

**Hugo Emanuel  
Fonseca Tavares**

**Pequenos robôs para auto-aprendizagem**



**Hugo Emanuel  
Fonseca Tavares**

## **Pequenos robôs para auto-aprendizagem**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação científica do Doutor Vítor Manuel Ferreira dos Santos, Professor Associado do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro.



## Palavras-chave

Robôs autónomos, *reinforcement learning*, projectar, modularidade.

## Resumo

O objectivo deste trabalho é projectar e desenvolver dois pequenos robôs autónomos preparados para aprendizagem em *reinforcement learning*. Uma vez que existem vários tipos de sensores e outros dispositivos, que podem ser integrados em robôs para que estes possam aprender, pretendeu-se projectar um sistema modular que possibilite a adição de mais dispositivos, caso seja necessário.

Dos diversos tipos de *machine learning* existentes o *reinforcement learning* é, sem dúvida, um dos mais interessantes. Senão vejamos, o *reinforcement learning* é um tipo de aprendizagem não supervisionada, isto implica que seja o robô a julgar o resultado das suas acções, julgamento esse que resulta em "recompensas", positivas ou negativas, consoante o as acções serem, boas ou más respectivamente.

Para que o robô possa fazer esse julgamento deve estar dotado de dispositivos que lhe permitam dar informações sobre o meio que o rodeia. A maioria dos pequenos robôs existentes possui apenas sensores de distância, sensores de movimento, alguns, câmara de video, etc... No entanto são poucos os que possuem sensores de contacto. E que melhor "recompensa" negativa que um contacto físico? Qualquer pessoa que, resultante de qualquer acção, tenha um contacto físico com o meio, sabe que não deve tomar aquela acção novamente naquelas circunstâncias. Pois, sentiu através da dor, oriunda do contacto físico, que foi uma má acção.

Para que os robôs aprendam eficazmente é necessário que tenham más acções, pois sem saberem o que é mau, como saberão o que é bom? Nesse sentido, procurou-se projectar robôs robustos. Mas, ao mesmo tempo, flexíveis o suficiente para não danificarem o meio que os rodeia.



**Keywords**

Autonomous robots , reinforcement learning, design, modularity.

**Abstract**

The main goal of this project is to design and develop two small autonomous robots able to learn from reinforcement learning. Since there are many types of sensors and other devices, that might be integrated into robots so these can learn, was intended to design a modular system that able's the addition of more devices, if necessary.

Among the many existentes types od machine learning the reinforcement learning is, without any doubt, one of the most interesting. Consider this, the reinforcement learning is a unsupervised learning, that means that will be the robot who judge his actions, witch consistes in rewards, positive or negative, as the actions are, good or bad respectively.

For the robot can make that judgement it must be gifted of devices witch allow it to give information about the environment. The most small robots existent only possess only distance and movement sensors, some video cameras, etc... On the other hand, few are who have contact sensors. And witch better negative reward that a physical contact? Any person that, as a result of an action, have a physical contact with the environment knows that he must not take that action again under those circumstances. Because he felt through the pain, from the physical contact, that he made a bad action.

For the robots can learn efficiently it's necessary they take bad actions, because without knowing what's bad how will they know what's good? In that line of thought, we tried to design strong robots. But, as well, flexible enough to don't damage the environment.







# Capítulo 1

## Introdução

*“ O único homem isento de erros, é aquele que não arrisca acertar.”*

---

Albert Einstein

### 1.1 Objectivos

O principal objectivo deste trabalho é projectar, desenvolver e construir dois pequenos robôs capacitados para aprendizagem em *reinforcement learning*.

Pretende-se conceber robôs que se possam deslocar livremente num meio restrito e que possam interagir com esse meio. Interacção essa que será importante para a aprendizagem dos robôs, por esse motivo procurou-se projectar uma plataforma por forma a que os robôs possam retirar dados suficientes, dessa interacção, para aprender.

Uma vez que os robôs aprendem com os erros, a robustez dos mesmos é importante para que estes não se danifiquem. Por outro lado também convém que não danifiquem o meio onde se encontram, pelo que devem, também, possuir alguma flexibilidade.

O *hardware* electrónico deve, para além de integrar os diversos dispositivos sensoriais e de actuação, possibilitar a utilização de software de aprendizagem. A modularidade do hardware é também um factor importante, pois possibilita a expansão de outros dispositivos que possam ser uma mais valia para aprendizagem dos robôs, ou até para que estes possam ter outro tipo de utilidade no futuro.

### 1.2 Enquadramento

A inteligência artificial (IA) é, cada vez mais, uma área de interesse no ramo da robótica. A IA é uma área de pesquisa da ciência da computação que se dedica ao desenvolvimento de métodos ou dispositivos computacionais que tenham ou simulem capacidades Humanas, nomeadamente raciocinar, tomar opções e, até quem sabe, ter sentimentos. Existem vários sub-ramos da IA nos quais se destacam:

- Algoritmos genéticos;
- *Machine learning*;

- Busca combinatória;
- *Swarm intelligence*;
- Planeamento autónomo;
- Processamento de linguagem;
- Programação genética;
- Raciocínio baseado em casos;
- Redes neuronais;
- Representação de conhecimento;
- Robótica;
- Visão computacional.

É possível verificar que muitos destes sub-ramos se podem complementar. Por exemplo, existem algoritmos de *Machine learning* que recorrem a redes neuronais. No caso deste trabalho, uma vez que se trata de robôs para aprendizagem, naturalmente que serão abordadas as áreas de *Machine learning* e, claro, robótica. Uma vez que se trata de robôs autónomos, poderia ser abordada, também, a área de planeamento autónomo, no entanto não é esse o objectivo deste trabalho, ainda assim pode ser uma área a ser abordada em trabalhos futuros.

De facto, o *Machine learning* é uma área muito investigada nas últimas décadas, o facto de a máquina aprender as tarefas que tem de realizar em determinadas situações é, no mínimo muito interessante. Mas porquê ensinar a máquina a realizar tarefas quando podemos apenas programa-la para realizar essas tarefas? Por exemplo, se tivermos um robô com muitos sensores que tenha de realizar múltiplas tarefas em vários tipos de ambientes, então temos um problema muito complexo que iria requerer uma abordagem para cada tipo de tarefa, para cada tipo de ambiente e para cada estado dos diversos sensores. Desenvolver um programa para o robô realizar essas tarefas seria uma enorme dor de cabeça! É aqui que se evidenciam as vantagens do *Machine learning*. Em vez de, desenvolver um programa para o robô realizar determinadas tarefas, para vários tipos de situações, apenas seria necessário desenvolver um programa de aprendizagem que permitisse ao robô aprender que tipo de tarefas teria de realizar em determinados ambientes, poupando assim tempo e trabalho em contemplar todos os estados dos sensores.

Na área de *Machine learning*, existe um tipo de aprendizagem denominado *reinforcement learning*, no qual a máquina aprende através de uma aprendizagem não supervisionada. Isto é, em vez de ser uma pessoa a ensinar a máquina com exemplos, ou a julgar as acções que a máquina tomou, para aprender, é a própria máquina que vai julgar o resultado das acções que realiza.

Mas, será o facto de ser a máquina a julgar, ela própria, o resultado das suas acções assim tão interessante? Vejamos o caso de um ser Humano. Quando somos mais novos somos ensinados pelos nossos pais e/ou outras pessoas, nada mais nada menos do que aprendizagem supervisionada, no entanto nem todos os seres Humanos são iguais, uns, por exemplo, são mais altos que outros. Imaginemos, agora, que temos uma criança muito mais alta que qualquer outra pessoa. Será a experiência das outras pessoas significativamente suficiente para todas as acções que essa criança possa realizar, ou será mais significativa a experiência que essa criança possa retirar das suas acções?

De facto todos somos diferentes e temos maneiras diferentes de agir perante certo tipo de situações, isto devido, em parte, por aquilo que nos ensinaram, é certo, mas maioritariamente por aquilo que aprendemos. É a nossa capacidade para aprender que nos torna únicos. Mas também nos permite adaptar a outras situações fora do normal.

Se extrapolarmos isto para os robôs, torna-se claro as diversas aplicações que a aprendizagem pode ter: Um carro autónomo que aprende a conduzir nas estradas, um robô que aprende a socializar com as pessoas, uma casa que aprende os hábitos das pessoas que nela vivem e adapta-se a esses hábitos, comandando as luzes a temperatura etc..., entre outras aplicações.

Existem alguns, mas poucos, robôs autónomos pequenos para aprendizagem, e os que existem são demasiado dispendiosos. Na verdade qualquer robô que possua sensores e um sistema de locomoção e um sistema de processamento, pode integrar algoritmos de aprendizagem. No entanto, os sensores podem não ser suficientes, ou indicados, para estudar diversos tipos de aprendizagem.

## 1.3 Estado da Arte

### 1.3.1 Robôs móveis autónomos

Diz a definição que, um robô é autónomo quando é auto-suficiente, isto é, possui um controlador próprio, não dependendo de um computador central para ser comandado. Um robô autónomo, executa as suas tarefas por ele próprio.

Inicialmente a autonomia de um robô pode parecer uma grande vantagem, se um robô funciona por ele próprio num sistema, se outras partes do sistema falharem, o robô continua a funcionar. No entanto, num sistema com muitos robôs idênticos a autonomia pode não ser eficaz. Neste caso é melhor, no aspecto económico, colocar um programa central a controlar todos os robôs, é assim que normalmente funcionam os robôs insecto.

Os robôs mais simples, como por exemplo os de uma linha de montagem, não são, normalmente, autónomos. Quanto mais complexas e diferentes forem as tarefas que um robô tiver de executar, maior poderá ser a autonomia deste. Os robôs autónomos mais avançados possuem IA.

Um robô móvel implica que este possua um sistema de locomoção, normalmente recorrendo a motores eléctricos ou outro tipo de actuadores. Ao contrário da maior parte dos manipuladores industriais, que estão fixos num determinado local, os robôs móveis têm a capacidade de se poderem movimentar pelo meio, em que se encontra, podendo executar as suas tarefas em vários locais.

Figura 1.1: Robô aspirador por vácuo 563 da iRobot

Figura 1.2: Robô Khepera III da K-team

### 1.3.2 *Reinforcement learning*