



Universidade do Minho  
Departamento de Informática

# **APRENDIZAGEM E DECISÃO INTELIGENTES**

**LEI/MiEI @ 2022/2023, 2º sem  
[ADI<sup>3</sup>]**

## Definição de Aprendizagem

- Aprendizagem/Aprender é:

*Adquirir conhecimento*



## Definição de Aprendizagem

# aprendizagem

aprendizagem | *n. f.*

### a·pren·di·za·gem

(francês *apprentissage*)  
*nome feminino*

1. Acto ou efeito de aprender.
2. Tempo durante o qual se aprende.
3. Experiência que tem quem aprendeu.

#### aprendizagem automática

• [Portugal] • [Informática] Disciplina central da inteligência artificial que se dedica ao estudo e ao desenvolvimento de algoritmos e programas que permitem dotar o computador da capacidade de efectuar determinada tarefa sem recurso à intervenção humana (por exemplo, classificação de *emails* como lixo, reconhecimento de voz, etc.). [Equivalente no português do Brasil: aprendizado automático.]



## Definição de Decisão

**decisão**

decisão | *n. f.*

**de·ci·são**

(latim *decisio*, -*onis*, diminuição, enfraquecimento, solução, compromisso)

*nome feminino*

1. Acto ou efeito de decidir.
2. Resolução tomada após discussão ou exame prévio. = DELIBERAÇÃO, JUÍZO, SENTENÇA
3. Capacidade para decidir ou resolver algo. = CORAGEM, INTREPIDEZ ≠ COVARDIA
4. [Teologia] Prescrição sobre matéria de fé ou de dogma.

Palavras relacionadas: [contencioso](#), [meias-medidas](#), [sentença](#), [recurso](#), [jurisprudência](#), [conciliação](#), [decisório](#).



- Inteligência Artificial
- Hard Computing vs Soft Computing
- Big Data & Machine Learning
- Aprendizagem:
  - Com supervisão
  - Sem supervisão
  - Por Reforço



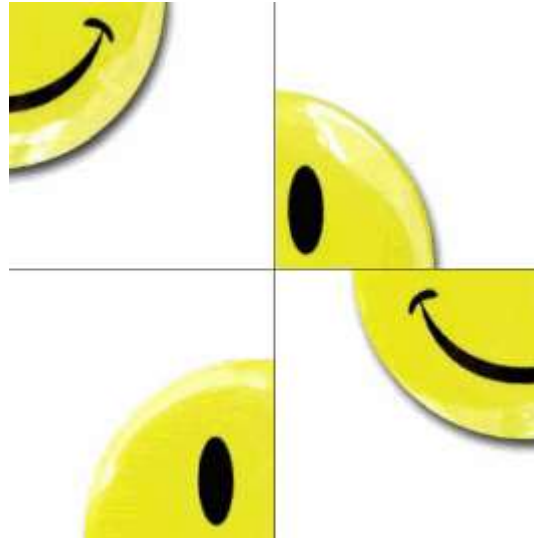
Como resolver problemas com **IA**?

- Quebra-cabeças



## Como resolver problemas com **IA**?

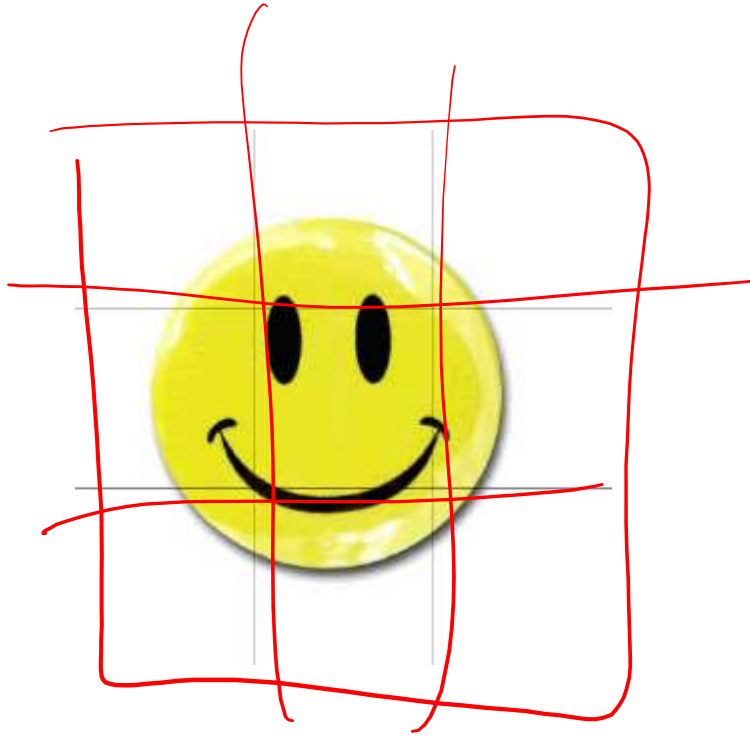
- Quebra-cabeças:
  - 2 x 2 peças
  - 4 x 3 x 2 x 1
  - 24 combinações



## Como resolver problemas com **IA**?

### ■ Quebra-cabeças:

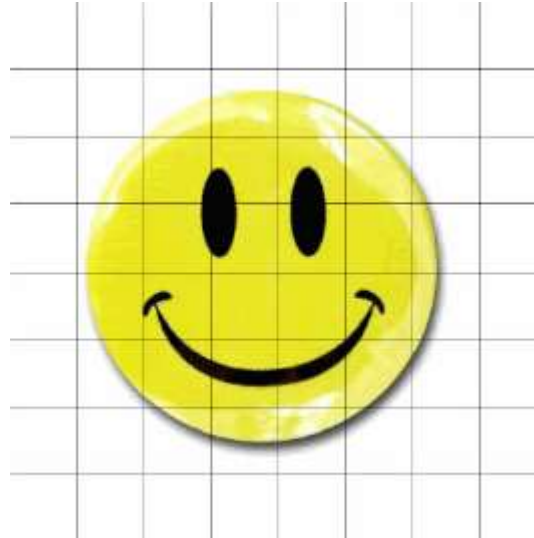
- 3 x 3 peças
- $9 \times 8 \times 7 \times 6 \times 5 \times 4 \times 3 \times 2 \times 1$
- 362.880 combinações





## Como resolver problemas com **IA**?

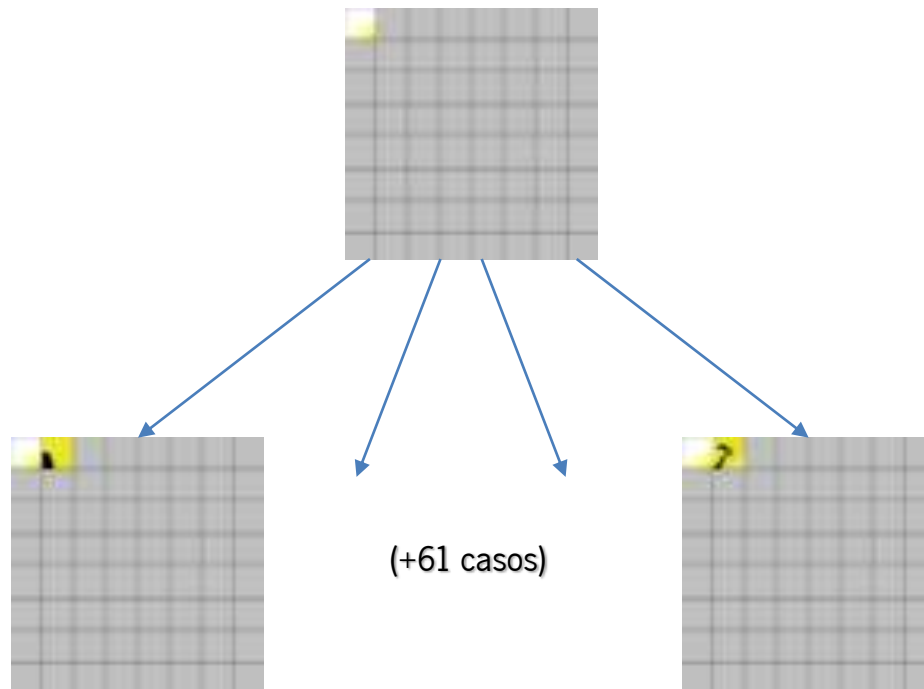
- Quebra-cabeças:
  - 8 x 8 peças
  - 64 x 63 x 62 x 61 x 60 x 59 x 58 ...
  - $1,26887 \times 10^{89}$  combinações



## Como resolver problemas com **IA**?

### ■ Quebra-cabeças:

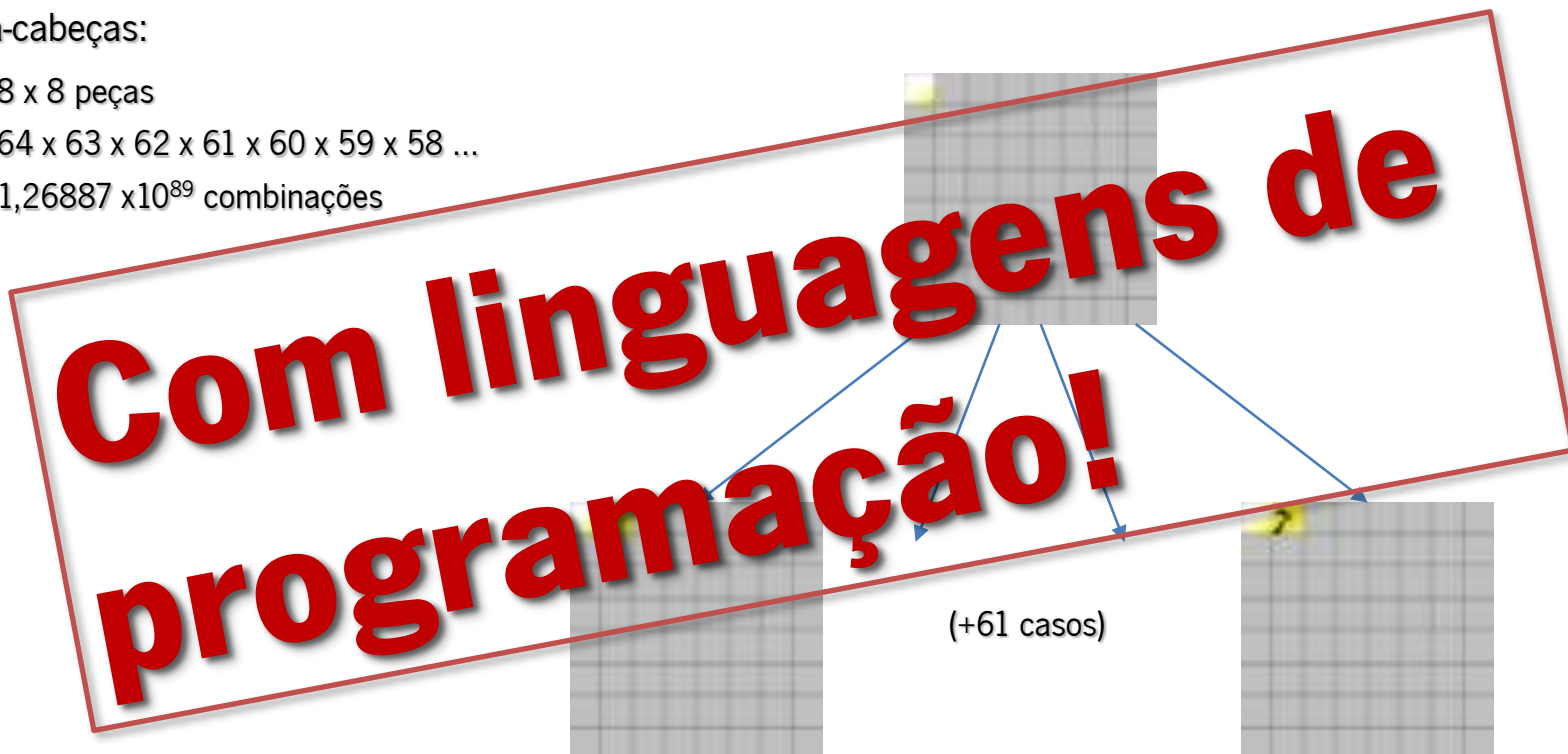
- 8 x 8 peças
- 64 x 63 x 62 x 61 x 60 x 59 x 58 ...
- $1,26887 \times 10^{89}$  combinações



## Como resolver problemas com **IA**?

- Quebra-cabeças:

- 8 x 8 peças
- 64 x 63 x 62 x 61 x 60 x 59 x 58 ...
- $1,26887 \times 10^{89}$  combinações



- Com 1.000.000.000 de combinações por segundo, a solução demora  $4 \times 10^{69}$  milênios a testar todas as combinações!!!



Universidade do Minho  
Departamento de Informática

# Hard Computing vs Soft Computing

(Computação simbólica vs Computação não simbólica)

## Inteligência Artificial Contextualização

- A abordagem da Inteligência Artificial à representação de conhecimento expõe-se através de dois paradigmas:
  - Simbólico
    - Baseia-se na lógica para representar conhecimento;
    - Fundamenta o raciocínio na construção de sistemas de inferência;
  - Não simbólico, sub simbólico ou conexionista
    - Baseia o funcionamento do sistema na capacidade de aprender, generalizando;
    - Resolve problemas com base em conhecimento passado ou dados sobre a resolução de outros problemas;



- A abordagem da Inteligência Artificial à representação de conhecimento expõe-se através de dois paradigmas:
  - Simbólico
    - Baseia-se na lógica para representar conhecimento;
    - Fundamenta o raciocínio na construção de sistemas de inferência;
  - Não simbólico, sub simbólico ou conexionista
    - Baseia o funcionamento do sistema na capacidade de aprender, generalizando;
    - Resolve problemas com base em conhecimento passado ou dados sobre a resolução de outros problemas;
- Na atualidade (tecnológica), grande parte das ações geram dados!



- **Big data** é um termo popularizado para se referir a dados em grande quantidade e complexidade para serem tratados por abordagens tradicionais de computação.

- Os 3 V's de **Big data**:

- Volume
- Velocidade
- Variedade

[www.oracle.com/pt/big-data/what-is-big-data](http://www.oracle.com/pt/big-data/what-is-big-data)

- Os 5 V's de **Big data**:

- ...
- Variabilidade
- Valor

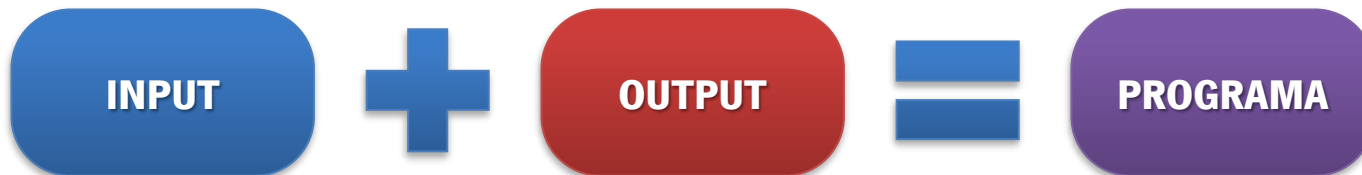
[www.ibm.com/blogs/watson-health/the-5-vs-of-big-data](http://www.ibm.com/blogs/watson-health/the-5-vs-of-big-data)



- Antes



- Agora





## Machine Learning

- *Machine learning refers to a system capable of the autonomous acquisition and integration of knowledge. This capacity to learn from experience, analytical observation, and other means, results in a system that can continuously self-improve and thereby offer increased efficiency and effectiveness.*

[www.aaai.org/ALTopics/html/machine.html](http://www.aaai.org/ALTopics/html/machine.html)

- *The field of machine learning is concerned with the question of how to construct computer programs that automatically improve with experience.*

Tom Mitchell, Machine Learning (1997)



## Exemplos de Sistemas de Aprendizagem

- Aprendizagem Simbólica;
- Redes Neuronais Artificiais;
- Raciocínio Baseado em Casos;
- Árvores de Decisão;
- Algoritmos Genéticos e Evolucionários;
- Máquinas de Vetores de Suporte;
- Inteligência de Grupo;
- Segmentação;
- Classificação;
- e muitos outros...

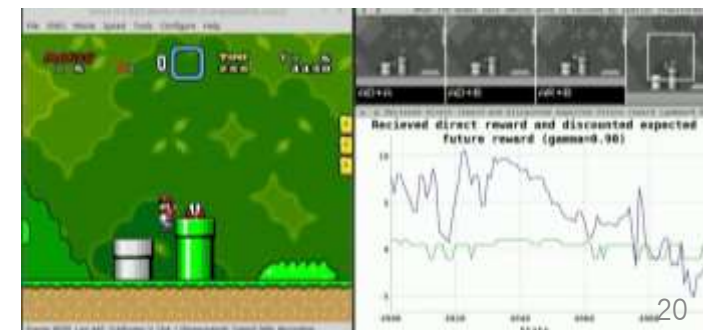
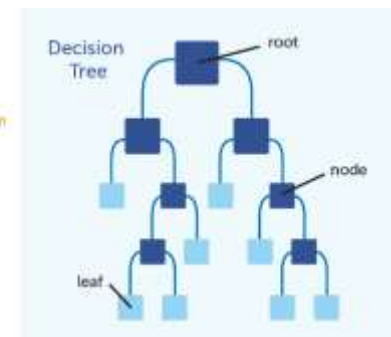


Table Data

	A	B	C	Z
1				
2				
3				
4				
5				
6				
...				

target indicator

indicators



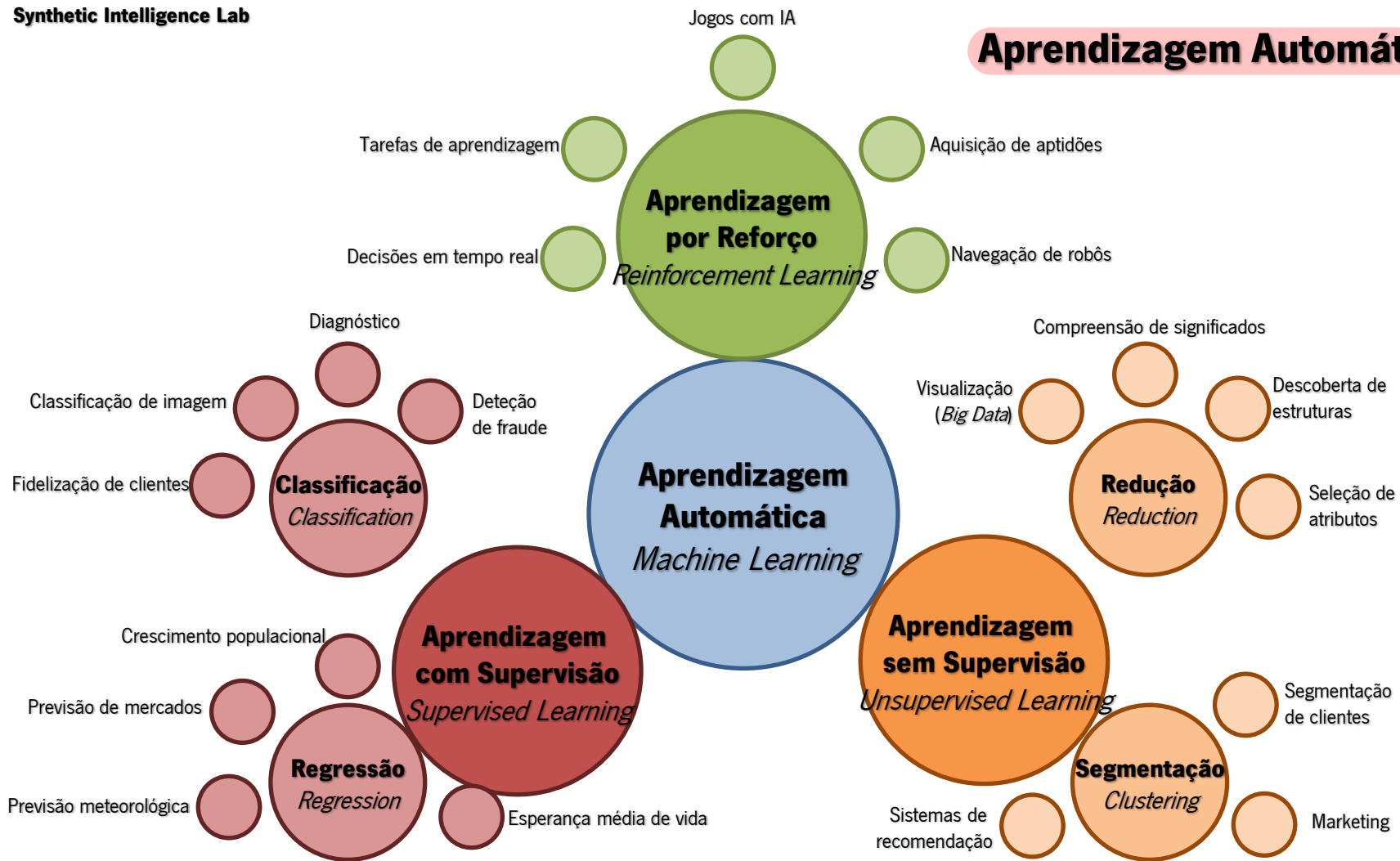


Universidade do Minho  
Departamento de Informática

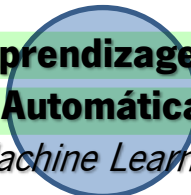
# Aprendizagem Automática

*(Machine Learning)*

## Aprendizagem Automática



## Aprendizagem Automática



### **Aprendizagem Automática**

*Machine Learning*

- Paradigma de computação em que a característica essencial do sistema se revela pela sua capacidade de aprender de modo autónomo e independente;



### **Aprendizagem com Supervisão**

*Supervised Learning*

- Paradigma de aprendizagem em que os casos que se usam para aprender contêm informação acerca dos resultados pretendidos, sendo possível estabelecer uma relação entre os valores pretendidos e os valores produzidos pelo sistema;



### **Aprendizagem sem Supervisão**

*Unsupervised Learning*

- Paradigma de aprendizagem em que não são conhecidos resultados sobre os casos, apenas os enunciados dos problemas, tornando necessário a escolha de técnicas de aprendizagem que avaliem o funcionamento interno do sistema;



### **Aprendizagem por Reforço**

*Reinforcement Learning*

- Paradigma de aprendizagem que, apesar de não ter informação sobre os resultados pretendidos, permite efetuar uma avaliação sobre se os resultados produzidos são bons ou maus.

## Aprendizagem Automática *Machine Learning*

### Aprendizagem Automática

#### *Machine Learning*

- Paradigma de computação em que a característica essencial do sistema se revela pela sua capacidade de aprender de modo autónomo e independente;
  - A característica diferenciadora dos algoritmos de *Machine Learning* é a de que são algoritmos *data-driven*;
    - Um hipotético algoritmo aprenderia o que é uma mesa pela definição algorítmica da configuração de uma mesa;
    - Um algoritmo de *Machine Learning* aprende sem necessidade de que seja codificada a solução do problema;
    - Um algoritmo de *Machine Learning* aprende a partir de diversos exemplos de mesas, aprendendo a dizer se um determinado objeto é ou não é uma mesa.





## Aprendizagem com Supervisão

### Aprendizagem com Supervisão *Supervised Learning*

- Paradigma de aprendizagem em que os casos que se usam para aprender contêm informação acerca dos resultados pretendidos, sendo possível estabelecer uma relação entre os valores pretendidos e os valores produzidos pelo sistema;
  - A grande maioria dos algoritmos de *Machine Learning* usa aprendizagem com supervisão;
  - Aprendizagem supervisionada significa que os dados de entrada ( $x$ ) e os resultados ( $y$ ), tornam possível que o algoritmo aprenda uma função ( $f$ ) de mapeamento dos dados nos resultados:  $y = f(x)$ ;
  - Diz-se supervisionada porque este mapeamento é acompanhado por um professor/treinador que supervisiona o processo de aprendizagem;
  - Normalmente, são divididos em duas categorias:
    - Classificação: quando os resultados são discretos (preto, branco, cinza...);
    - Regressão: quando os resultados são contínuos (variação da temperatura ou da luz solar ao longo do dia).



## Aprendizagem sem Supervisão

### Aprendizagem sem Supervisão

*Unsupervised Learning*

- Paradigma de aprendizagem em que não são conhecidos resultados sobre os casos, apenas os enunciados dos problemas, tornando necessário a escolha de técnicas de aprendizagem que avaliem o funcionamento interno do sistema;
  - A aprendizagem não supervisionada significa que existem dados de entrada ( $x$ ) mas não existem os correspondentes resultados;
  - O objetivo deste tipo de aprendizagem é o de modelar a estrutura ou a distribuição dos dados do problema;
  - São, normalmente, divididos em duas categorias:
    - Segmentação: quando se pretende organizar os dados em grupos coerentes (agrupar clientes que compram bebidas açucaradas);
    - Associação: quando se pretende conhecer regras que associem o comportamento demonstrado pelos dados (pessoas que comprar bebidas açucaradas não compram bebidas alcoólicas);





## Aprendizagem por Reforço

### Aprendizagem por Reforço

*Reinforcement Learning*

- Paradigma de aprendizagem que, apesar de não ter informação sobre os resultados pretendidos, permite efetuar uma avaliação sobre se os resultados produzidos são bons ou maus;
  - Algoritmos de *Reinforcement Learning* usam técnicas de auto-alimentação de sinais, com vista a melhorar os resultados, por influência da noção de recompensa/penalização;
  - Não se pode comparar com Aprendizagem Supervisionada uma vez que a “opinião” sobre os resultados não é dada por um professor/treinador;
  - Também não se pode considerar Aprendizagem não Supervisionada, uma vez que não existe ausência absoluta de informação sobre os resultados;
  - A aprendizagem dá-se pela capacidade de crítica sobre os próprios resultados produzidos pelo algoritmo;
- Q-Learning: assume que está a seguir uma política ótima e usa-a para atualização dos valores das ações;
- SARSA: considera a política de controlo que está a ser seguida e atualiza o valor das ações.



"I'm behaving well. Are you sure you wouldn't like to positively reinforce it?"