

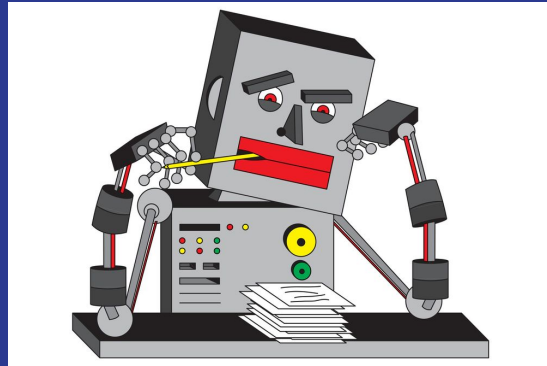
CEFET/RJ

BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

**GCC1734 - INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL**

Eduardo Bezerra (CEFET/RJ)  
ebezerra@cefet-rj.br

# VISÃO GERAL DO APRENDIZADO DE MÁQUINA



# O que é Aprendizado de Máquina

3

- Arthur Samuel (1959). “Field of study that gives computers the ability to learn without being explicitly programmed.”

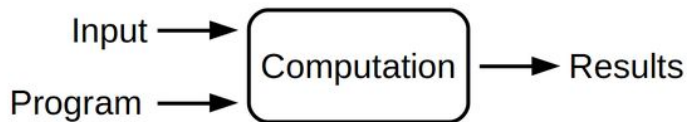


# O que é Aprendizado de Máquina

4

- “...without being explicitly programmed.”

## Traditional programming



## Machine learning

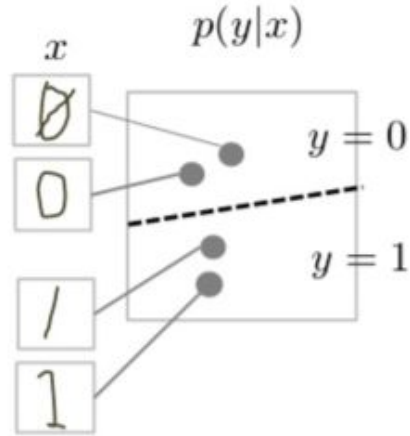


# Tipos de Modelo

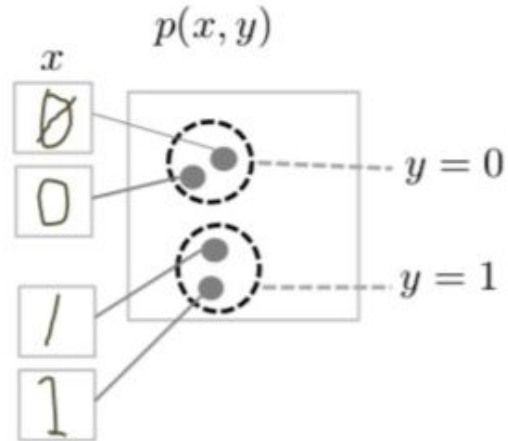
5

- Discriminativo e Generativo

- Discriminative Model



- Generative Model



# Modelo Generativos

6



# Modelo Generativos


7

ChatGPT ▾

Complete a história abaixo.

Era uma vez no CEFET/RJ, um estudante de Ciência da Computação que tinha o sonho de criar uma Inteligência Artificial Geral...

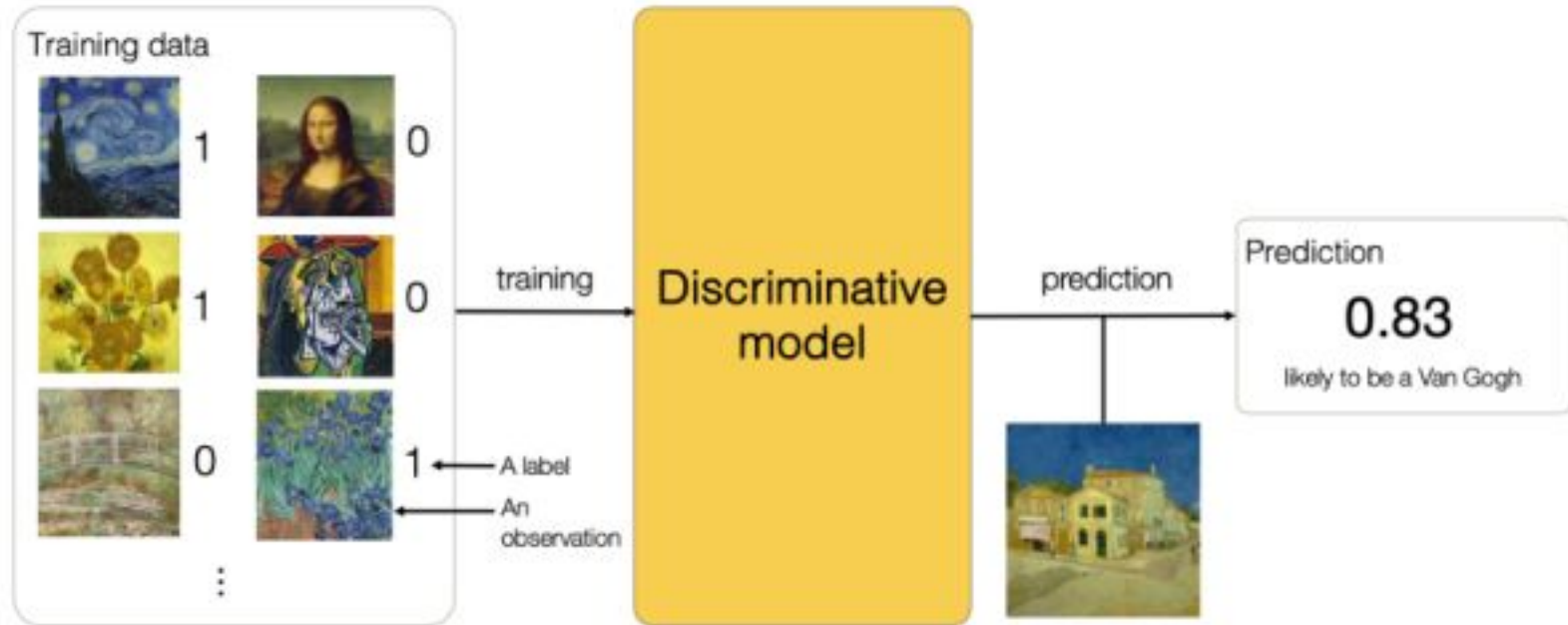
< 3/3 >

 Era uma vez no CEFET/RJ, um estudante de Ciência da Computação que tinha o sonho de criar uma Inteligência Artificial Geral (IAG), uma máquina capaz de pensar, aprender e tomar decisões como um ser humano. Esse estudante, chamado Lucas, era apaixonado por tecnologia desde criança e sempre sonhara em criar algo que pudesse revolucionar o mundo.

Lucas passava dias e noites no laboratório do CEFET, mergulhado em livros, artigos científicos e códigos. Ele era conhecido por sua determinação e curiosidade insaciável. Sua visão era clara: ele queria criar uma inteligência artificial que não apenas executasse tarefas específicas, mas que pudesse raciocinar, entender emoções e se adaptar a novas situações.

# Modelo Discriminativos

8





# Tipos de Aprendizado

9

- Aprendizado supervisionado (*supervised learning* ou *inductive learning*)
- Aprendizado não supervisionado (*unsupervised learning*)
- Aprendizado semissupervisionado (*semi-supervised learning*)
- Aprendizado por reforço (*reinforcement learning*)

# Aprendizado Supervisionado

# Aprendizado Supervisionado

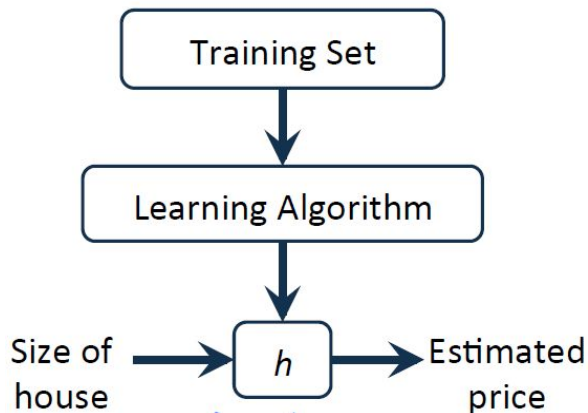
11

- ❑ Tem a ver com procurar uma aproximação para uma função a partir de exemplos.
- ❑ Entrada: conjunto de exemplos  $(x, f(x))$ 
  - ▣ O conjunto de pares  $(x, f(x))$  é denominado *conjunto de treinamento*.
- ❑ Saída: uma **hipótese**  $h(x)$ , i.e., uma aproximação generalizável para a *função alvo*  $f(x)$ .

# Aprendizado Supervisionado

12

- Uma **hipótese** é uma função (determinada por um algoritmo de aprendizado) que mapeia de  $x$  para (aproximações de)  $f(x)$ .



# Classificação vs Regressão

13

- No aprendizado supervisionado, o aprendiz (máquina) recebe as respostas corretas.
- Dois subtipos (**tarefas**):
  - Classificação: prever valor discreto.
  - Regressão: prever valor contínuo.

# Notação

14

- $m \rightarrow$  quantidade de exemplos.
- $n \rightarrow$  quantidade de atributos.
- $x^{(i)} \rightarrow$  valor da característica (*feature*) no  $i$ -ésimo exemplo.
- $y^{(i)} \rightarrow$  valor alvo (*target*) no  $i$ -ésimo exemplo de treinamento.
- $x_j \rightarrow j$ -ésima coluna (*feature*) do conjunto de treinamento.
- $x_j^{(i)} \rightarrow$  valor da  $j$ -ésima *feature* do  $i$ -ésimo exemplo.

Índices  $i$  e  $j$  iniciam em 1, em vez de 0.

# Conjunto de dados (*dataset*)

15

- Dados usados para treinamento de um modelo de classificação, na sua forma mais simples, são **tabulares**.
- Como exemplo, essas são 4 linhas do conjunto Yeast\*:

$$m = 1484 \quad n = 8$$

0.5000	0.4600	0.6400	0.3600	0.5000	0	0.4900	0.2200	1
0.5300	0.5600	0.4900	0.4600	0.5000	0	0.5200	0.2200	1
0.5200	0.5300	0.5800	0.6900	0.5000	0	0.5000	0.2200	1
0.6700	0.6200	0.5400	0.4300	0.5000	0	0.5300	0.2200	1

\* <http://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/yeast>

# Conjunto de dados

16

- Cada linha é um **exemplo de treinamento** (*training example*).
- Todas as colunas, com exceção da última, representam a entrada, que é um vetor.
- A última coluna é o rótulo (*class label*).

The diagram illustrates a dataset with four rows. The first row is highlighted with a blue box. An arrow labeled  $x^{(1)}$  points to the first column of the first row, and an arrow labeled  $y^{(1)}$  points to the last column of the first row.

0.5000	0.4600	0.6400	0.3600	0.5000	0	0.4900	0.2200	1
0.5300	0.5600	0.4900	0.4600	0.5000	0	0.5200	0.2200	1
0.5200	0.5300	0.5800	0.6900	0.5000	0	0.5000	0.2200	1
0.6700	0.6200	0.5400	0.4300	0.5000	0	0.5300	0.2200	1



# Conjunto de dados

17

- Cada linha é um **exemplo de treinamento** (*training example*).
- Todas as colunas, com exceção da última, representam a entrada, que é um vetor.
- A última coluna é o rótulo (*class label*).

	0.5000	0.4600	0.6400	0.3600	0.5000	0	0.4900	0.2200	1
$x^{(2)}$ →	0.5300	0.5600	0.4900	0.4600	0.5000	0	0.5200	0.2200	1
	0.5200	0.5300	0.5800	0.6900	0.5000	0	0.5000	0.2200	1
	0.6700	0.6200	0.5400	0.4300	0.5000	0	0.5300	0.2200	1

## 18

- attributes:
- 
- The diagram illustrates two sets of input features for a neural network. The first set consists of 4 rows of 6 features each, with the first two features ( $x_1$  and  $x_2$ ) highlighted in blue boxes. The second set consists of 4 rows of 3 features each, with the first feature ( $y$ ) highlighted in a blue box and the third feature ( $x_8$ ) highlighted in a blue box.
- | $x_1$  | $x_2$  |        |        |        |   |
|--------|--------|--------|--------|--------|---|
| 0.5000 | 0.4600 | 0.6400 | 0.3600 | 0.5000 | 0 |
| 0.5300 | 0.5600 | 0.4900 | 0.4600 | 0.5000 | 0 |
| 0.5200 | 0.5300 | 0.5800 | 0.6900 | 0.5000 | 0 |
| 0.6700 | 0.6200 | 0.5400 | 0.4300 | 0.5000 | 0 |
- | $y$    |        | $x_8$ |
|--------|--------|-------|
| 0.4900 | 0.2200 | 1     |
| 0.5200 | 0.2200 | 1     |
| 0.5000 | 0.2200 | 1     |
| 0.5300 | 0.2200 | 1     |

# Conjunto de dados

19

- Qual o valor do atributo 4 do terceiro exemplo de treinamento?

0.5000	0.4600	0.6400	0.3600	0.5000	0	0.4900	0.2200	1
0.5300	0.5600	0.4900	0.4600	0.5000	0	0.5200	0.2200	1
0.5200	0.5300	0.5800	0.6900	0.5000	0	0.5000	0.2200	1
0.6700	0.6200	0.5400	0.4300	0.5000	0	0.5300	0.2200	1

# Conjunto de dados

20

- Qual o valor do atributo 4 do terceiro exemplo de treinamento?

$$x_4^{(3)} = 0.6900$$

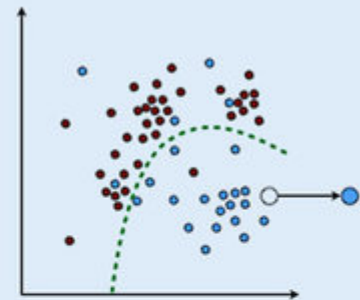
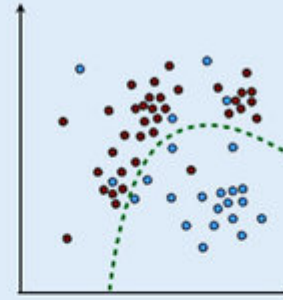
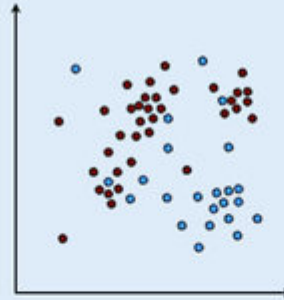
	0.5000	0.4600	0.6400	0.3600	0.5000	0	0.4900	0.2200	1
	0.5300	0.5600	0.4900	0.4600	0.5000	0	0.5200	0.2200	1
$x^{(3)}$	0.5200	0.5300	0.5800	0.6900	0.5000	0	0.5000	0.2200	1
	0.6700	0.6200	0.5400	0.4300	0.5000	0	0.5300	0.2200	1

# Aprendizado não supervisionado

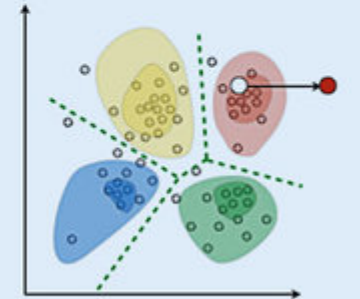
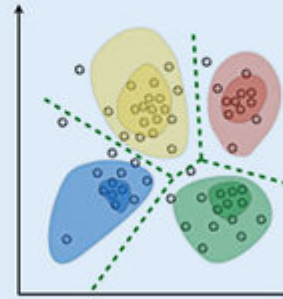
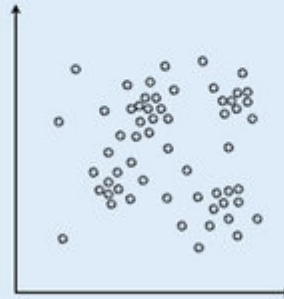
# Aprendizado não supervisionado

22

**Supervised learning:** each training example has a ground truth label. The model learns a decision boundary and replicates the labeling on new data.



**Unsupervised learning:** training examples do not have ground truth labels. The model identifies structure such as clusters. New data can be assigned to clusters.



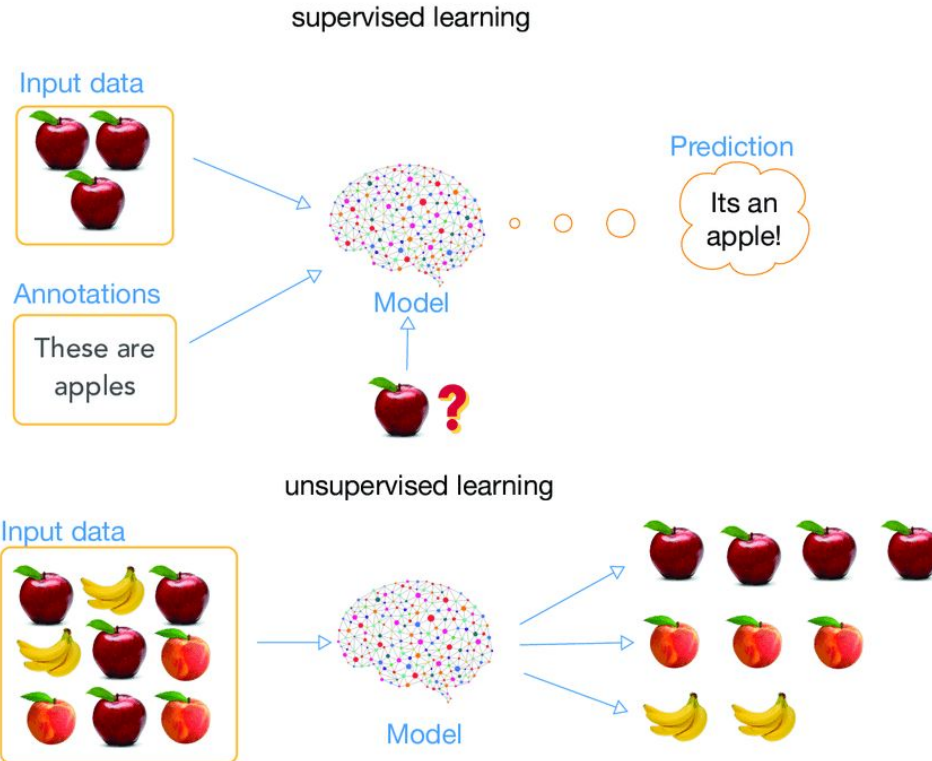
Training data

Resulting model

Applied to new input

# Aprendizado não supervisionado

23



clustering

# Aprendizado semissupervisionado



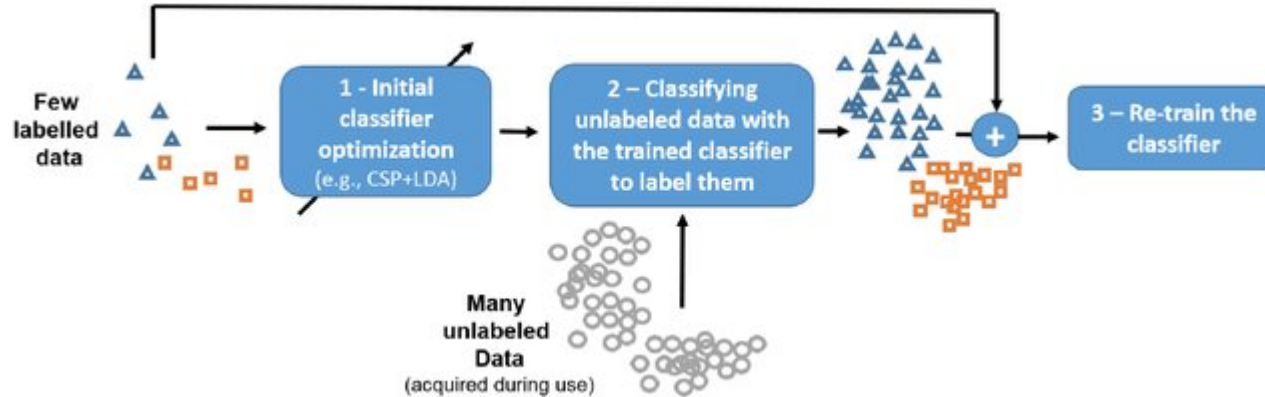
# Aprendizado semissupervisionado

25

- O aprendizado semissupervisionado combina uma pequena quantidade de dados rotulados com uma grande quantidade de dados não rotulados durante o treinamento.

# Aprendizado semissupervisionado

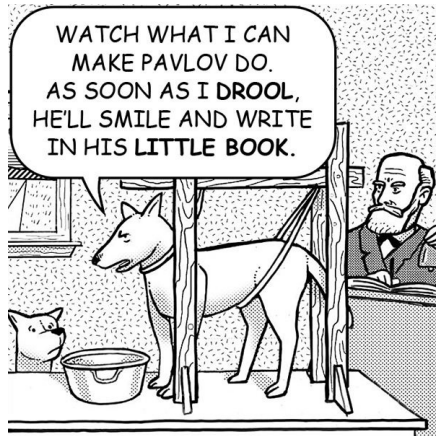
26



# Aprendizado por reforço

# Aprendizado por reforço

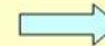
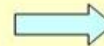
28



Ivan Pavlov

## Classical Conditioning: The Elements of Associative Learning

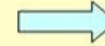
Conditioning  
Trial:



Salivation



Test Trial:

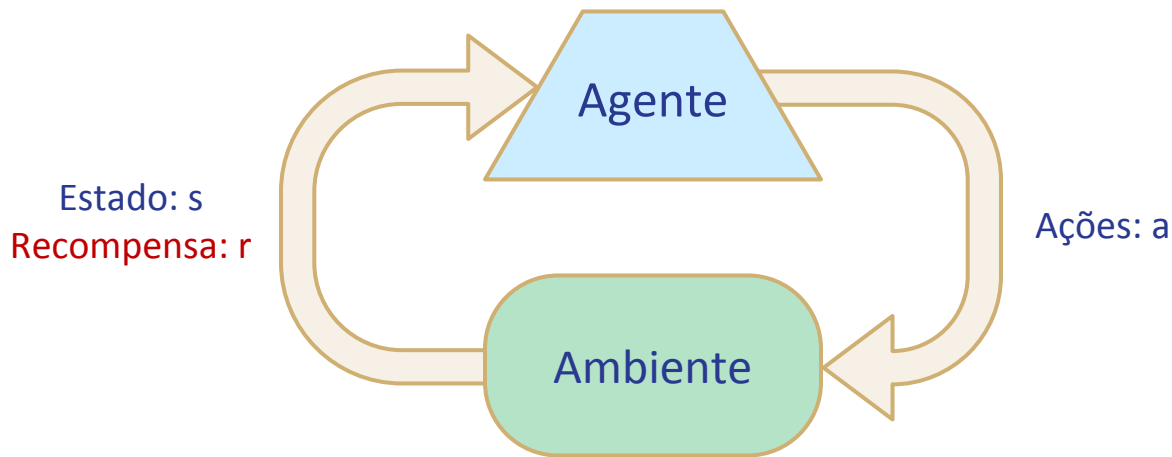


Salivation



# Aprendizado por reforço

29



- Ideias básicas do Aprendizado por Reforço:
  - Agente recebe *feedback* na forma de **recompensas** pelas ações que toma
  - A utilidade é definida pela função de recompensa
  - Agente deve (aprender a) agir de tal forma a **maximizar as recompensas esperadas**
  - O aprendizado é baseado na observação de amostras dos resultados!