAÇÕES NA ROBÓTICA MÓVEL: COMPORTAMENTOS EMERGENTES EM SISTEMAS MULTIRROBÓTICOS ATRAVÉS DE TÉCNICAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL<sup>1</sup>**

Adilson Krischanski<sup>2</sup>, Yuri Kaszubowski Lopes<sup>3</sup>, Breno Niehues dos Santos<sup>4</sup>, Nicole Carolina Mendes<sup>5</sup>, Carlos Eduardo Cuzik<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Vinculado ao projeto “Ferramentas para controle supervisorio e aplicações na robótica móvel”

<sup>2</sup>Acadêmico (a) do Curso de Bacharelado em Ciência da Computação – UDESC CCT– Bolsista PROBIC

<sup>3</sup>Orientador, Departamento de Ciência da Computação– UDESC CCT – [yuri.lopes@udesc.br](mailto:yuri.lopes@udesc.br)

<sup>4</sup>Acadêmico (a) do Curso de Engenharia Elétrica – CCT – Bolsista PROBIC

<sup>5</sup>Acadêmico (a) do Curso de Ciência da Computação – CCT – Voluntária IC

<sup>6</sup>Acadêmico (a) do Curso de Bacharelado em Ciência da Computação – UDESC CCT– Bolsista PROBIC

A Inteligência Artificial (IA) é definida como a capacidade de um sistema computacional apresentar comportamento similar ao de um humano, porém tal comportamento é projetado para realizar uma ou mais tarefas específicas, contrastando com o generalismo da capacidade humana. A IA possui várias ramificações, como processamento de linguagem natural, representação do conhecimento, manipulação e movimentação em robótica, percepção e em especial aprendizado de máquina. Nesse artigo relatamos o uso de aprendizado de máquina para a obtenção de comportamentos inteligentes de exames de robôs (ou *swarm robots* em inglês).

Um enxame de robôs consiste em um grupo de robôs autônomos (iguais ou semelhantes) que a partir de comportamentos simples emerge um comportamento colaborativo do grupo capaz de executar uma tarefa desejada. Neste trabalho aplicamos aprendizado de máquina para a obtenção de comportamentos generalizados das tarefas de agrupamento de robôs e clusterização de objetos. O aprendizado e testes foram executados em simulador utilizando o simulador Enki e o robô e-puck. No agrupamento de robôs os robôs tem como objetivo se dividirem em grupos de acordo com sua cor. Na clusterização de objetos cada grupo de robô agrupar objetos espalhados pela arena de acordo com a cor do objeto.

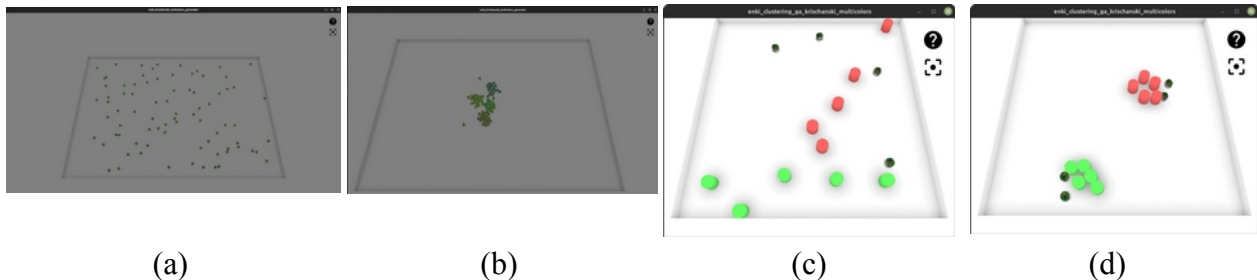
A IA utiliza um conjunto de ferramentas para alcançar seus objetivos. Neste trabalho foi aplicado Algoritmos Genéticos, que são estratégias evolutivas de encontrar soluções candidatas para um problema definido por uma função objetivo. Neste trabalho as soluções candidatas são parâmetro de um controlador na qual sua estrutura de controle relaciona a cor do objeto a frente (sensor de linha de visão, e.g. câmera) com as velocidades das duas rodas do e-puck.

Para o agrupamento dos robôs [2] a estrutura do controlador possui duas condições, caso a câmera identifique um robô de mesma cor o robô assume um par de velocidades  $(l1,r1)$ , caso a câmera do robô não identificar um robô pertencente ao mesmo grupo ele assumira um par de velocidades  $(l2,r2)$ ; este dois pares de velocidades são os quatro parâmetros a serem aprendidos. A função de avaliação é dada pelo diâmetro de uma circunferência capaz de enquadrar todos os robôs de cada grupo (robôs da mesma cor), ou seja, quanto menor for o diâmetro que caiba todos os robôs do mesmo grupo melhor. O melhor conjunto de velocidades encontradas foram para a condição de identificando robô do mesmo grupo  $(-9, -12.8)$ , caso contrário  $(9, -9)$ .

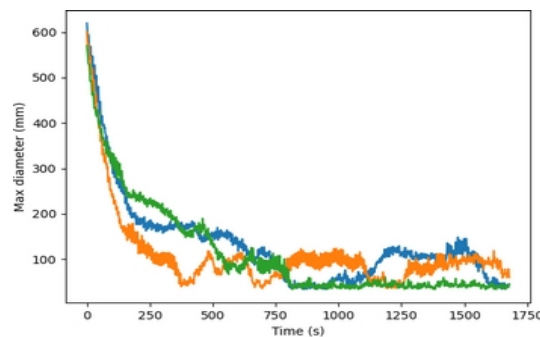
Para a clusterização de objetos [3] desenvolvemos dois controladores. O primeiro consiste em 3 condições: caso a câmera do robô identifique um robô do mesmo grupo (cor); caso um robô identifique um objeto do seu grupo de solução (cor do objeto que o grupo de robô precisará solucionar); e nenhuma das anteriores (caso nenhuma das condições pré-definidas anteriormente), o robô entra nessa condição caso veja um robô de outro grupo ou um objeto de outro grupo ou arena, para uma das condições o robô assume um par de velocidades  $(left, right)$ . O segundo

controlador possui 5 condições: caso o robô identifique um robô da mesma cor; caso o robô identifique um objeto da cor que seu grupo deve solucionar; caso o robô identifique um outro robô de cor diferente da sua cor; caso o robô veja um objeto de cor diferente do seu objeto de solução; caso o robô veja a arena (pré-definida como branco), para cada uma dessas condições o robô assume um par de velocidades (left, right). Para a avaliação do agrupamento até o momento foram desenvolvidas 3 funções: i. o diâmetro de uma circunferência capaz de enquadrar todos os objetos de cada grupo, ii. a soma de todas as distâncias dentre todos os robôs do mesmo grupo e iii. soma dos maiores diâmetros capazes de englobar todos os objetos de cada grupo. Para que fosse possível visualizar o comportamento dos robôs utilizamos o simulador de robôs Enki [1], ver Fig. 1, resultados do desempenho do agrupamento de robôs é mostrado na Fig. 2.

Futuramente se integrará o simulador Enki [1] ao Nadzoru 2 para o uso de controladores realizados pela teoria de controle supervisão [4]. Até o momento desenvolveu-se parte do software Nadzoru2, um software de modelagem e manipulação de autômatos voltado para controle supervisão. Foi desenvolvido as funções de salvar um automato em arquivo .xml, implementado interface multi janelas na ferramenta e uma caixa de propriedades dinâmica, para coletar as informações da operação a ser realizada sobre os autômatos.



**Figura 1.** Agrupamento de robôs, 4 grupos, 20 robôs por grupo: (a) início da simulação, (b) fim da simulação. Agrupamento de objetos 2 grupos, 2 robôs por grupo, 5 objetos por grupo: (c) início da simulação, (d) fim da simulação.



**Figura 2.** Gráfico de distancia x tempo para 3 grupos de 20 robôs se agruparam.

**Palavras-chave:** Enxame de robos, agrupamento de robos, algoritmo genético, aprendizagem de máquina, inteligência artificial.

### Referências:

- [1] S Magnenat, M Waibel, A Beyeler. Enki: an open source fast 2D robot simulator. 2005.
- [2] M Gauci, J Chen, W Li, TJ Dodd, R Gross. Clustering Objects with Robots That Do Not Compute. Proceedings of the Inter. Conf. on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS). 421-428, 2014.
- [3] M Gauci, J Chen, TJ Dodd, R Groß. Evolving Aggregation Behaviors in Multi-Robot Systems with Binary Sensors. Proceedings of the Inter. Symp. Distributed Autonomous Robotic Systems (DARS), 2014.
- [4] YK Lopes, SM Trenkwalder, AB Leal, TJ Dodd, R Groß. Supervisory control theory applied to swarm robotics. Swarm Intelligence 10 (1), 65-97, 2016.