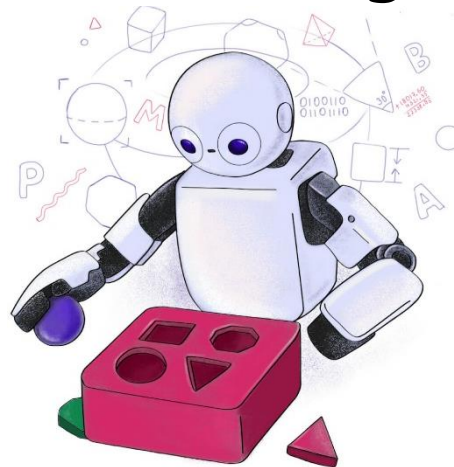


# T319 - Introdução ao Aprendizado de Máquina: *Introdução*



***Inatel***

Felipe Augusto Pereira de Figueiredo  
felipe.figueiredo@inatel.br

# A disciplina

- **Introdução** ao aprendizado de máquina.
- Curso onde veremos os **conceitos fundamentais** do funcionamento de alguns **algoritmos de aprendizado de máquina** ou em inglês, **machine learning** (ML).
- O curso é dividido em duas partes: T319 e T320.
- O curso terá sempre uma parte **expositiva** e outra **prática** para fixação dos conceitos introduzidos.
  - Quizzes e exercícios envolvendo o uso dos conceitos discutidos em sala de aula.
- Nós não nos aprofundaremos nos conceitos matemáticos envolvidos.
- Porém, vocês precisam conhecer **Python** e alguns conceitos simples de **cálculo, álgebra linear e estatística**.

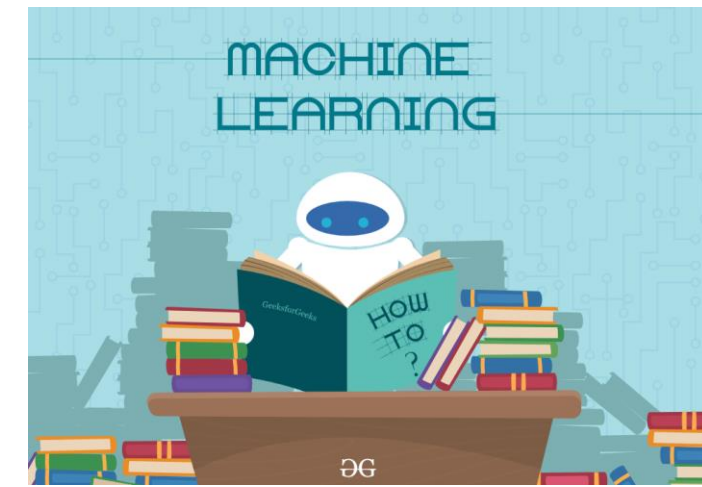
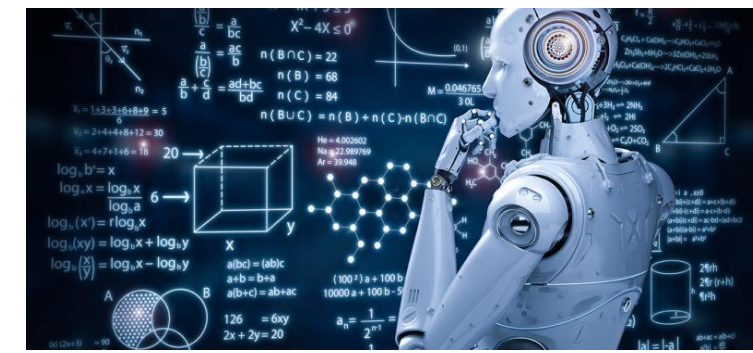
# Cronograma

- Aulas *quinzenais*, começando sempre às 19:30.

Aula	Data	Dia	Horário	Atividade
1	1/8/2025	Sexta-feira	19:30 às 21:10	Introdução ao Aprendizado de Máquina
2	15/8/2025			Introdução ao Aprendizado de Máquina
3	29/8/2025			Introdução ao Aprendizado de Máquina
4	12/9/2025			Introdução ao Aprendizado de Máquina
5	26/9/2025			Introdução ao Aprendizado de Máquina
6	10/10/2025			Introdução ao Aprendizado de Máquina
7	24/10/2025			Introdução ao Aprendizado de Máquina
8	7/11/2025			<b>Avaliação Presencial (Sala I-4)</b>
9	21/11/2025			Introdução ao Aprendizado de Máquina
10	5/12/2025			Introdução ao Aprendizado de Máquina

# Objetivo do curso

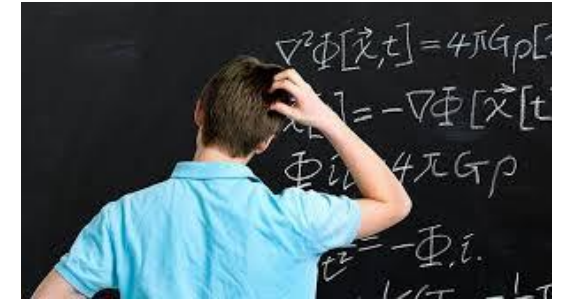
- O objetivo principal do curso é apresentar
  - os ***conceitos fundamentais*** da teoria do aprendizado de máquina.
  - um ***conjunto de ferramentas*** (i.e., algoritmos, técnicas, métricas) de aprendizado de máquina para solução de diversos tipos de problemas.
- Ao final do curso vocês devem ser capazes de
  - Entender e discutir os principais algoritmos de ML.
  - Compreender a terminologia utilizada na área.
  - Compreender o funcionamento de novos algoritmos de ML.
  - Aplicar algoritmos de ML para a resolução de problemas.



# Critérios de avaliação



- **Um (1) trabalho** em grupo com peso de 85%.
  - Envolvendo questões práticas e/ou teóricas.
  - Uma parte do trabalho será feita **presencialmente**.
- Atividades (**quizzes e laboratórios**) com peso de 15%.
  - Podem sempre ser entregues até o fim de semana da próxima aula.
  - As atividades devem ser resolvidas de forma **individual**.
  - As atividades serão atribuídas e entregues através do MS Teams.
- Extra: 10% da nota da FETIN (**mas precisa envolver IA**).
- **Frequência**
  - Gerada automaticamente pelo MS Teams.
  - Por favor, acompanhem suas frequências através do portal.

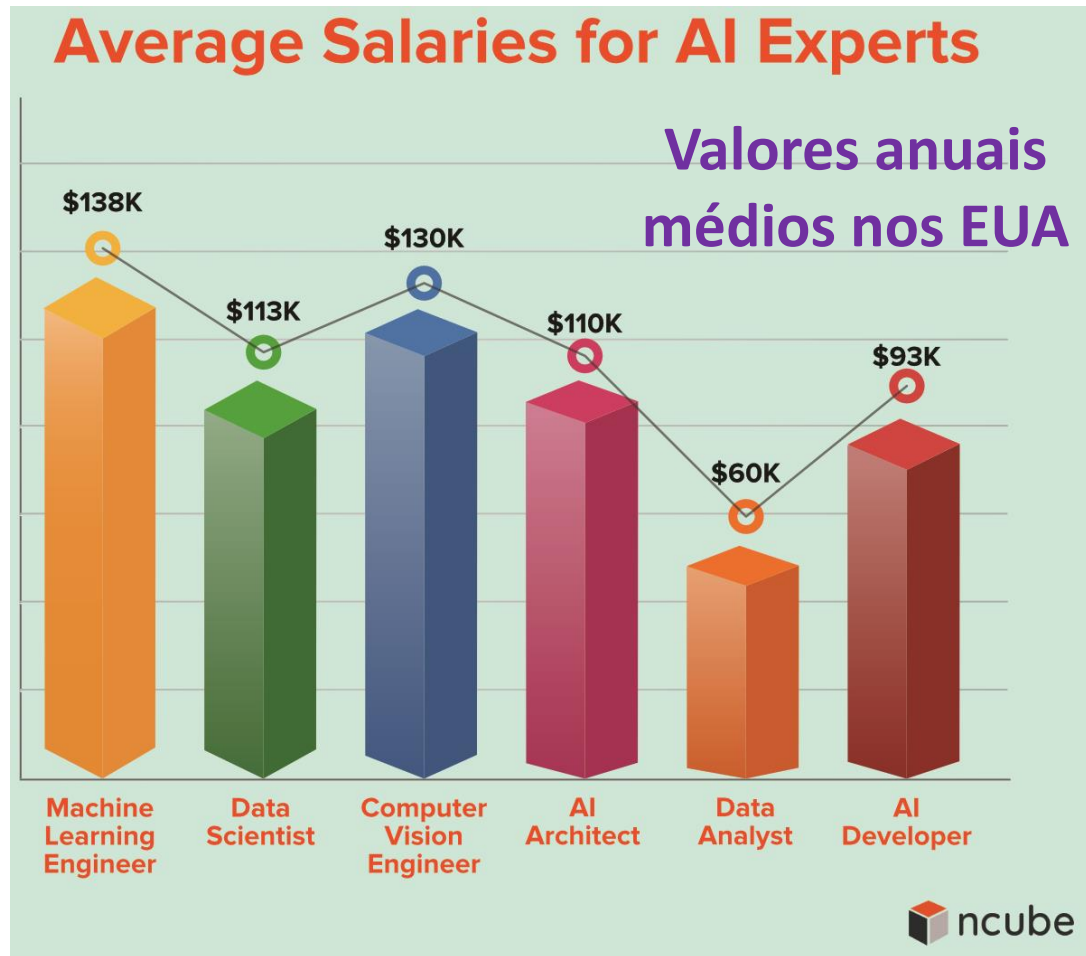


# Motivação



- **Emprego:** grandes empresas têm usado IA para
  - Automatizar tarefas repetitivas e demoradas.
  - Processar grandes volumes de dados para extração de *insights*.
  - Criar experiências personalizadas para seus clientes.
- Tudo isso para aumentar a eficiência dos processos, reduzir custos e, conseqüentemente, aumentar os lucros.
- Além das empresas de **tecnologia**, IA é empregada em empresas de **telecom**, **saúde**, **finanças**, **automação** e muitas outras.

# Motivação



- **Salário:** como as empresas têm se apoiado mais e mais em IA para aumentar seus lucros, elas têm tido uma demanda crescente por profissionais com esse conhecimento.
- Os *salários são muito bons*, pois a *demanda é alta, mas não existem tantos profissionais* com essa experiência no mercado.



# Motivação



NOKIA

Qualcomm

ZTE



- **Pesquisa:** a IA já tem sido empregada no 5G e terá um papel fundamental no desenvolvimento da próxima geração de redes móveis e sem fio, o 6G.
- Os algoritmos de IA serão usados nas *mais diversas camadas* da rede para auxiliar em tarefas que vão desde a *estimação de canal, detecção de símbolos de uma modulação até segurança cibernética*.



# O que é inteligência artificial?



- Campo da computação que almeja *criar máquinas que imitem as capacidades humanas*.
- Que capacidades são essas?
  - Aprendizado;
  - Adaptação;
  - Comunicação;
  - Raciocínio e tomada de decisão;
  - Resolução de problemas;
  - Criatividade;
  - Movimento;
  - etc.



# O que é inteligência artificial?



- **Definição formal:** Capacidade de uma máquina de *receber estímulos* vindos do ambiente, *interpretá-los*, *aprender* com eles e usar o *conhecimento adquirido* para *tomar decisões e resolver problemas*, *interagindo* com o ambiente.
- Porém, criar máquinas que emulem as nossas capacidades, *não é uma tarefa simples*.

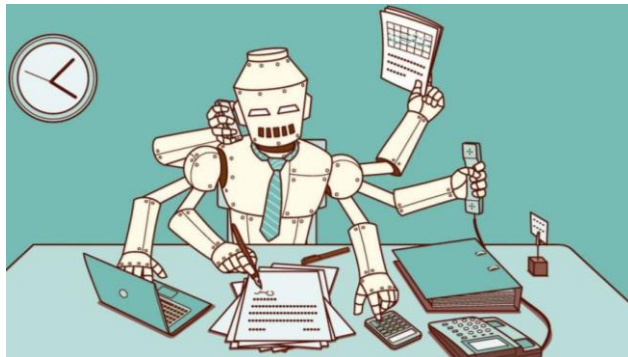
# O problema da inteligência artificial

*IA é uma área muito ampla que engloba várias aplicações (subáreas) diferentes.*



- Portanto, criar máquinas que imitem a inteligência humana é um **problema muito complexo e difícil de ser resolvido de uma só vez**.
- Sendo assim, **divide-se o problema em problemas menores**, chamadas de **subáreas da IA**.

# Subáreas da inteligência artificial



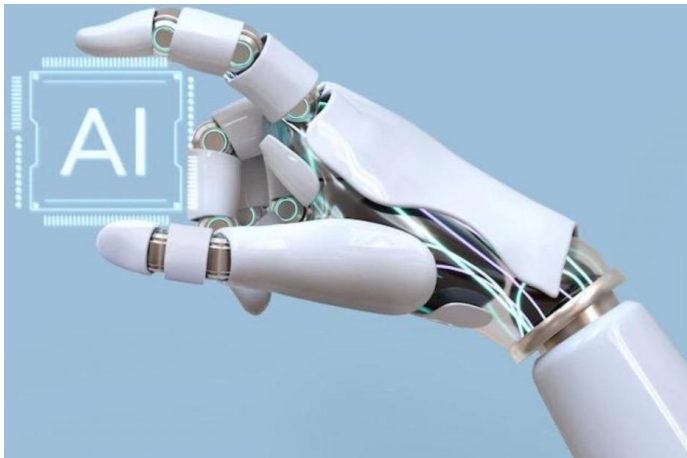
- Processamento de linguagem natural.
  - Compreensão e interpretação de linguagens humanas.
- Representação do conhecimento.
  - Extração e armazenamento eficiente de conhecimento do mundo real.
- Raciocínio automatizado.
  - Resolução de problemas complexos a partir de conhecimento prévio.
- Planejamento.
  - Criação de planos que permitam que uma máquina execute uma tarefa.



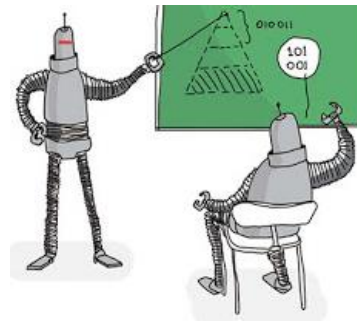
# Subáreas da inteligência artificial



- Visão computacional.
  - Compreensão e interpretação de imagens e vídeos.
- Robótica.
  - Criação de robôs capazes de realizar tarefas físicas e interagir com o ambiente.
- Aprendizado de máquina.
  - Criação de máquinas que aprendem através de experiências prévias.
- Inteligência artificial geral.
  - Criação de máquinas que se comportem como seres humanos. É a meta final da IA.



# Foco do curso



- Como vimos, IA é um área muito ampla e não teríamos tempo para ver todas as subáreas.
- Assim, focaremos no estudo dos fundamentos do **aprendizado de máquina**.
- Por quê?
  - **Caixa de ferramentas:** ML oferece **ferramentas para a análise e solução de vários problemas** em várias áreas, incluindo telecomunicações, de forma eficiente.
  - **Redução de complexidade e custo:** ML pode **reduzir o custo e a complexidade computacional** de procedimentos e processos que muitas vezes têm desempenho ótimo na teoria, mas que não são usados na prática devido a sua alta complexidade e/ou custo proibitivo.
  - **Oportunidades:** existem muitos **empregos** na área de análise, ciência e engenharia de dados, além de **pesquisas inovadoras**, que usam ML para a solução de problemas em diversas áreas.

# O que é o aprendizado de máquina?



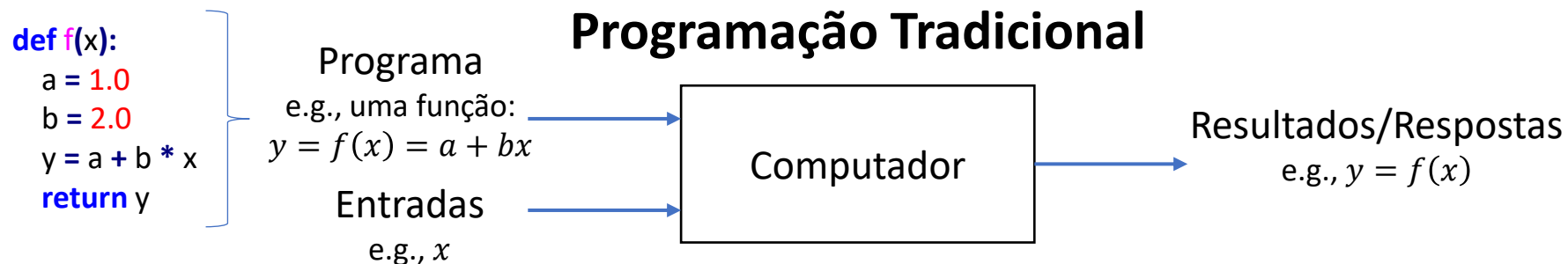
- É uma das subáreas da inteligência artificial.
- O termo foi cunhado em 1959, pelo cientista da computação Arthur Samuel, que o definiu como o  
*“Campo de estudo que dá aos computadores a habilidade de **aprender sem serem explicitamente programados**.”*
- Mas como eles aprendem?
  - Através de **experiências prévias, induz-se** conhecimento nas máquinas.
- Algoritmos de ML são **orientados a dados**, i.e., eles **aprendem automaticamente** (**através de treinamento**) uma **solução geral** a partir de **conjuntos de dados** fornecidos a eles.





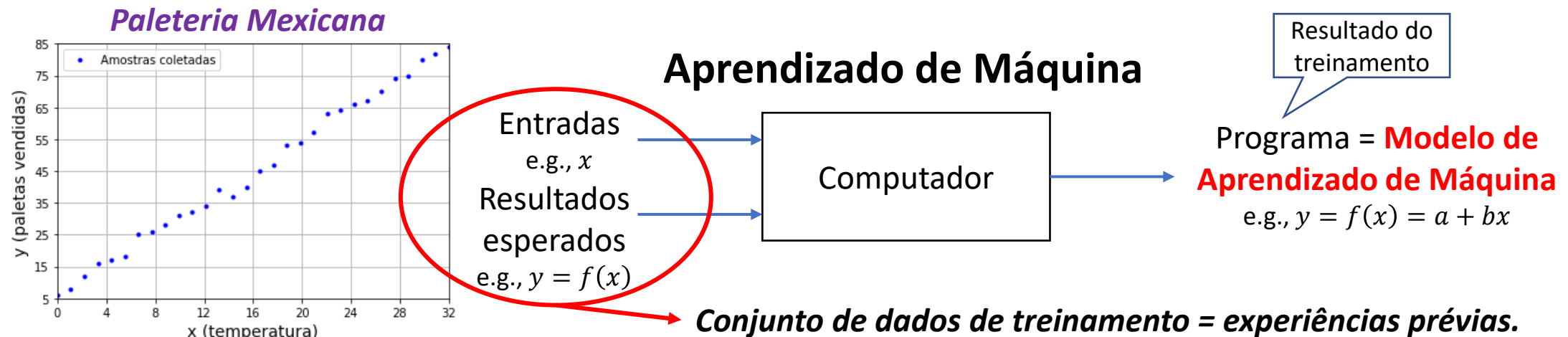
# Paradigma da programação tradicional

- Para entendermos o que é o aprendizado de máquina, vamos fazer um ***paralelo com a programação tradicional***.
- Na programação tradicional, o **programador cria as regras** (i.e., programa) **que mapeiam as entradas,  $x$ , nas saídas,  $y = f(x)$** .
- Imaginem um problema onde a **solução geral** é a equação de uma reta,  **$f(x)$** .



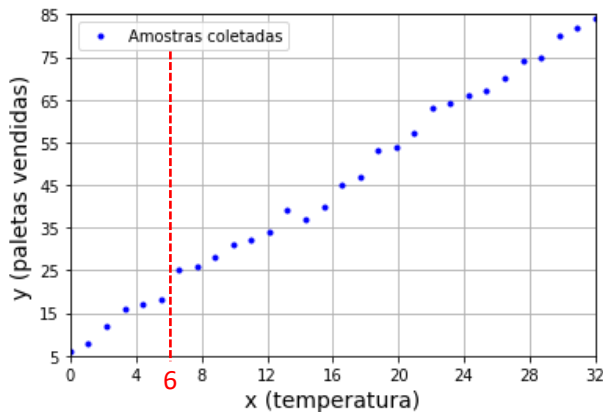
# O paradigma do aprendizado de máquina

- “... *aprender sem serem explicitamente programados*.”
- Esse trecho pode ser entendido se reorganizarmos a figura anterior.
- No ML, nós fornecemos as *entradas* e as *respostas esperadas* ao computador e deixamos que ele *aprenda*, através de *treinamento*, um *modelo* (i.e., as regras) que *mapeie* as entradas nas respostas esperadas.

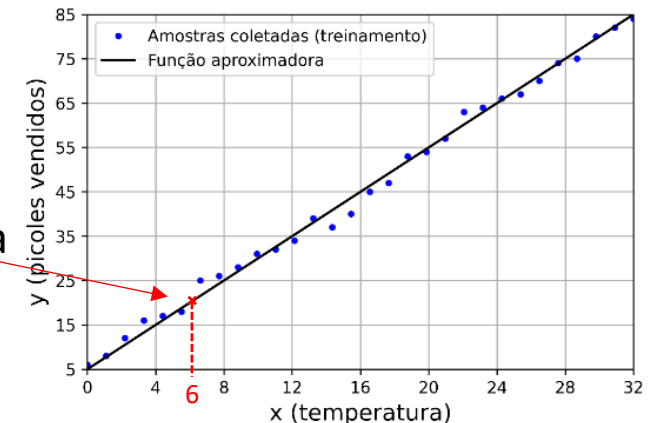


# Generalização

- Porém, não basta que o algoritmo de ML aprenda um modelo que faça um bom mapeamento **apenas para os dados do conjunto de treinamento**.
- O **algoritmo** de ML deve **treinar** um **modelo** que **aprenda** uma **solução geral**, ou seja, que **generalize para entradas não vistas durante o treinamento**.



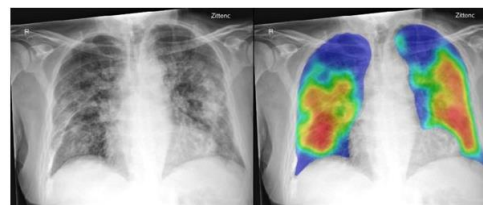
Qual é a estimativa de paletas vendidas quando a temperatura é de  $\approx 6$  graus (valor não visto durante o treinamento)?



A partir do mapeamento aprendido (i.e., **reta**), o modelo gera como saída o valor 23, que é coerente com o restante dos dados.

# Exemplos de aplicações de ML em várias áreas

- **Transporte:** veículos autônomos.
- **Negócios:** recomendação de produtos e conteúdos (e.g., amazon e netflix).
- **Educação:** pontuação automatizada de fala em testes de Inglês.
- **Saúde:** detecção e diagnóstico de doenças (câncer, Alzheimer, pneumonia, COVID-19, etc.).
- **Finanças:** detecção de fraudes com cartão de crédito.
- **Tecnologia:** assistentes pessoais (e.g., *Siri, Alexa, Cortana*, etc.).



# Principais motivos da difusão do ML

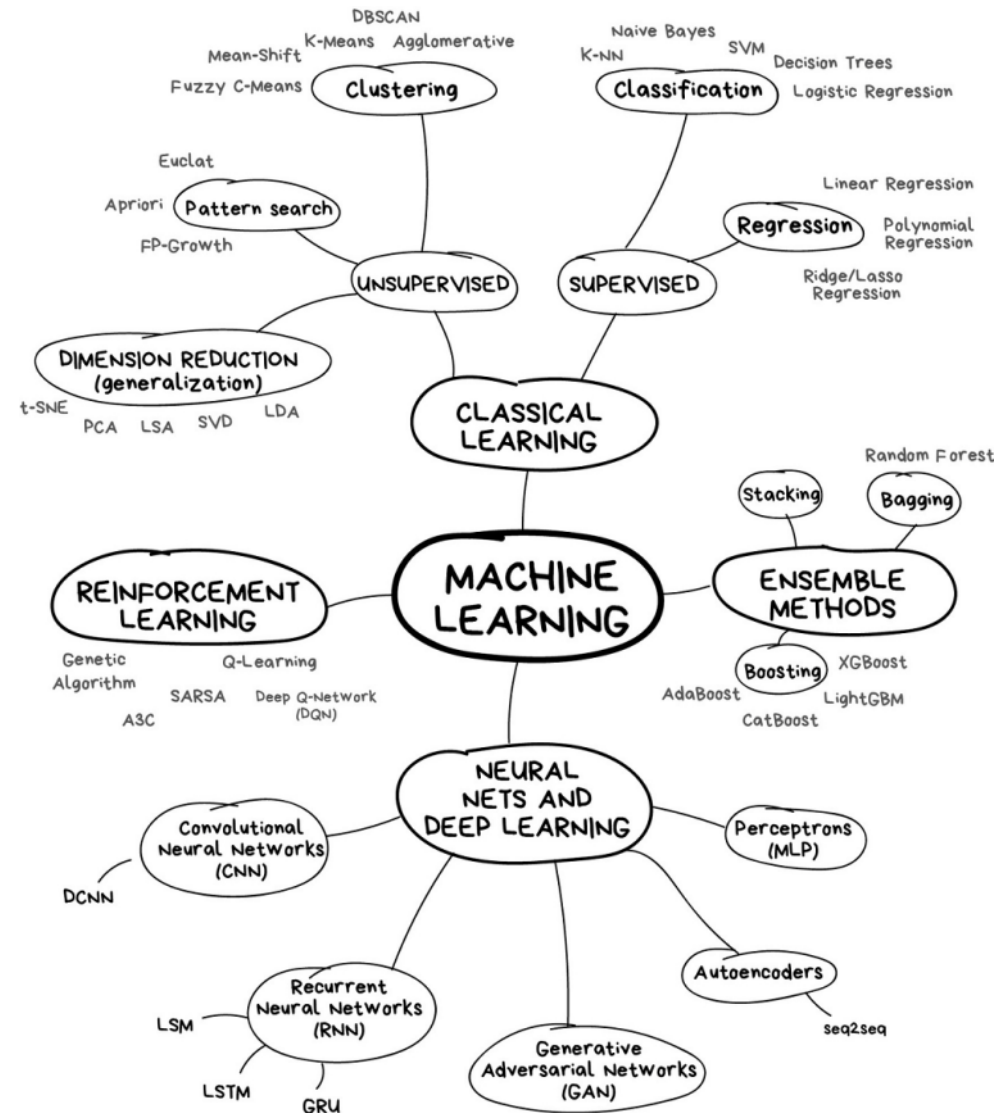
- A possibilidade de **analisar e extrair informações úteis de enormes volumes de dados** (centenas de terabytes por dia) disponíveis atualmente, o que seria impossível para nós, **vale ouro**, pois tem grande potencial para **aumentar o lucro das empresas**.
- O surgimento de **recursos computacionais poderosos** tais como GPUs, FPGAs e CPUs com múltiplos cores.
- Surgimento de **novas estratégias de aprendizagem**, e.g., *deep-learning*, *deep reinforcement-learning*, modelos generativos, *transformers* etc.
- Disponibilidade de **bibliotecas que facilitam o desenvolvimento** de soluções com ML.



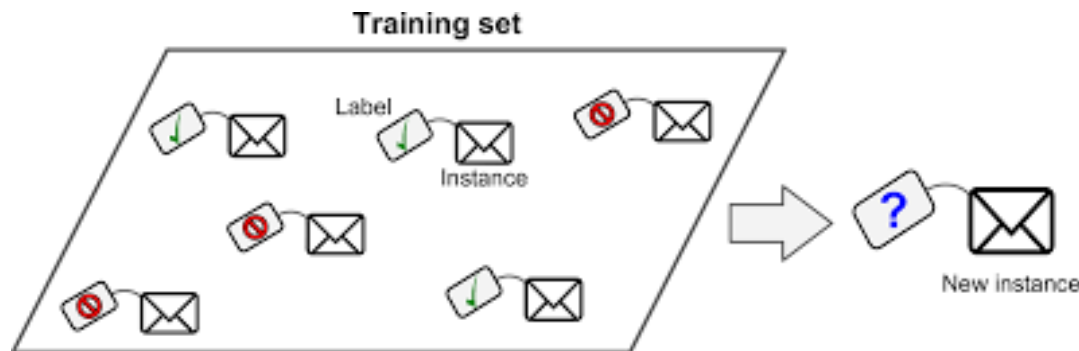
# Paradigmas de aprendizado de máquina

Os algoritmos de aprendizado de máquina podem ser *agrupados* de acordo com o *tipo de aprendizado que realizam*:

- Supervisionado
- Não-Supervisionado
- Semi-Supervisionado
- Por Reforço
- Metaheurístico



# Aprendizado supervisionado

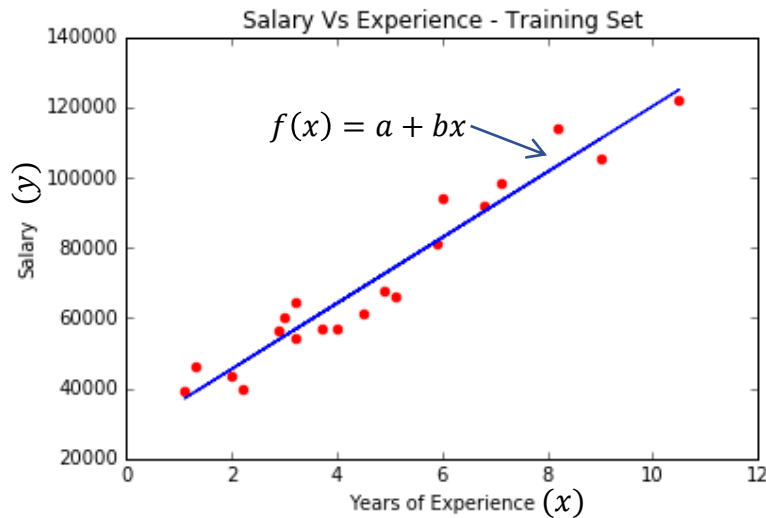


$x = [x_1, x_2, x_3, \dots]$ : data, remetente, assunto, etc.  
 $y$ : spam ou ham

- No aprendizado supervisionado, o **algoritmo de ML tem acesso às saídas esperadas**,  $y$ , chamadas de **rótulos** (ou **labels**, em inglês), **para o conjunto de valores de entrada**, chamados de **atributos**,  $x$ .
- Em outras palavras, cada **exemplo de treinamento** é composto pelos valores de entrada,  $x$  (**atributos**), e sua saída correspondente,  $y$  (**rótulo**).
  - OBS.: Em alguns casos, têm-se mais de uma saída esperada.



# Aprendizado supervisionado

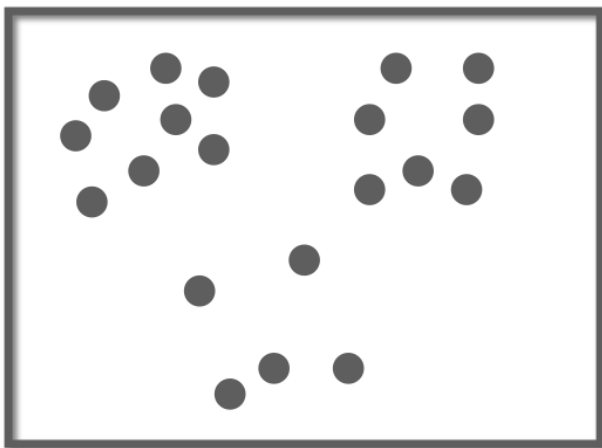


$x = [x_1, x_2, x_3, \dots]$ : data, remetente, assunto, etc.  
 $y$ : spam ou ham

- **Objetivo:** os algoritmos *supervisionados* de ML devem **aprender** uma **função** (i.e., o modelo) que **mapeie** as entradas  $x$  nas saídas esperadas,  $y$ , ou seja,  $y = f(x)$ .
- Esse tipo de aprendizado é dividido em **problemas** de **regressão** e **classificação**.
  - **Regressão:** o rótulo,  $y$ , pertence a um **conjunto infinito** de valores, i.e., números reais.
    - **Exemplo:** anos de experiência versus salário.
  - **Classificação:** o rótulo,  $y$ , pertence a um **conjunto finito e discreto** de valores, i.e., número de possíveis classes.
    - **Exemplo:** filtro de spam.

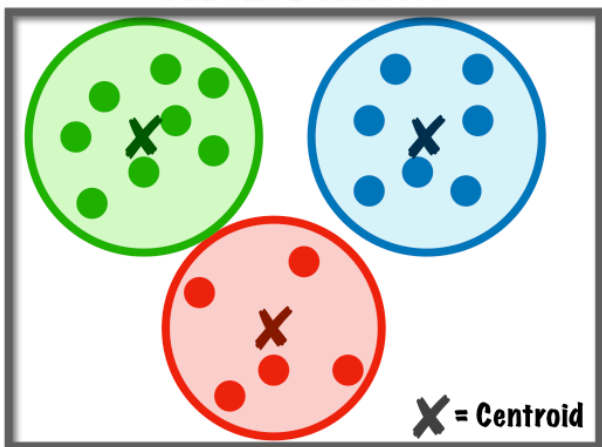
# Aprendizado não-supervisionado

Dados não rotulados



Algoritmo de aprendizado não-supervisionado

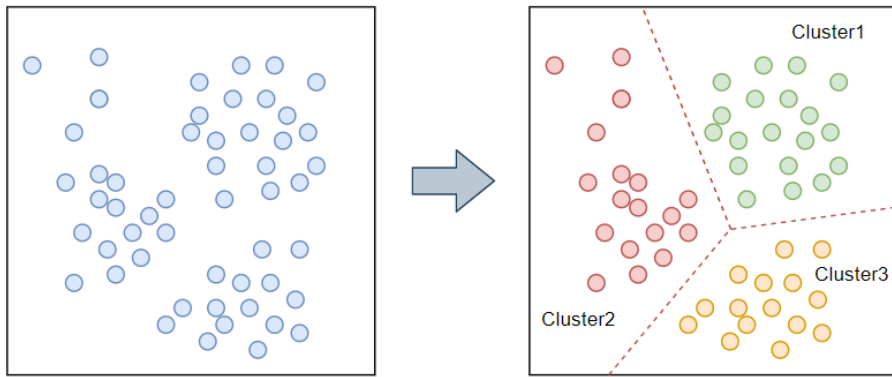
Dados agrupados por proximidade



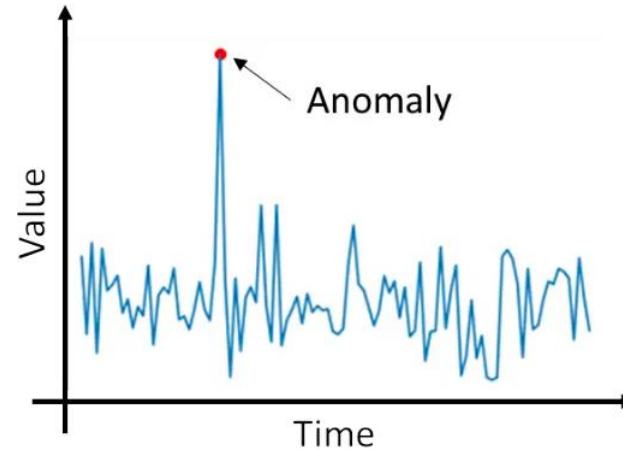
- Neste tipo de aprendizado, os algoritmos de ML **não têm acesso às saídas esperadas,  $y$ .**
- Os algoritmos só têm acesso aos **atributos,  $x$ .**
- **Objetivo:** os algoritmos devem **aprender/descobrir** padrões, muitas vezes ocultos, presentes nos dados se baseando apenas, por exemplo, na **similaridade** entre os **atributos,  $x$**  ou seja, **sem a presença de rótulos.**

# Aprendizado não-supervisionado

Clusterização



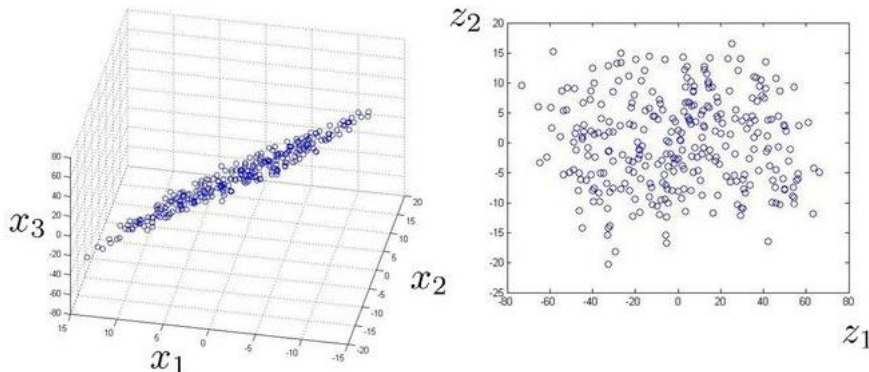
Detecção de Anomalias



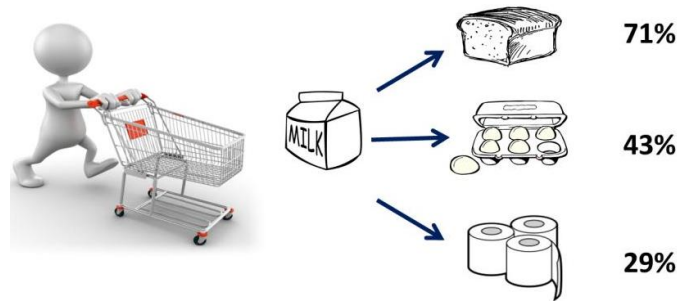
- Esses algoritmos de ML tratam problemas de **clusterização**, **detecção de anomalias** (outliers), **redução de dimensionalidade**, e **aprendizado de regras de associação**.

Redução de dimensionalidade

Reduce data from 3D to 2D



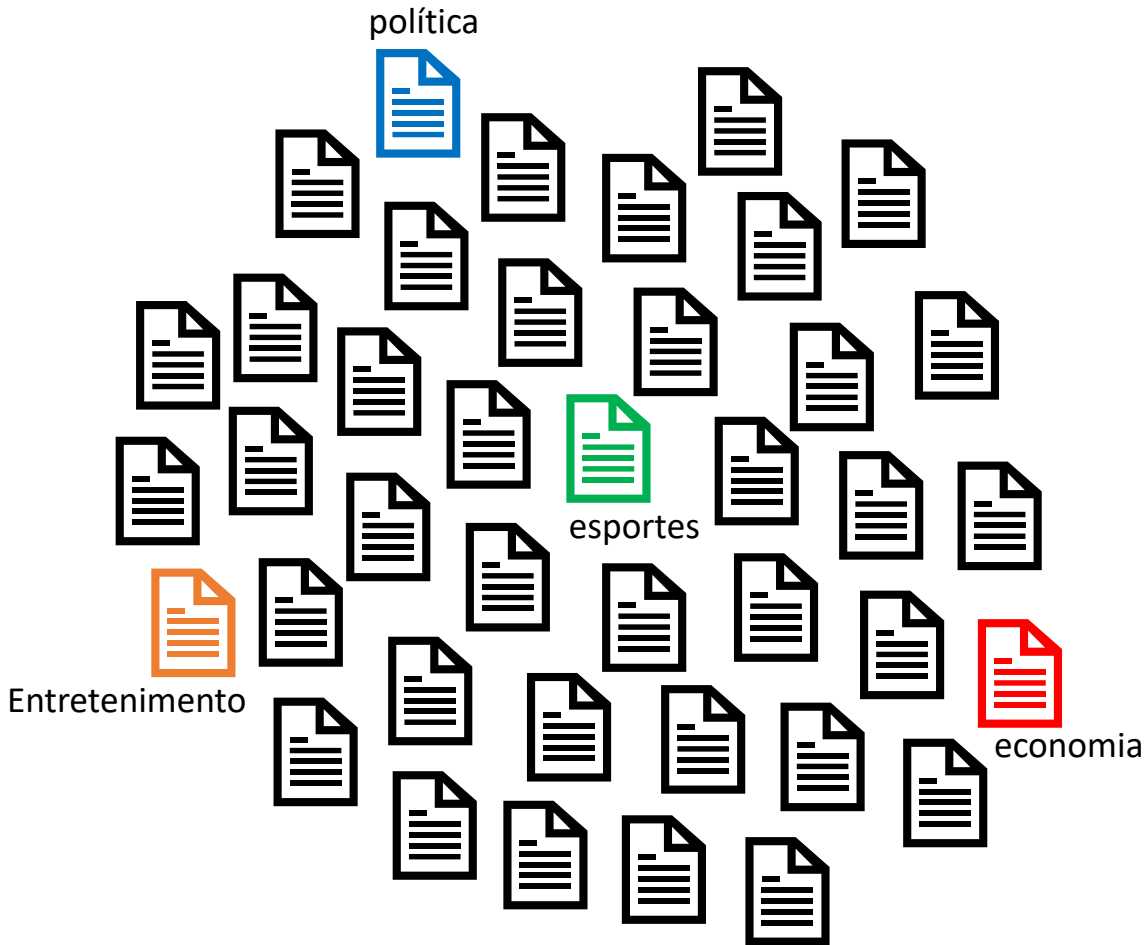
Regras de associação



Of transactions that included milk:

- 71% included bread
- 43% included eggs
- 29% included toilet paper

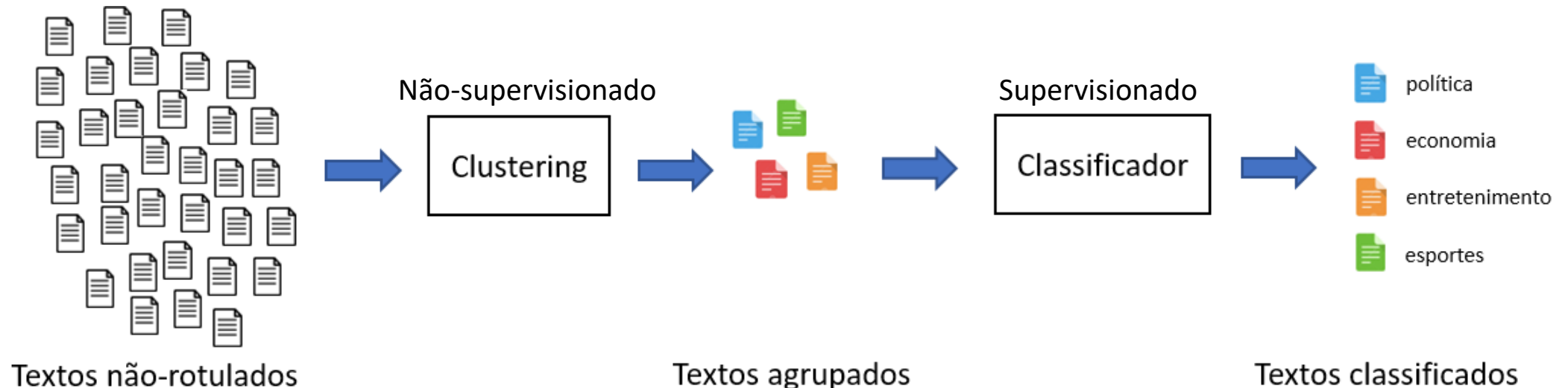
# Aprendizado semi-supervisionado



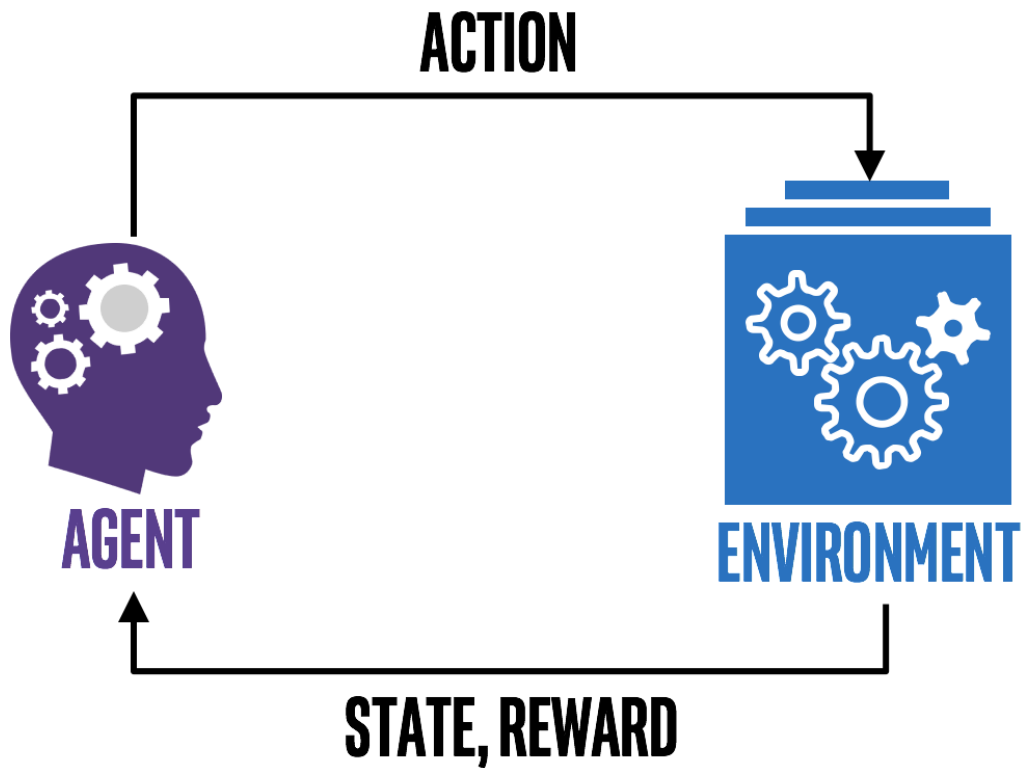
- Neste tipo de aprendizado, os algoritmos de ML têm acesso a *exemplos de treinamento com e sem rótulos*.
- Geralmente envolve uma *pequena quantidade de dados rotulados* e uma *grande quantidade de dados não-rotulados*.
- É de grande ajuda em casos onde se ter uma grande quantidade de *dados rotulados é muito demorado, caro ou complexo*.

# Aprendizado semi-supervisionado

- Algoritmos de aprendizagem semi-supervisionada são o resultado da **combinação de algoritmos não-supervisionados e supervisionados**.
- Uma maneira de realizar aprendizado semi-supervisionado é combinar algoritmos de **clusterização** e **classificação**.
  - Por exemplo, como **classificaríamos** uma quantidade massiva de textos **não-rotulados** da internet?

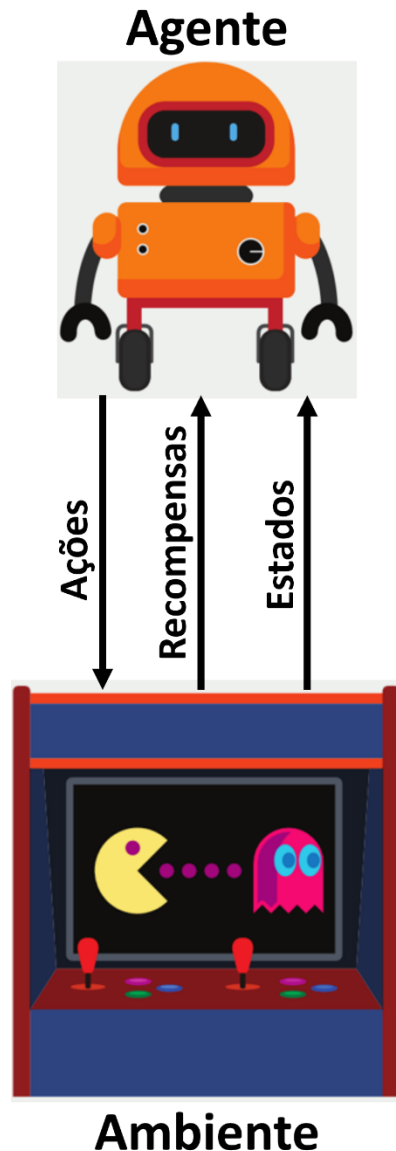


# Aprendizado por reforço



- Abordagem de aprendizado totalmente diferente das anteriores, pois *não temos exemplos de treinamento*, sejam eles rotulados ou não.
- O algoritmo de aprendizado por reforço, chamado de *agente* nesse contexto, aprende como se comportar em um *ambiente* através de interações do tipo *tentativa e erro*.
- O *agente* observa o *estado* do *ambiente*, seleciona e executa uma *ação* e recebe uma *recompensa* (ou *reforço +/-*) em consequência da *ação* tomada.

# Aprendizado por reforço

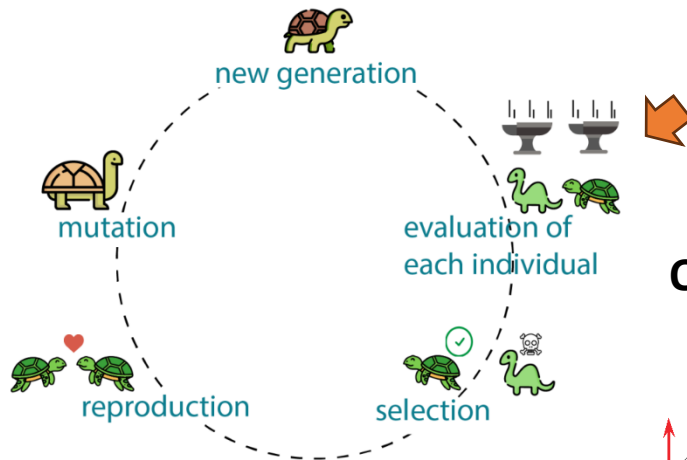


- Seguindo estes passos, o agente aprende por si só qual a melhor **estratégia**, chamada de **política**, para obter a **maior recompensa possível ao longo do tempo**.
- Uma **política** define qual **ação** o **agente** deve escolher quando o **ambiente** estiver em um determinado **estado**.
- Portanto, a **política** é uma **função que mapeia os estados do ambiente em ações** que o **agente** deve tomar para **maximizar as recompensas**.

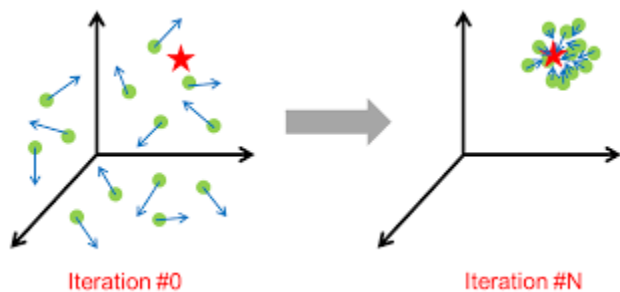


# Aprendizado metaheurístico

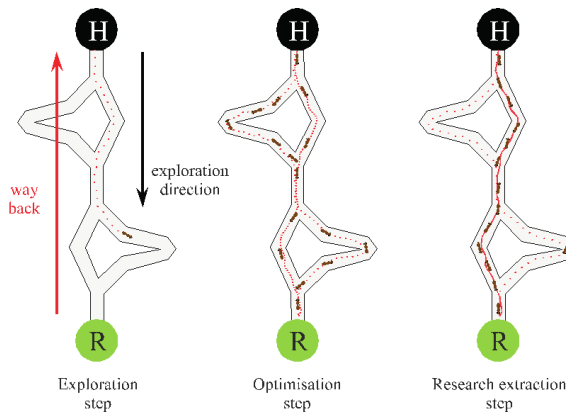
## Algoritmo genético



## Otimização por exame de partículas



## Otimização por colônia de formigas

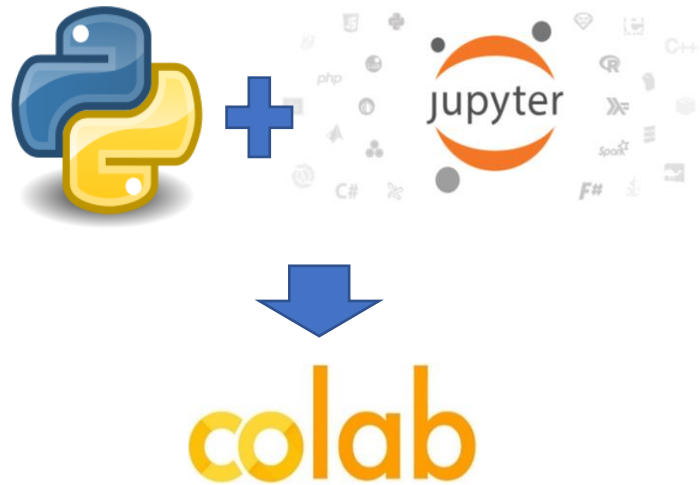


- **Metaheurísticas** são algoritmos usados para encontrar soluções de **forma rápida** e **genérica**, mas muitas vezes **subótimas**, para **problemas complexos de otimização**.
- Metaheurísticas são aplicadas a problemas onde **métodos convencionais** são impraticáveis, devido à **alta complexidade**, ou o **espaço de busca é extremamente grande**.

# Aprendizado metaheurístico

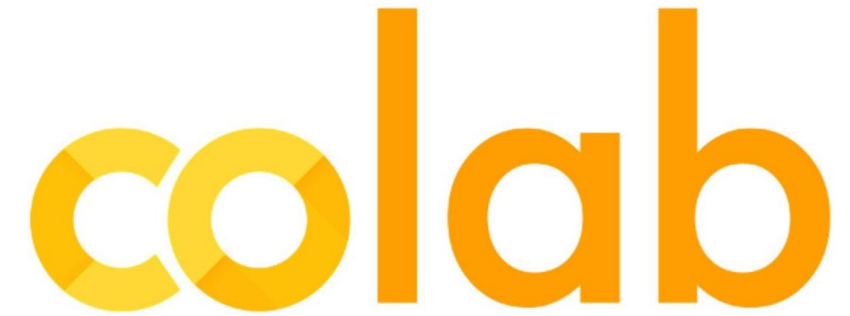
- Características das metaheurísticas:
  - não ***garantem que uma solução ótima seja encontrada***, mas podem encontrar uma ***solução suficientemente boa*** (i.e., subótima).
  - são estratégias ***que orientam o processo de busca através do espaço de soluções***.
  - não são específicas de um problema, ou seja, ***são genéricas***.
  - funcionam bem mesmo em dispositivos com ***capacidade computacional limitada*** (e.g., dispositivos IoT).
- São, em sua grande maioria, algoritmos inspirados pelo ***processo de seleção natural*** (e.g., algoritmo genético) ou no ***comportamento de grupos de animais*** (e.g., algoritmos de otimização por exame de partículas e por colônia de formigas).

# Executando códigos



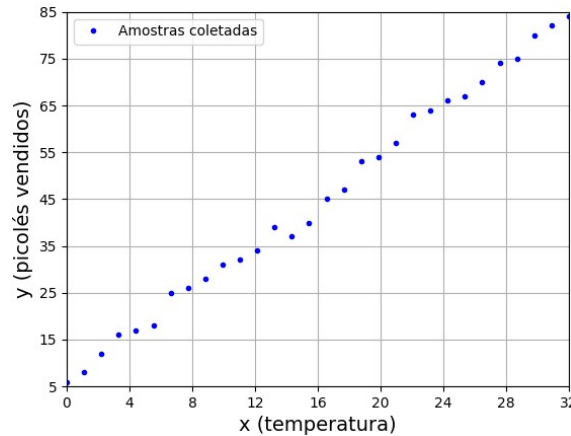
- Durante o curso, usaremos **Python** como linguagem de programação.
  - Fácil de aprender, possui várias bibliotecas, é a linguagem mais utilizada em ML e é gratuita e *open-source*.
- Utilizaremos **notebooks Jupyter** para execução de exemplos e resolução dos laboratórios.
  - Eles são **documentos virtuais** usados para desenvolver e documentar código.
  - Pode-se adicionar equações, gráficos e texto.
- Para executá-los, utilizaremos o **Google Colaboratory** ou apenas **Colab**, que é um ambiente computacional interativo e gratuito executado na nuvem.
- Portanto, **vocês não precisam instalar nada**, apenas terem um navegador web e conexão com a internet.

# Google Colaboratory (Colab)



- **Colab** é uma aplicação web gratuita que permite a *criação, edição e execução* de ***notebooks Jupyter*** em navegadores web.
- É um produto da Google.
- Vantagens:
  - Grande número de servidores.
  - Rápida inicialização e processamento do código.
  - Fornece acesso a GPUs e TPUs gratuitamente.
  - Notebooks podem ser salvos no seu Google Drive, evitando que você perca seu código.
- Desvantagem
  - Por hora, suporta apenas a execução de códigos escritos em Python.
- URL: <https://colab.research.google.com/>

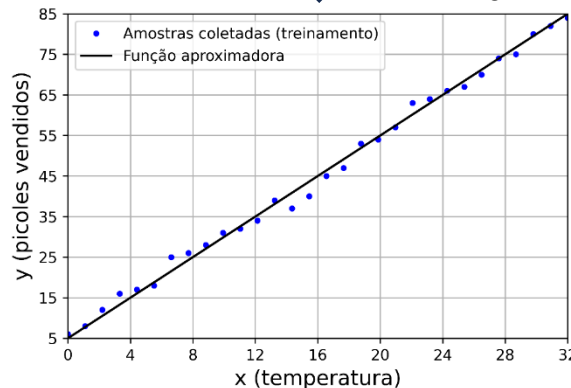
# Objetivo do curso



↓  $x$  e  $y$

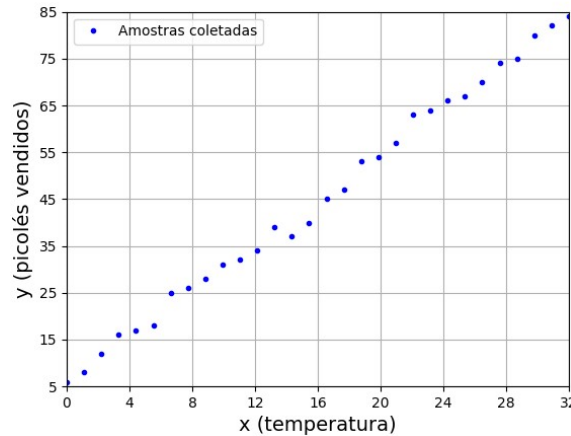
Machine  
Learning

↓  $\hat{y} = a_0 + a_1x$



- O **objetivo** desta primeira parte do curso é ensinar a vocês **como encontrar uma função** (i.e., **um modelo**), **usando ML**, que **aproxime** (i.e., **aprenda**) o comportamento geral por trás de um **conjunto de amostras** ( $x$  e  $y$ ) da **melhor forma possível**.
  - Tanto para amostras conhecidas quanto para inéditas.

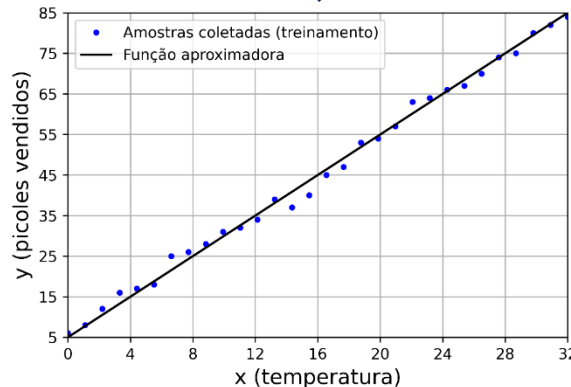
# Objetivo do curso



↓  $x$  e  $y$

Machine  
Learning

↓  $\hat{y} = a_0 + a_1x$



- Mas o que você quer dizer com *melhor forma possível*?
- Na maioria dos casos, o *mapeamento verdadeiro* entre  $x$  e  $y$  *não é conhecido ou nem mesmo existe* e nós nos baseamos apenas em uma *métrica* para definir se a função de mapeamento aprendida (i.e., o *modelo*) é boa ou não.
  - **Exemplo:** dada a previsão da temperatura média para um dia qualquer, quantos picolés serão vendidos?

# Referências

- [1] Stuart Russell e Peter Norvig, “*Artificial Intelligence: A Modern Approach*,” Prentice Hall Series in Artificial Intelligence, 3rd ed., 2015.
- [2] Aurélien Géron, “*Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn and TensorFlow: Concepts, Tools, and Techniques to Build Intelligent Systems*”, 1st ed., O'Reilly Media, 2017.
- [3] Levy Boccato, “Notas de aula do curso Tópicos em Sistemas Inteligentes II - Aprendizado de Máquina” (IA006), disponíveis em [https://www.dca.fee.unicamp.br/~lboccato/ia006\\_2s2019.html](https://www.dca.fee.unicamp.br/~lboccato/ia006_2s2019.html) (2019).
- [4] Joseph Misiti, “*Awesome Machine-Learning*,” on-line data base with several free and/or open-source books (<https://github.com/josephmisiti/awesome-machine-learning>).
- [5] C. M. Bishop, “*Pattern Recognition and Machine Learning*,” Springer, 1st ed., 2006.
- [6] Coleção de livros, <https://tinyurl.com/mp64ksye>



# Avisos

- Toda a nossa comunicação (avisos, atendimentos e tarefas) será feita via Teams.
- Todas as aulas serão gravadas e os vídeos ficarão disponíveis na pasta "Recordings" dentro de "Arquivos".
- Todo material do curso está disponível no GitHub:
  - [https://github.com/zz4fap/t319\\_aprendizado\\_de\\_maquina](https://github.com/zz4fap/t319_aprendizado_de_maquina)
- As entregas das atividades (laboratórios e quizzes) devem ser feitas através do Teams.
  - Se atentem às datas e horários de entrega das atividades no Teams.

# Avisos

- Vídeos do minicurso curso de Python e de como usar o Colab estão na pasta “*Recordings*” dentro de “Arquivos”.
- Horários de Atendimento
  - Professor: quintas-feiras das 16:00 às 17:00.
  - Monitor (Marcus Wilians Gomes Chagas: [marcuswilians@gea.inatel.br](mailto:marcuswilians@gea.inatel.br)): todas as terças-feiras das 17:30 às 19:30.
  - Atendimento remoto via Teams.

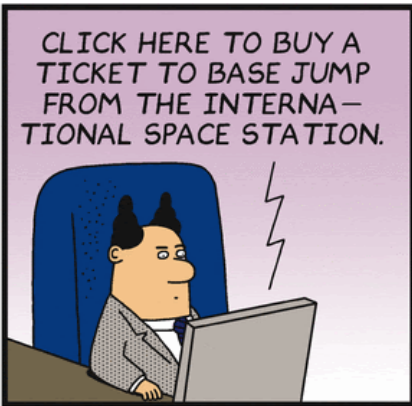
# Tarefas

- **Quiz:** “*T319 - Quiz - Introdução*” que se encontra no MS Teams.
- **Exercício Prático:** [Laboratório #1](#).
  - Pode ser acessado através do link acima (Google Colab) ou no GitHub.
  - **Vídeo explicando o laboratório #1: Arquivos -> Recordings -> Laboratório #1.**
  - Se atentem aos prazos de entrega.
  - [Instruções para resolução e entrega dos laboratórios.](#)

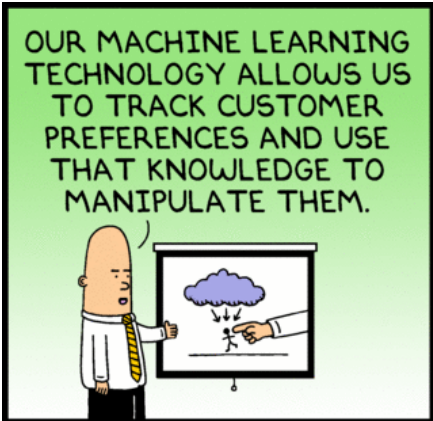
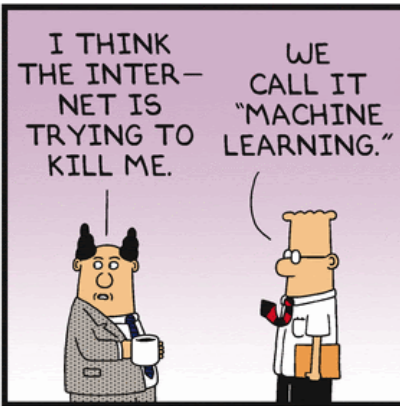
Obrigado!



Dilbert.com DilbertCartoonist@gmail.com



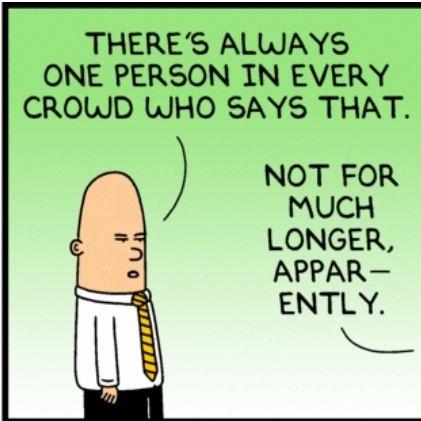
2-2-13 ©2013 Scott Adams, Inc./Dist. by Universal Uclick



Dilbert.com DilbertCartoonist@gmail.com



1-31-13 ©2013 Scott Adams, Inc./Dist. by Universal Uclick

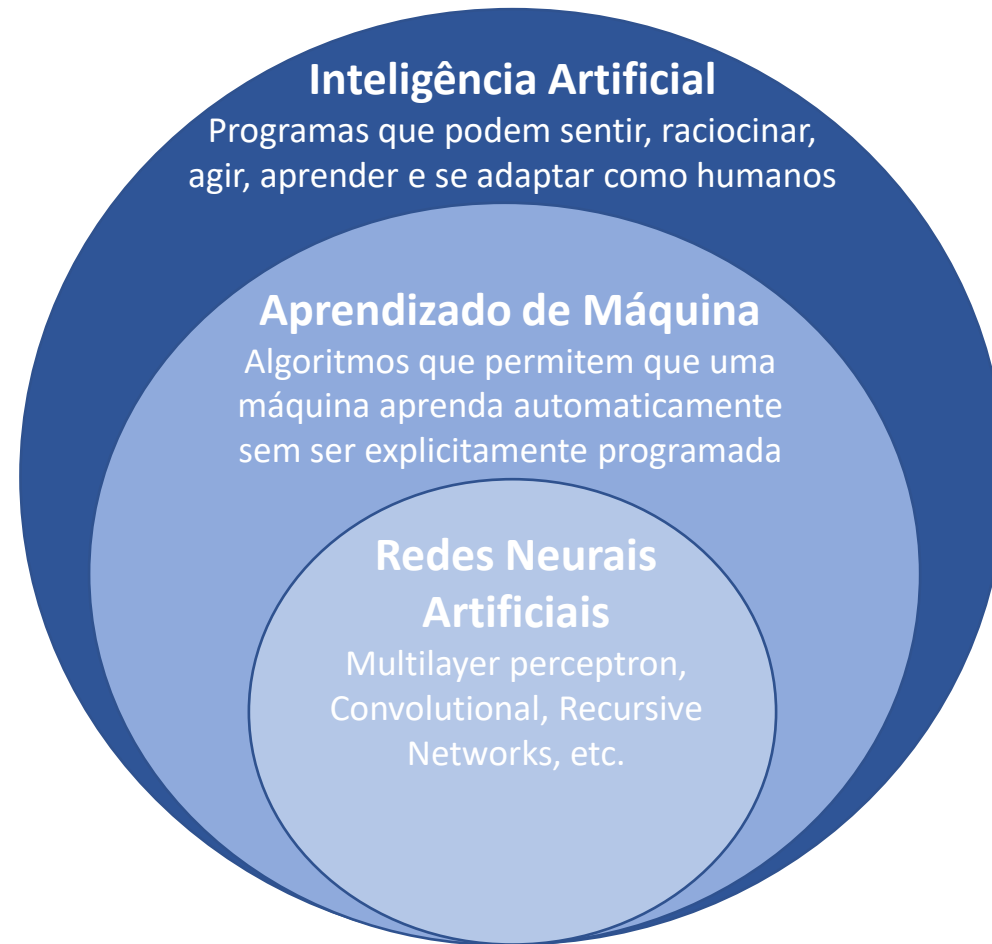


www.dilbert.com scottadams@aol.com

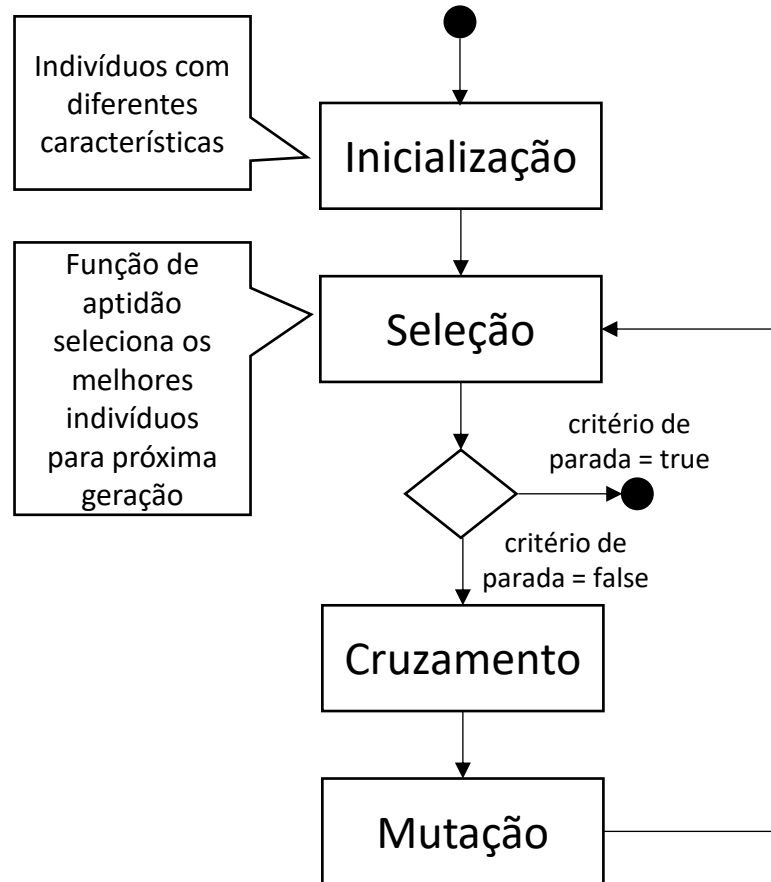


©2003 United Feature Syndicate, Inc.











State

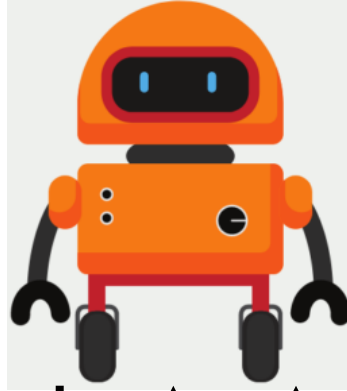
Action

Q-Table

State/Action	Value
-/-	0
-/-	0
-/-	0
-/-	0
-/-	0
-/-	0

Q-Value

**Agente**



Ações

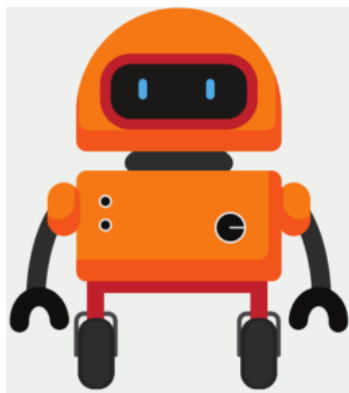
Recompensas

Estados



**Ambiente**

## Agente



Ações



Recompensas



Estados



## Ambiente

