

---

---

# Inteligência Computacional

# Fundamentos de Aprendizagem de Máquina

Leandro Andrade  
leandro.andrade@fieb.org.br

---

Slides baseado no material do dr. Erick Sperandio

# Aprendizado – por que?

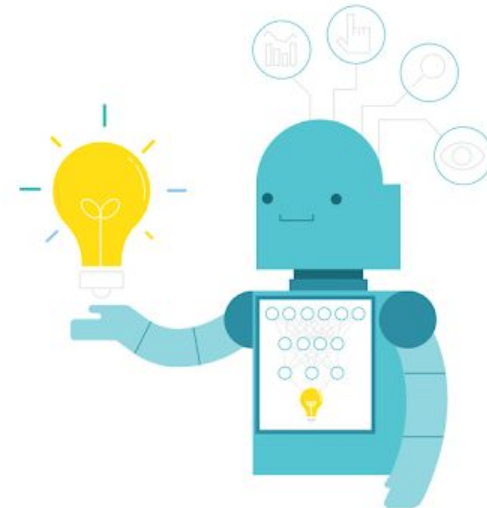
- Capacidade de aprender é parte fundamental do conceito de inteligência
- Um agente aprendiz é mais flexível aprendizado permite lidar com situações novas (mundo é dinâmico)
  - Dá autonomia ao agente
- Aprendizado facilita tarefa do projetista programar apenas o essencial



**Como construir programas (agentes) que automaticamente melhoram com a experiência?**

# O que é aprendizagem de máquina?

- Envolve técnicas computacionais que visam ampliar a automatização e eficiência de processos de aquisição de conhecimento por um computador
- Se baseia na exposição a eventos e da manipulação de bases de dados

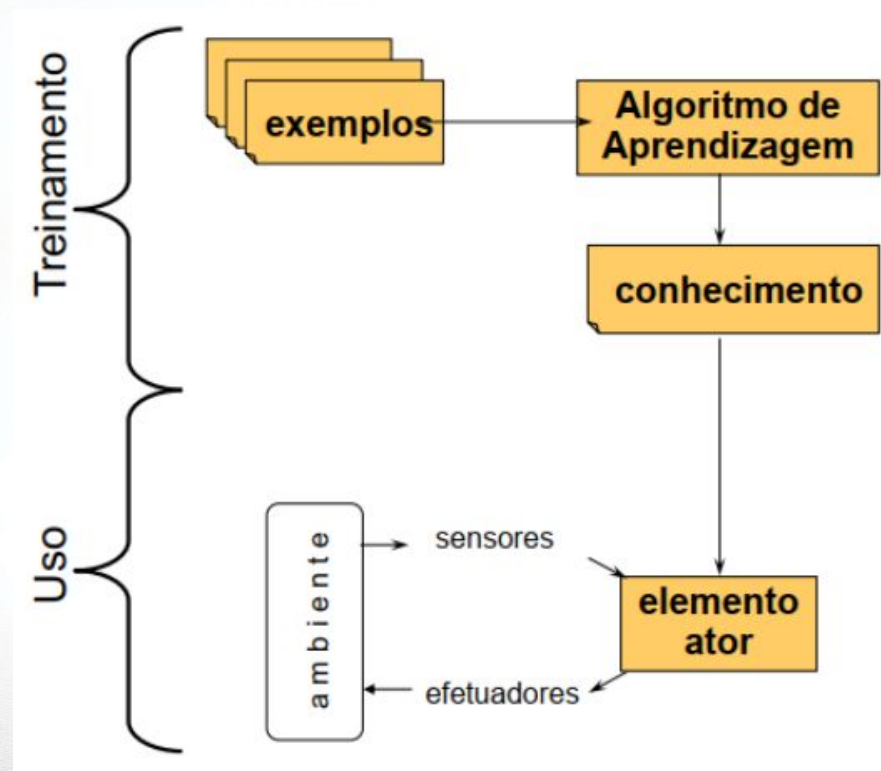


# O que é aquisição de conhecimento?

- Geração de modelos do mundo
- Descoberta de regularidades ou padrões
- Outras propriedades estatísticas presentes nos dados (associações espaciais e temporais)
- Geração de leis de discriminação para efeito de classificação de dados com base em um conjunto previamente classificado
- Realização de agrupamento de dados (previamente não-rotulados) em classes



# Modelo de agente aprendiz



# Aprendizagem de Máquina

- Aprendizagem:
  - Aprendizagem supervisionada
  - Aprendizagem não supervisionada
  - Aprendizagem semi-supervisionada
  - Aprendizagem por reforço

# Aprendizagem Supervisionada

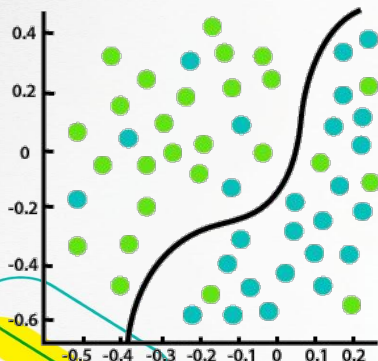
- Ocorre nas situações em que é possível perceber tanto as entradas como as saídas
- Frequentemente as saídas são fornecidas por um supervisor(especialista) humano
- Envolve aprendizagem de uma função a partir de exemplos de suas entradas e saídas
- Ela é muito útil quando há vários exemplos de entrada previamente classificados

# Aprendizagem Supervisionada

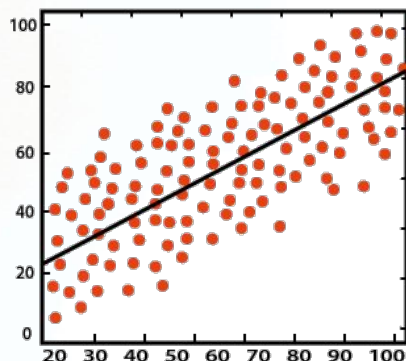
- Classificados em problemas de “regressão” e “classificação”.
  - Em um problema de regressão, busca-se prever os resultados em uma saída contínua, ou seja, mapear variáveis de entrada para alguma função contínua
  - Em um problema de classificação, busca-se prever os resultados em uma saída discreta
    - Em outras palavras, está se buscando mapear variáveis de entrada em categorias distintas.
    - Neste tipo de aprendizagem existe um "professor" que avalia a resposta da técnica ao padrão atual de entradas.



# Aprendizagem Supervisionada



Classification



Regression



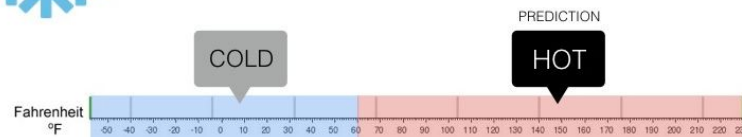
## Regression

What is the temperature going to be tomorrow?



## Classification

Will it be Cold or Hot tomorrow?

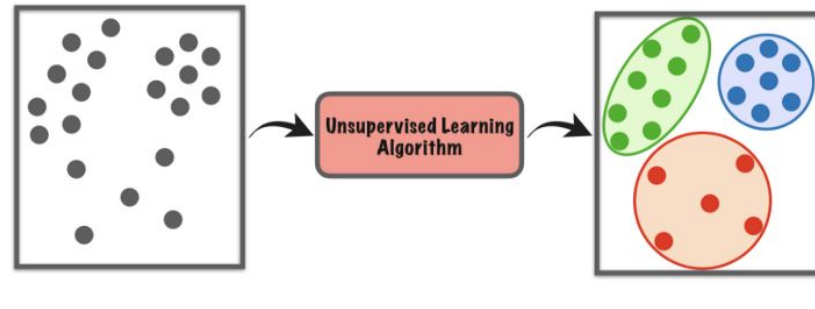


# Aprendizagem Supervisionada

- Alguns exemplos de técnicas de aprendizagem supervisionada:
  - Árvore de decisão;
  - Redes Neurais Artificiais;
  - Redes Recorrentes;
  - Redes Convolucionais;
  - Autoencoders
  - Redes Adversariais Generativas
  - Máquinas de Vetor-Suporte;
  - Classificadores Naive-Bayes;

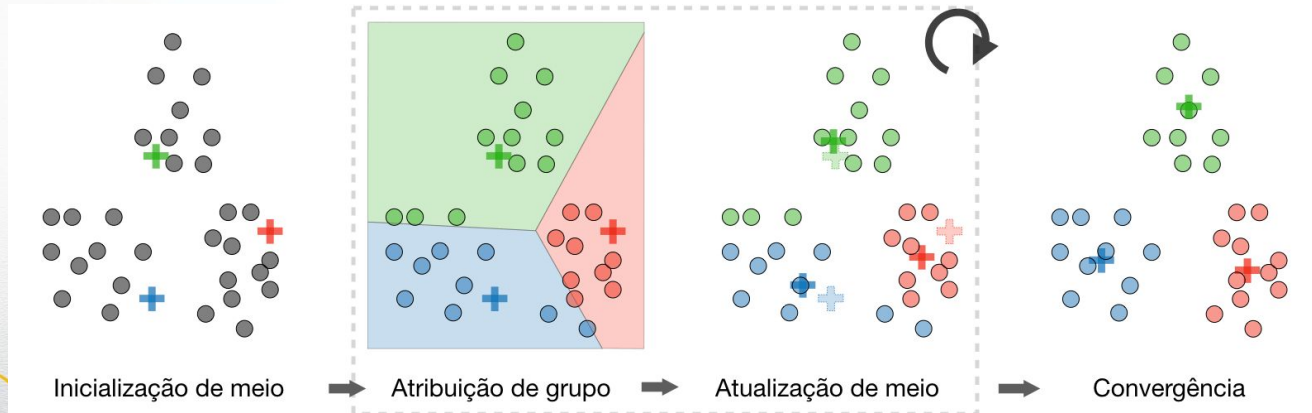
# Aprendizagem não-supervisionada

- Envolve a aprendizagem de padrões na entrada, quando não são fornecidos valores de saída específicos
- Geralmente são úteis quando a informação sobre a classificação (ou rotulação) dos dados de entrada é escassa ou inexistente
- As saídas são geralmente tratadas como padrões ou classes não rotulados (classe 0, 1, 2..., ou classe A, B, C...)



# Aprendizagem não-supervisionada

- Quem determina o significado das saídas é um especialista humano ou agente inteligente
- Nesta forma de aprendizagem não existe "professor"
  - A rede tem de descobrir sozinha relações, padrões, regularidades ou categorias nos dados que lhe vão sendo apresentados





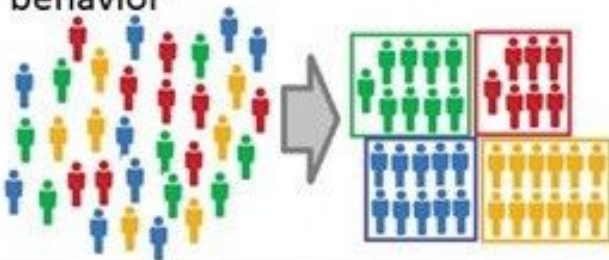
# Aprendizagem não-supervisionada

- **Agrupamento (ou clustering):** se deseja descobrir os grupos, padrões ou classes inerentes em um conjunto de dados
- **Associação:** se deseja descrever grandes porções de dados através da inferência de regras

## Unsupervised Learning

### Clustering

Grouping customers by purchasing behavior



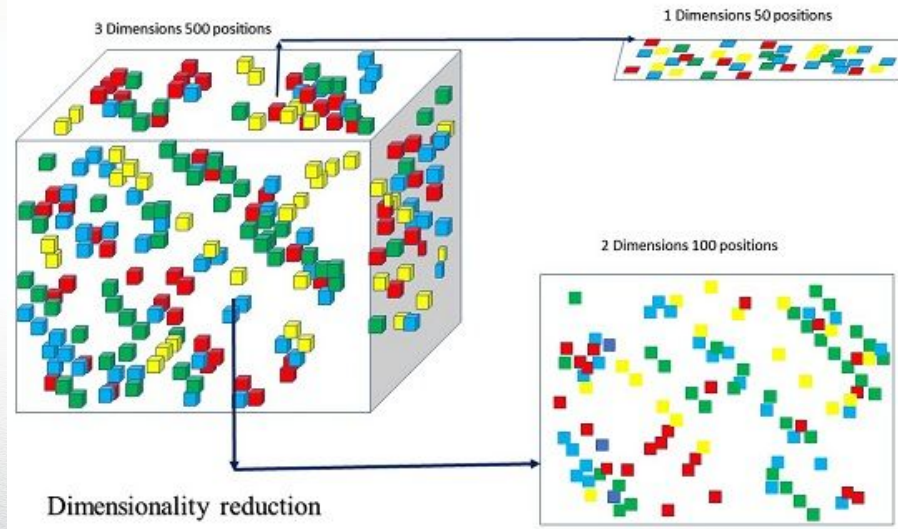
### Association

People that buy X tend to buy Y  
People that buy A+B tend to buy C



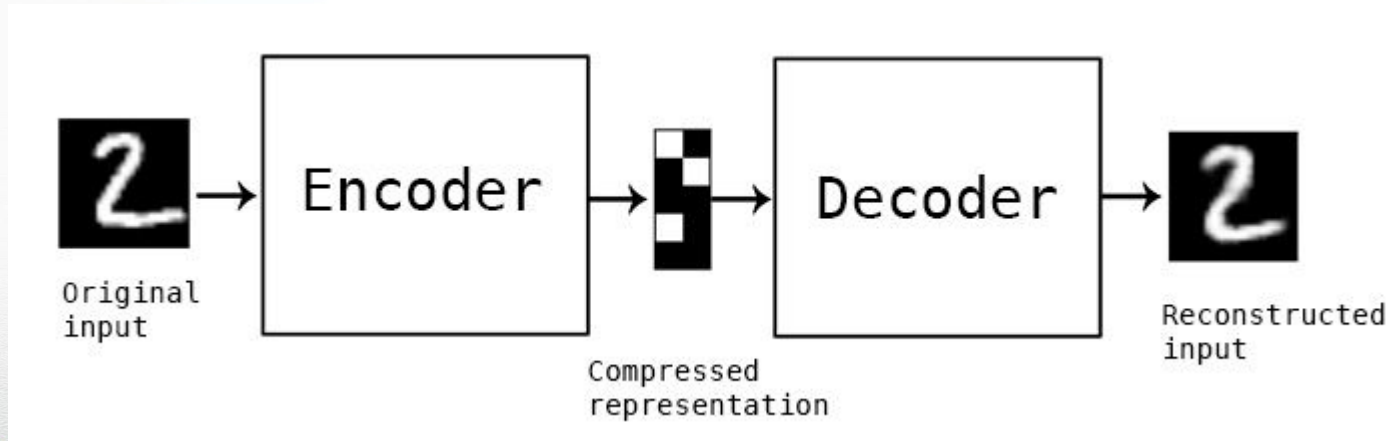
# Aprendizagem não-supervisionada

- Redução de dimensionalidade:** se deseja reduzir a quantidade de dimensões presentes nos dados, assumindo que uma grande porção dos dados é redundante, e que é possível representar todo ou boa parte dos dados com somente uma fração deles.



# Aprendizagem não-supervisionada

- **Autocodificadores (ou autoencoders):** uma mistura de redes neurais com algoritmos de redução de dimensionalidade, se deseja encontrar um conjunto de pesos – com menor dimensionalidade - a fim de se moldar aos dados de entrada, usando como referência de saída os próprios dados de entrada





# Aprendizagem não-supervisionada

- **Exemplo:**

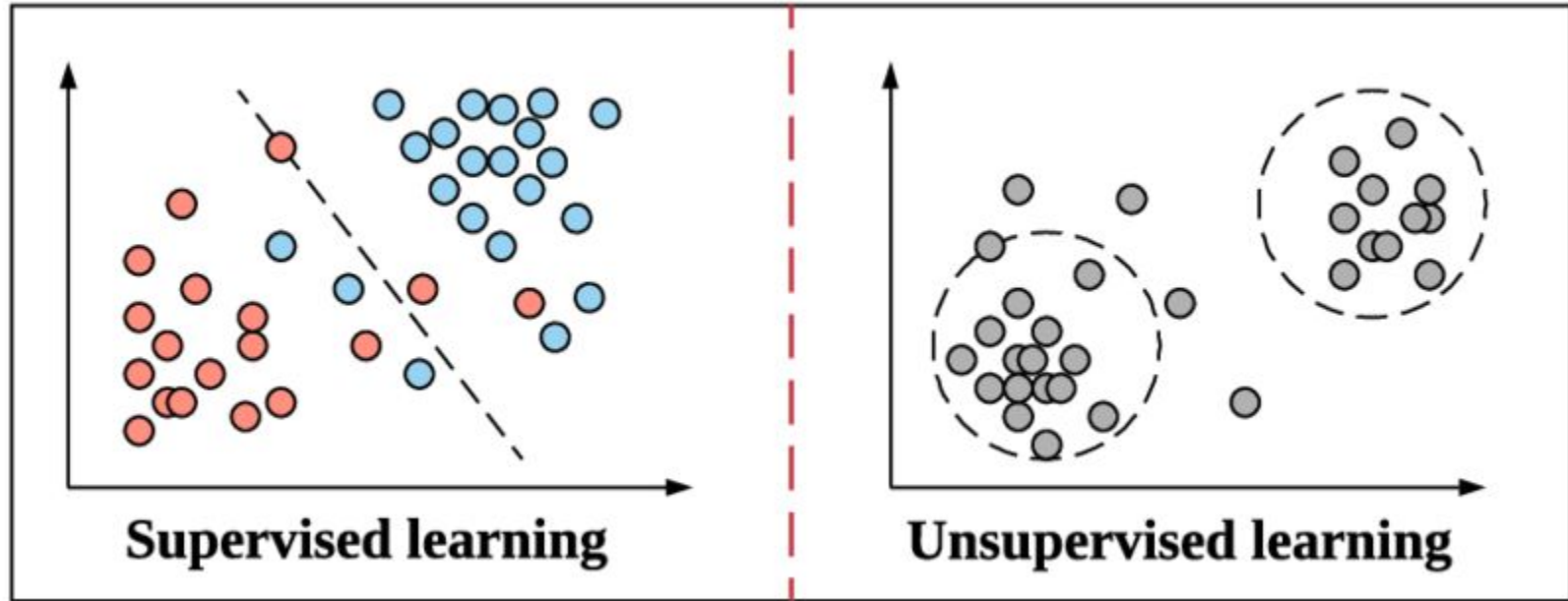
- **Problema:** dada uma coleção de indivíduos, encontrar uma maneira de agrupar automaticamente estes indivíduos em grupos que são de alguma forma semelhantes ou relacionados por diferentes variáveis, tais como sexo, raça, altura, peso etc.
- **Agrupamento:** um conjunto de classes não rotuladas que representam os grupos;
- **Associação:** um conjunto de regras que definem os grupos;
- **Redução de dimensionalidade:** um conjunto de características que definem de forma macro os grupos
- **Autoencodificadores:** um conjunto de pesos, com dimensão reduzida, que representam os grupos presentes nos dados



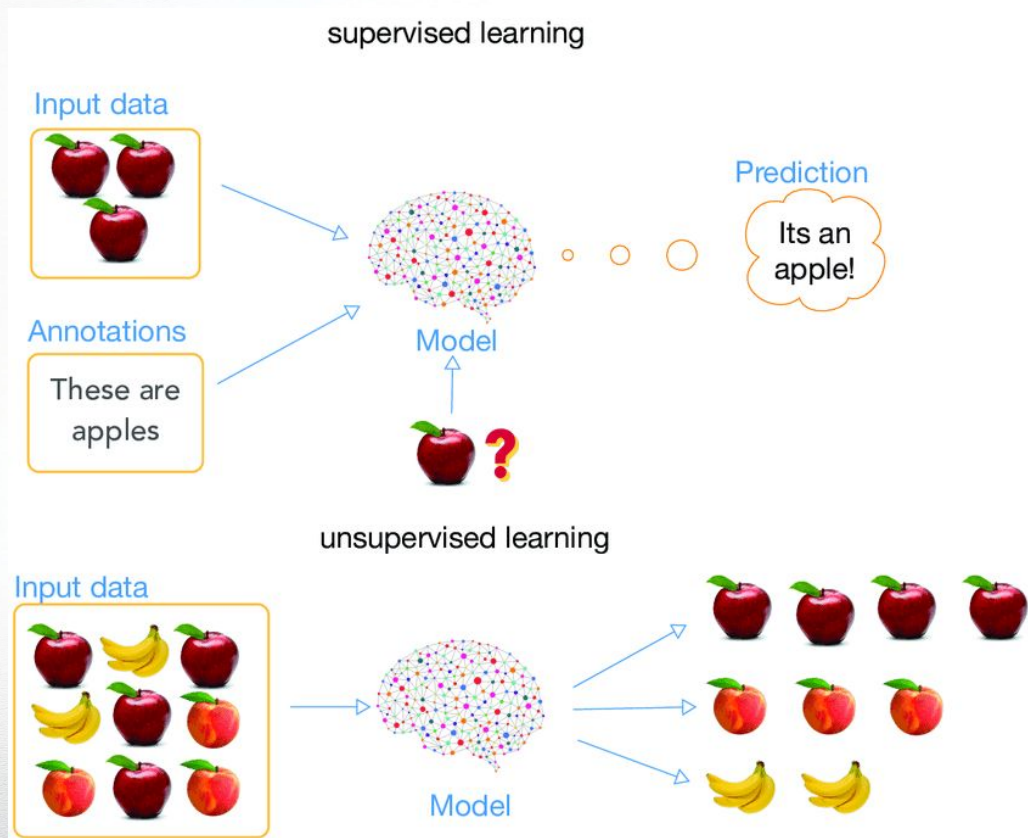
# Aprendizagem não-supervisionada

- Alguns exemplos de técnicas de aprendizagem não supervisionada:
  - K-means;
  - Fuzzy C-means
  - Principal Component Analysis (PCA)
  - Singular-Value Decomposition (SVD)
  - Redes competitivas
  - Mapas auto organizáveis
  - Autocodificadores

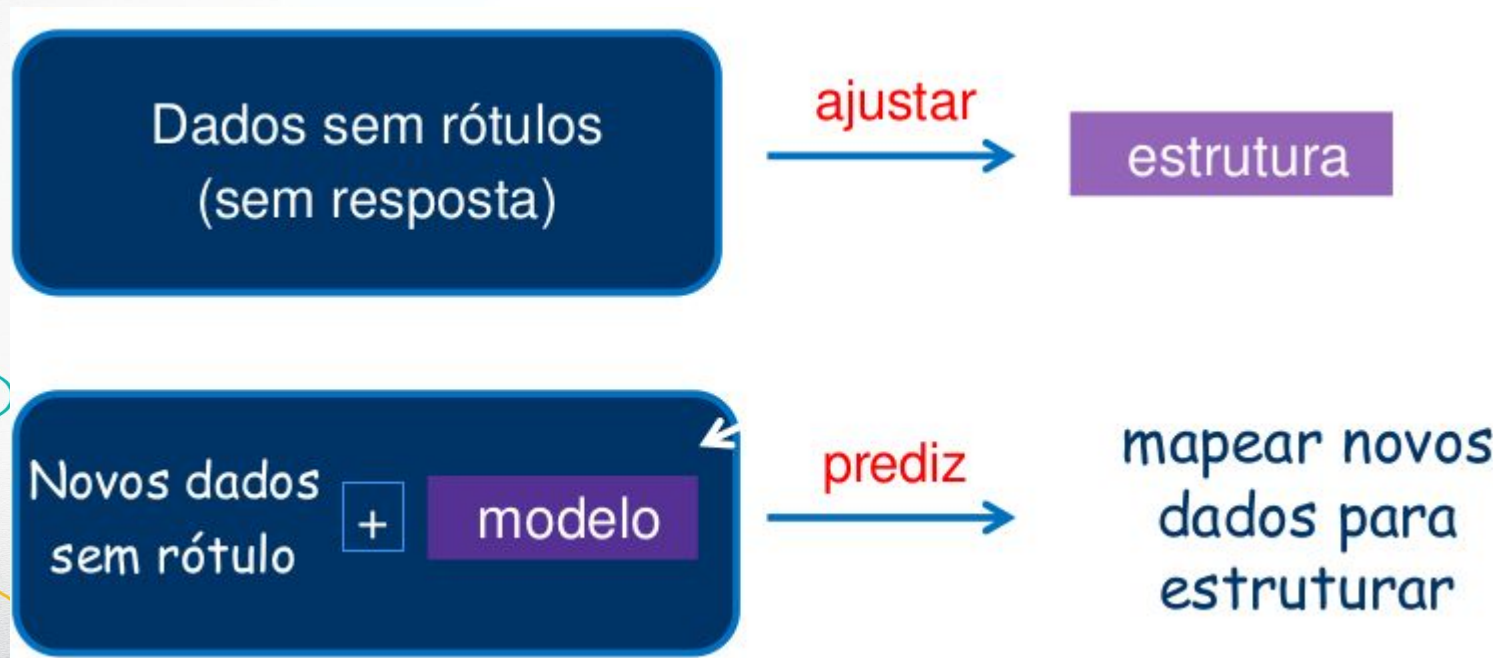
# Supervisionado vs. Não-supervisionado



# Supervisionado vs. Não-supervisionado

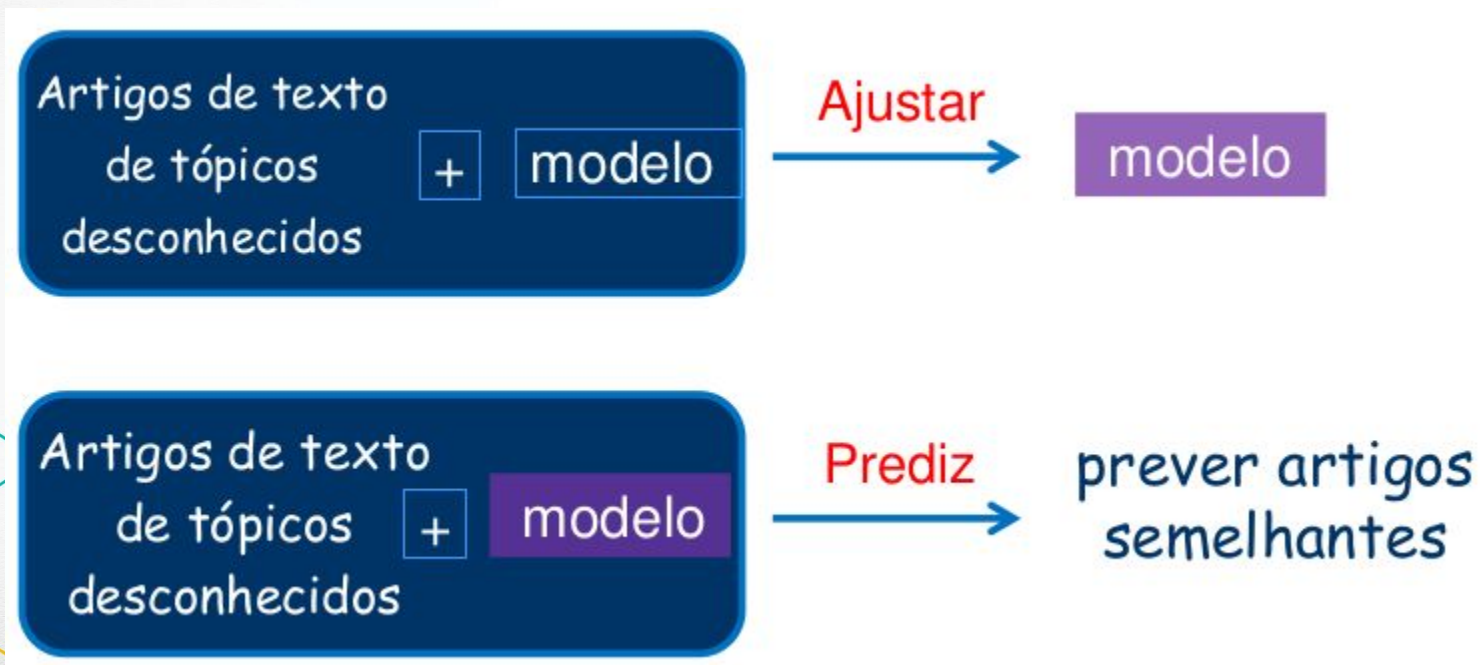


# Visão geral de aprendizado não supervisionado

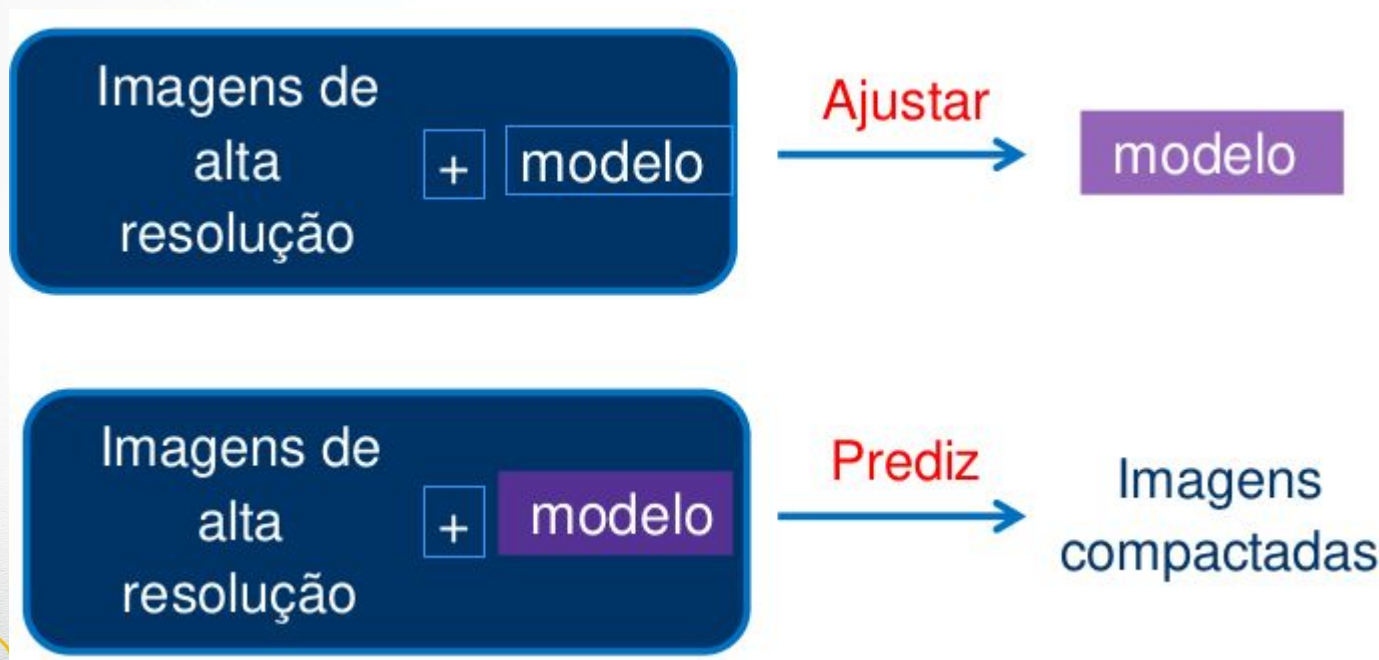




# Clustering: Encontrando Grupos Distintos



# Redução de Dimensionalidade: Simplificando Estrutura



# Aprendizagem semi-supervisionada

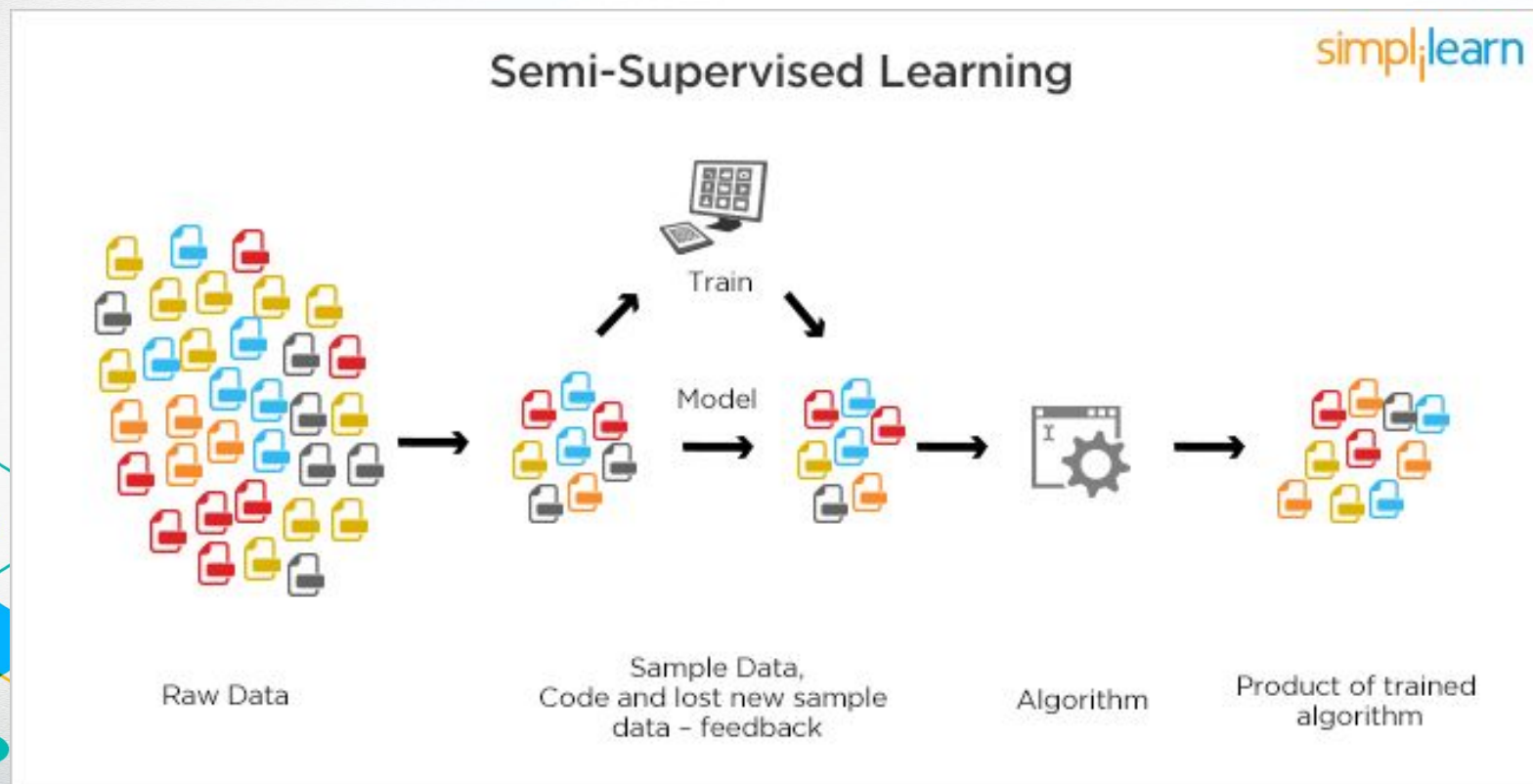
- Usa os dados não rotulados para obter mais compreensão da estrutura da população em geral, em conjunto com uma pequena quantidade de amostras de dados previamente classificados
- Novas classes/padrões são identificados, porém sem a identificação do que representam
- Usa-se o conhecimento adquirido de um pequeno conjunto de dados já classificados, para tentar inferir qual a classe/rótulo do novo padrão encontrado
- Pode ser de forma assistida por um especialista

# Aprendizagem semi-supervisionada

- Um bom exemplo é um arquivo de fotos em que apenas algumas das imagens são rotuladas (por exemplo: cão, gato, pessoa) e a maioria não é rotulada.
- Muitos problemas de aprendizado de máquina no mundo real se enquadram nessa área.
- Isso ocorre porque pode ser caro ou demorado rotular todos os dados, pois pode exigir acesso aos especialistas do domínio
  - Considerando que dados não rotulados são baratos e fáceis de coletar e armazenar

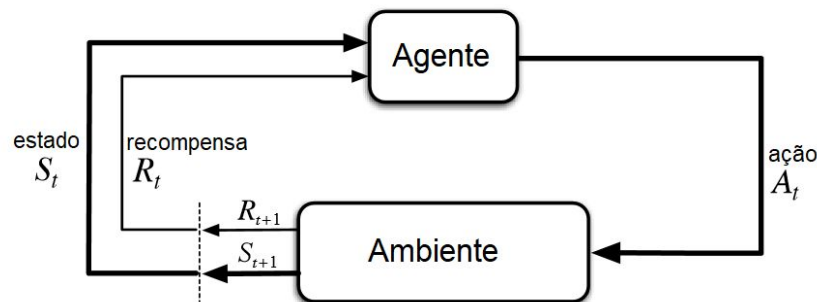


# Aprendizagem semi-supervisionada



# Aprendizagem por reforço

- Você pode usar técnicas de aprendizado não supervisionadas para descobrir e aprender a estrutura nas variáveis de entrada.
- É possível usar técnicas de aprendizado supervisionadas para fazer previsões melhores dos dados não rotulados, alimentar esses dados de volta para o algoritmo de aprendizado supervisionado como dados de treinamento e usar o modelo para fazer previsões sobre novos dados não vistos



# Aprendizagem por reforço

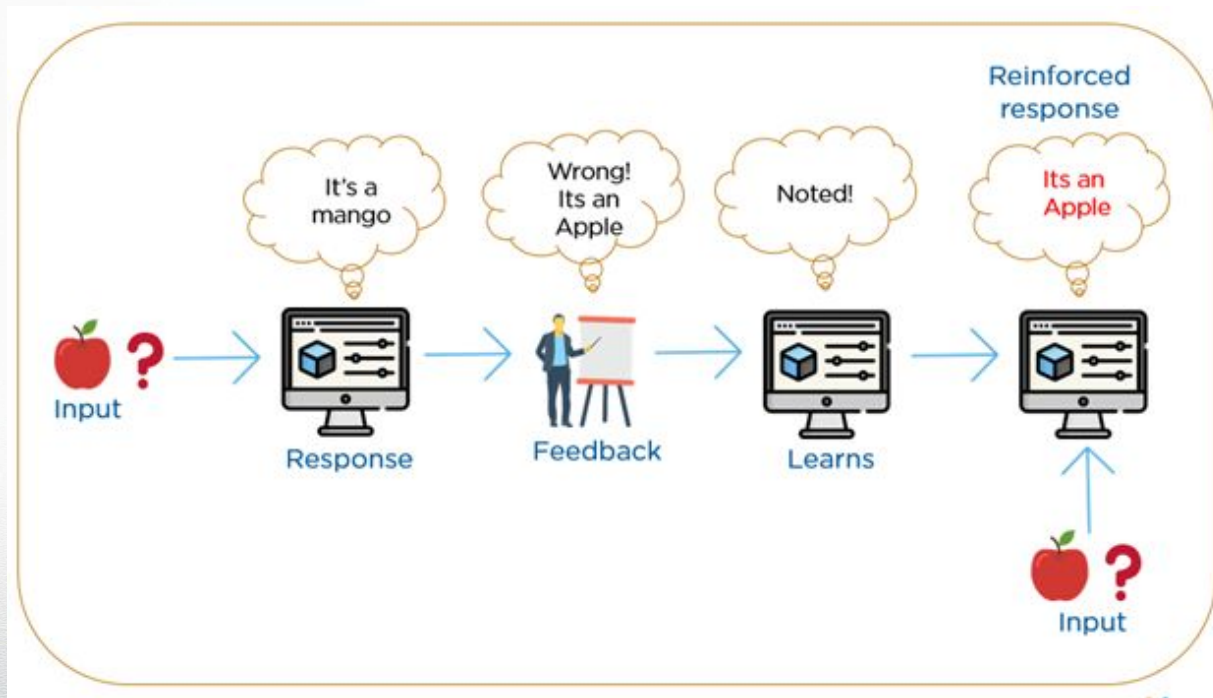
- Como um agente aprende a escolher ações apenas interagindo com o ambiente?
  - Muitas vezes, é impraticável o uso de aprendizagem supervisionada
- Como obter exemplos do comportamento correto e representativo para qualquer situação?
  - E se o agente for atuar em um ambiente desconhecido?

## Exemplos:

- Criança adquirindo coordenação motora
- Robô interagindo com um ambiente para atingir objetivo(s)

# Aprendizagem por reforço

- Exemplo:





# Aprendizagem por reforço

- Problema de aprendizagem : Um agente, em um ambiente a cada instante de tempo  $t$ :
  - o agente está em um estado  $s$
  - executa uma ação  $a$
  - vai para um estado  $s'$
  - recebe uma recompensa  $r$  ou uma penalização  $p$



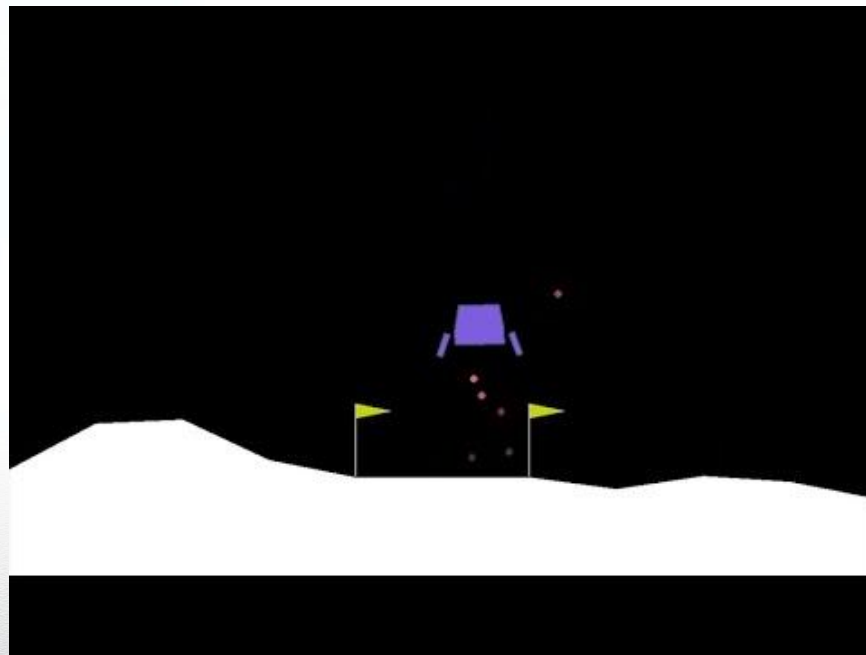
# Aprendizagem por reforço

- Problema da aprendizagem por reforço deve-se definir:
  - O conjunto de estados e ações
  - A função de recompensa
  - A função de transição de estados
  - A política de ações
  - Como escolher uma política de ações que maximize o total de recompensas e minimize o total de penalizações recebidas pelo agente?



# Aprendizagem por reforço

- Exemplo de implementação:



# Aprendizagem por reforço

- Utiliza-se métodos como:
  - Markov Decision Process
  - Q-Learning
  - Aproximação por função com atualização por gradiente
  - Deep Reinforcement Learning

