



**Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP**  
**Faculdade de Tecnologia - FT**



## **APRENDIZAGEM DE MÁQUINA**

Bruno Custódio Conduta

Diego Henrique Magrin

Limeira-SP

2010



Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP  
Faculdade de Tecnologia - FT



## Aprendizagem de máquina

Autores: Bruno Custódio Conduta

Diego Henrique Magrin

Professor: Prof. Dr. Marcos Augusto Francisco  
Borges

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado da  
Faculdade de Tecnologia da Universidade Estadual de  
Campinas, como parte do requisito para a conclusão da  
disciplina de Inteligência Artificial.

Limeira-SP

2010

A Deus que tanto nos ilumina.

## **AGRADECIMENTO**

Ao nosso professor, Prof. Dr. Marcos Augusto Francisco Borges, que demonstrou paciência e disposição durante o processo de elaboração deste trabalho, estando sempre disponível quando necessário.

Aos nossos queridos amigos de classes e trabalho, que muito fizeram para nos incentivar.

As nossas famílias, eternas e sólidas bases.

## **RESUMO**

Neste trabalho é feito um estudo sobre os conceitos básicos de aprendizado de máquina em inteligência artificial. A pesquisa é iniciada com uma breve fundamentação e é concluída nos três fundamentos do aprendizado: supervisionado, não-supervisionado e por reforço.

## **ABSTRACT**

This paper presents a study on the basics of machine learning in artificial intelligence. The research begins with a brief reason and is completed with the three foundations of learning: supervised, unsupervised and reinforcement.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Componentes de um Sistema de IA.....	2
Figura 2 – Modelo de um agente de aprendizagem.....	3
Figura 3 – Pêndulo Invertido.....	7

## **LISTA DE SIGLAS**

AM – Aprendizado de Máquina.

IA – Inteligência Artificial.



# SUMÁRIO

APRENDIZAGEM DE MÁQUINA.....	1
AGRADECIMENTO.....	III
RESUMO.....	IV
ABSTRACT.....	V
LISTA DE FIGURAS.....	VI
LISTA DE SIGLAS.....	VII
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	2
2.1 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E APRENDIZADO.....	2
2.2 AGENTES INTELIGENTES.....	2
3. APRENDIZADO DE MÁQUINA.....	4
3.1 APRENDIZADO DE MÁQUINA INDUTIVO.....	4
3.1.1 <i>Aprendizado supervisionado</i> .....	5
3.1.2 <i>Aprendizado não-supervisionado</i> .....	5
3.2.3 <i>Aprendizado por reforço</i> .....	6
4. CONCLUSÃO.....	7
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	8



# 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a Inteligência Artificial (IA) ganhou um papel de protagonista no cenário mundial de estudos relacionados à computação. Mesmo com esta nova notoriedade vinda à tona somente recentemente, o estudo de IA não é algo tão novo assim.

As pesquisas foram iniciadas logo após o fim da Segunda Guerra Mundial e o seu nome foi definido no final da década de 50. Russell e Norving (2004).

É sabido que existe uma ampla área de atuação em IA, informação que contrasta com a falta de interesse dos profissionais de ingressarem em estudos relacionados neste setor.

Russell e Norving (2004) afirmam devido à falta de pesquisas em IA, existe espaço ainda para o nascimento de muitos Einsteins, Galileus e Newtons. Fazem menção a não existência de grandes pensadores revolucionários nesta área de estudos.

Atualmente, a IA cobre uma vasta área de estudos com muitas subáreas. Neste trabalho o foco principal são as formas de Aprendizado de Máquina (AM).

AM é uma peça fundamental para a evolução da robótica e automações de modo geral. Nesta pesquisa, foi realizado um levantamento das mais importantes e evidentes técnicas e/ou algoritmos de AM para IA.

O trabalho está estruturado da seguinte forma: no capítulo 2, temos uma breve fundamentação teórica, já o capítulo 3 é à base da pesquisa sobre AM, dividido em supervisionado, não-supervisionado e por reforço. O capítulo 4 é responsável pela conclusão.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Inteligência Artificial e aprendizado

Segundo Bittencourt (1997), um dos objetivos da IA é o desenvolvimento de sistemas computacionais que representem o modelo de funcionamento e que manifestem o comportamento intelectual do ser humano na realização de uma determinada atividade.

A figura 1 exemplifica os componentes de um sistema de IA.

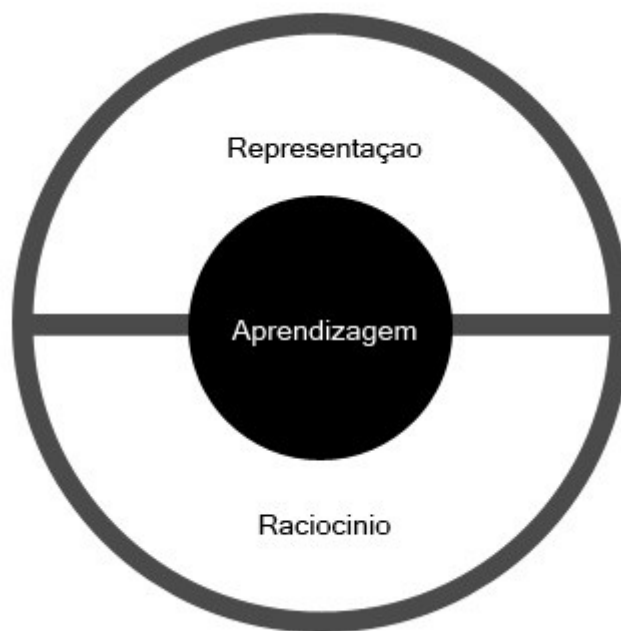


Figura 1 - Componentes de um Sistema de IA - Adaptado de Haykin (2001)

### 2.2 Agentes inteligentes

Russel (1995), define agente como uma entidade que pode perceber um ambiente e baseado nesta percepção, interagir com ele. O exemplo mais comum é o agente robótico que percebe o ambiente através de algum dispositivo de entrada e

com base no que foi analisado é capaz de exercer alguma ação sobre o mundo a seu redor.

Já um Agente de Aprendizagem segundo Russel & Norvig (1995), pode ser dividido conceitualmente em quatro componentes, como mostra a figura 3.

### 1. Elemento de Aprendizagem:

Responsável pela melhoria das ações através do aprendizado proveniente do elemento de desempenho. O papel principal do elemento de aprendizagem é a aquisição de conhecimento, que em conjunto com a avaliação (feedback), que informa como o agente está atuando, pode determinar as mudanças a serem realizadas no elemento de desempenho, para sua atuação mais aprimorada.

### 2. Elemento de Desempenho:

Considerado como o “coração” do agente pois é ele que recebe os sinais dos sensores e determina as ações a serem executadas.

### 3. Componente Crítico:

Responsável é o responsável em informar o elemento de aprendizagem quando o agente efetua uma ação com sucesso ou não.

### 4. Gerador de Problemas:

Responsável pela geração de novas soluções de problemas baseados no aprendizado realizado.

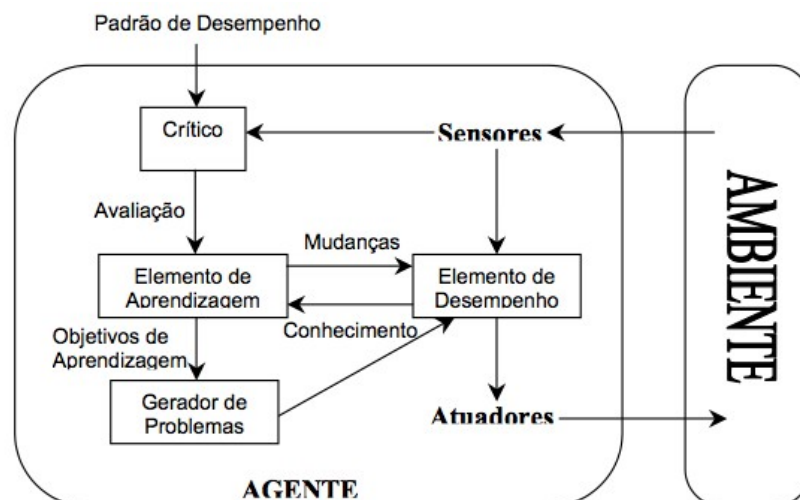


Figura 2 - Modelo de um agente de aprendizagem

### **3. APRENDIZADO DE MÁQUINA**

Simon (1983) define aprendizado como qualquer mudança num sistema que melhore o seu desempenho na segunda vez que ele repetir a mesma tarefa, ou outra tarefa da mesma população.

AM é uma parte da IA responsável pelo desenvolvimento de teorias computacionais focadas na criação do conhecimento artificial. Softwares desenvolvidos com esta tecnologia possuem a característica de tomarem decisões com base no conhecimento prévio acumulado através da interação com o ambiente.

Aprendizado de Máquina (do inglês, Machine Learning) é a área de Inteligência Artificial cujo objetivo é o desenvolvimento de técnicas computacionais sobre processo de aprendizado, conclui Bishop (2007).

#### **3.1 Aprendizado de Máquina indutivo**

A principal tarefa da inferência indutiva ou indução é descobrir como retornar uma solução para uma hipótese que se aproxime ao máximo do valor de entrada do problema proposto. Segundo Russel e Norving, sobre a aprendizagem indutiva: como podemos escolher entre várias hipóteses consistentes?”

Pesquisadores estudam os problemas relacionados à aprendizagem indutiva há muitos anos, mas uma recomendação básica para a solução destes problemas seria a lâmina de Ockham, que nos orienta a escolher sempre a opção mais simples, pois mesmo não tendo muitas informações sobre algum assunto, você intuitivamente escolheria algo que parecer ser mais fácil do que a segunda ou terceira opção. Claro que escolher ou analisar se algo é fácil ou difícil não é uma simples tarefa, mas podemos concluir por intuição que, dirigir um carro é mais simples do que pilotar um avião.

No estudo de IA, existe uma grande variedade de tipos de aprendizado. Os estudos sobre aprendizado de máquina dividem-se em três grupos básicos: aprendizagem supervisionada, não-supervisionada e por reforço, as quais serão abordadas com mais detalhes a seguir:

### **3.1.1 Aprendizado supervisionado**

No aprendizado supervisionado, o objetivo é induzir conceitos a partir de exemplos que estão pré-classificados, ou seja, exemplos que estão rotulados com uma classe conhecida. Se as classes possuírem valores discretos, o problema é categorizado como classificação. Caso as classes possuam valores contínuos, o problema é categorizado como regressão.

Segundo Bigus (1996), O aprendizado supervisionado é utilizado quando, em um banco de dados, se tem tanto as perguntas como as respostas. Usado para a realização de treinamento de redes neurais na obtenção de classificação, funções de aproximação ou modelagem e previsões baseadas no tempo.

### **3.1.2 Aprendizado não-supervisionado**

Neste tipo de aprendizado, existe a incerteza sobre a saída esperada, desta forma, é necessário utilizar os métodos probabilísticos para simular uma experiência não vivida.

Para realizar tais procedimentos, é amplamente difundida a utilização da aprendizagem bayesiana ou redes bayesianas.

Definimos:

Dados como evidências;

Hipóteses em teorias probabilísticas.

### **Aprendizagem Bayesiana**

Calcula a probabilidade de cada hipótese, considerando-se os dados, e faz previsões de acordo com ela. Sendo que as hipóteses são feitas com o uso de todas as hipóteses.

A aprendizagem é reduzida à inferência probabilística.

Seja **D** a representação de todos os dados, com valor observado **d**; então a probabilidade de cada hipótese é obtida pela regra de Bayes, definem Russell e Norving (2004).

$$P(h_i|\mathbf{d}) = cP(\mathbf{d}|h_i)P(h_i)$$

### 3.2.3 Aprendizado por reforço

É Baseada em dados de um ambiente completamente observável. Sua meta é aprender o quanto a política é boa, ou seja, descobrir a sua utilidade.

Para que seja possível realizar tais tarefas, o agente realiza uma série de testes no seu ambiente. Em cada etapa, ele aprende o próximo passo, somente o estado inicial e final são conhecidos, o que caracteriza o sistema de recompensa, pois somente quando a informação passada para o estado for diferente da anterior, ele concluirá seu aprendizado.Ex:

$$\begin{aligned}(1,1)^1 &> (1,2)^1 > (1,3)^1 > (1,3)^2 \\ (1,1)^2 &> (2,1)^2 > (3,1)^1\end{aligned}$$

Em cada transição de estado existe uma representação numérica elevada simbolizando a condição de recompensa.

### Aprendizagem de reforço aplicada à jogos

Um jogo de damas escrito no final da década de 50 foi à primeira aplicação de aprendizagem por reforço e também de aprendizagem de uma forma geral a obter sucesso significativo.



Para desenvolver o game, Artur Samuel aplicou uma função linear ponderada, entretanto, a maior diferença para os paradigmas atuais é que o programa não utilizava nenhuma condição de recompensa, ou seja, o jogo foi projetado para perder. Samuel considerava a vantagem um fator positivo mais importante.

### **Aprendizagem de reforço aplicada à robótica**

Um exemplo clássico de aprendizado por reforço aplicado à robôs é ilustrado através do famoso problema de balanceamento de poste no carrinho, também conhecido como pêndulo invertido, como mostra a figura 2. Segundo Russell e Norving (2004) o problema consiste em controlar a posição  $x$  do carro, de forma que o poste fique em posição aproximadamente vertical ( $\theta \approx 0$ ), enquanto permanece dentro dos limites da trilha do carrinho

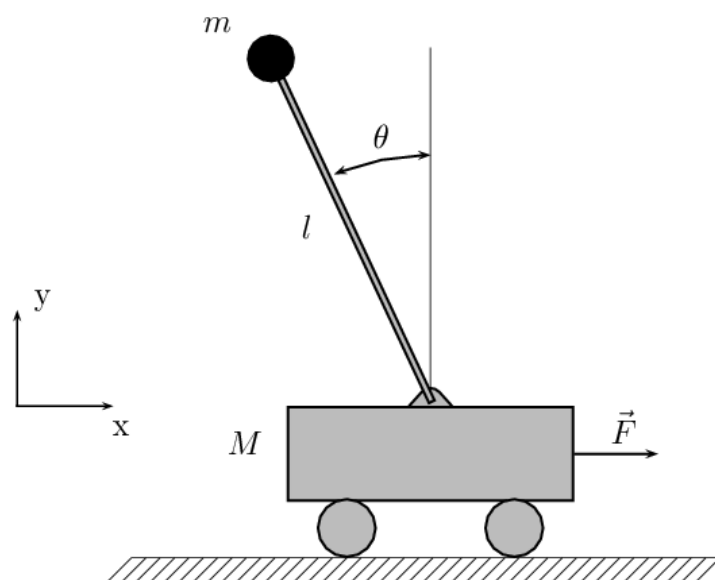


Figura 3 – Pêndulo Invertido, Adaptado e Russell e Norving (2004).

## **4. CONCLUSÃO**

O futuro da nossa espécie Homo sapiens, que possui o significado de Homem Sábio está fortemente ligado ao desenvolvimento da IA, mais especificamente ao da AM.

Seguindo a linha dos estudos atuais, a robótica será uma das áreas mais importantes e promissoras para a humanidade.

Se o futuro que muitos filmes, livros, videntes ou até mesmos pesquisadores/cientistas realmente chegar, com a humanidade debilitada e extremamente dependente dos recursos automatizados, a capacidade de aprendizado das máquinas será altamente requisitada.

Mas para obtermos sucesso nesta tarefa, precisamos de muitos estudos nas mais vastas áreas de IA e AM.

A evolução das pesquisas atuais é necessária, pois mesmo sendo parcialmente eficientes como as teorias de aprendizado não-supervisionado ou reforço, ainda não chegam nem perto da agilidade da mente humana, mesmo nossa capacidade de processamento sendo muito inferior a das máquinas.

Aprender é fácil, aprender como aprender é que é difícil.

## **5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

BIGUS, Joseph P. **Data mining with neural networks: solving business problems- from application development to decision support.** McGraw-Hill, 1996.

BITTENCOURT, G.; COSTA, A. C. **An environment for cognitive multi-agent systems. Accepted in IFAC/IFIP MCPL'97, Conference on Management and Control of Production and Logistics,** October, 1997.

HAYKIN, S. **Redes neurais: princípios e prática.** 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

HAYKIN, Simon. **Neural Networks, A comprehensive foundation.** Macmillan College Publishing Company, Inc. IEEE Press, 1994.

MITCHELL, T. M. **Machine learning.** USA: McGraw-Hill Series in Computer Science, McGraw-Hill Companies, 1997.

Russell, Stuart; Norving, Peter. **Inteligência Artificial.** 2º ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

SIMON, H.A. **Why should machines learn?** In Michalski et al., 1983.