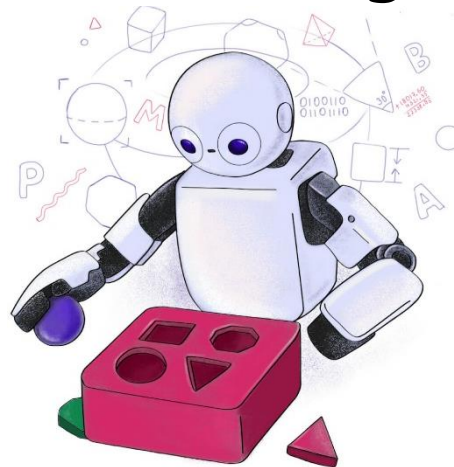


# T319 - Introdução ao Aprendizado de Máquina: *Introdução*



***Inatel***

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

# A disciplina

- **Introdução** ao aprendizado de máquina.
- Curso introdutório onde veremos os **conceitos básicos** de funcionamento de alguns **algoritmos de aprendizado de máquina** ou do Inglês, **machine learning** (ML).
- O curso será 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 algoritmos discutidos.
- Não nos aprofundaremos nos conceitos matemáticos envolvidos.
- Porém, precisamos conhecer Python e alguns conceitos de cálculo, álgebra linear e estatística.

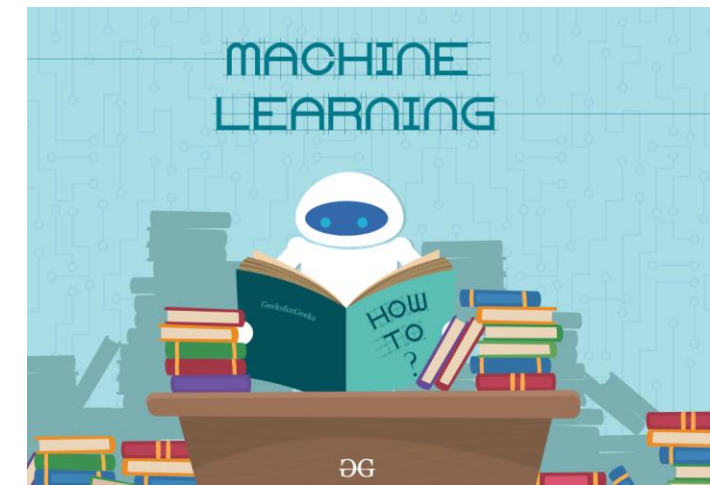
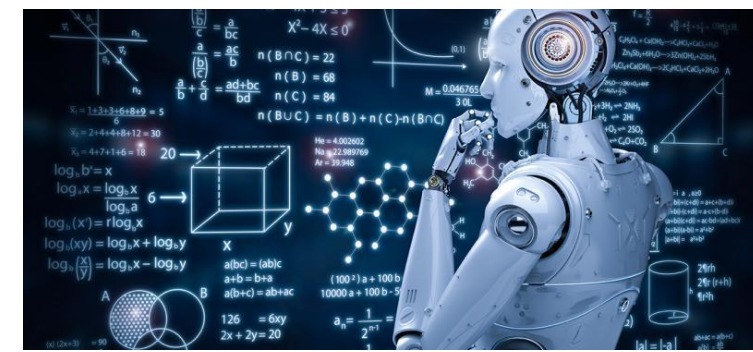
# Cronograma

- Aulas quinzenais, começando sempre às 19:30.

| Aula | Data       | Dia         | Horário        | Atividade                              |
|------|------------|-------------|----------------|--|
| 1    | 4/8/2023   | Sexta-feira | 19:30 às 21:10 | Introdução ao Aprendizado de Máquina   |
| 2    | 18/8/2023  |             |                | Introdução ao Aprendizado de Máquina   |
| 3    | 1/9/2023   |             |                | Introdução ao Aprendizado de Máquina   |
| 4    | 15/9/2023  |             |                | Introdução ao Aprendizado de Máquina   |
| 5    | 29/9/2023  |             |                | Introdução ao Aprendizado de Máquina   |
| 6    | 13/10/2023 |             |                | Introdução ao Aprendizado de Máquina   |
| 7    | 27/10/2023 |             |                | Introdução ao Aprendizado de Máquina   |
| 8    | 10/11/2023 |             |                | <b>Avaliação Presencial (Sala ???)</b> |
| 9    | 24/11/2023 |             |                | Introdução ao Aprendizado de Máquina   |
| 10   | 8/12/2023  |             |                | Introdução ao Aprendizado de Máquina   |

# Objetivo do curso

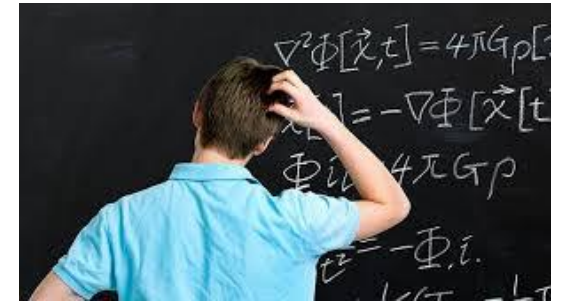
- O objetivo principal do curso é apresentar
  - os ***conceitos fundamentais*** da teoria do aprendizado de máquina.
  - um ***conjunto de ferramentas*** (ou seja, algoritmos) de aprendizado de máquina para solução de problemas.
- Ao final do curso vocês devem ser capazes de
  - Entender e discutir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



# Critérios de avaliação



- Um (1) trabalho em grupo com peso de 85%.
  - Envolvendo questões teóricas e/ou práticas.
  - Uma parte do trabalho será feita **presencialmente**.
- Atividades (quizzes e laboratórios) com peso de 15%.
  - Podem sempre ser entregues até a próxima aula.
  - Laboratórios podem ser resolvidos em grupo, mas entregas devem ser individuais.
  - Exercícios serão atribuídos através do MS Teams.
- Extra: 10% da nota da FETIN.
- **Frequência**
  - Gerada automaticamente pelo MS Teams.
  - Por favor, acompanhem a frequência através do portal.



# Motivação

- **Emprego:** grandes companhias usam IA em seus produtos e soluções internas para resolver os mais diversos tipos de problemas e, assim, aumentarem sua eficiência e, conseqüentemente, os lucros.



- **Pesquisa:** já se prevê que IA terá um papel importante no desenvolvimento da próxima geração de redes móveis e sem-fio (e.g., 6G).

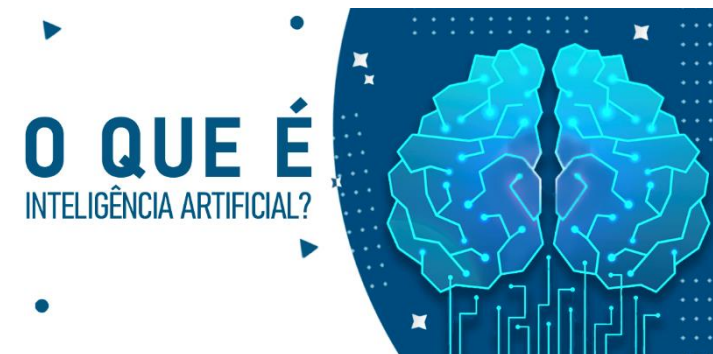




# Inteligência Artificial



- **Definição:** Capacidade de uma máquina de ***interpretar estímulos*** vindos do ambiente, ***aprender*** com eles e usar o ***conhecimento adquirido*** para ***realizar tarefas***.
- **Objetivo:** Criar máquinas que ***imitem a inteligência humana*** para realizar tarefas e que se ***aprimoram com base nas informações que coletam***.
- Porém, ensinar as máquinas a pensar como nós não é uma tarefa tão simples.



# Inteligência Artificial

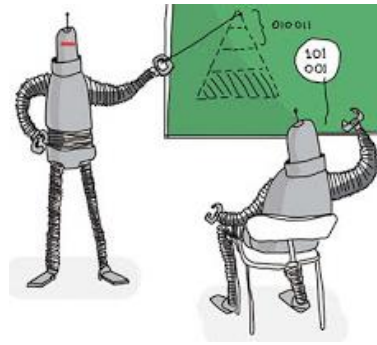
- Para criar máquinas que simulem a inteligência humana, divide-se o problema em problemas menores (subáreas):
  - Processamento de linguagem natural.
    - ✓ Geração e compreensão automática de linguagens naturais.
  - Representação do conhecimento.
    - ✓ Criação e armazenamento de conhecimento do 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.
  - Visão computacional.
    - ✓ Extração de informações de imagens e vídeos.
  - Robótica.
    - ✓ Projeto, construção e operação de robôs que repliquem ações humanas.
  - Aprendizado de máquina.
    - ✓ Criação de máquinas que aprendem através de exemplos (i.e., experiências prévias).
  - Inteligência artificial geral.
    - ✓ Criação de máquinas que solucionem qualquer tipo de problema. É a meta final da IA.

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





# Foco do curso



- Como vimos, IA é um área muito ampla, e, portanto, focaremos no estudo de algoritmos de ***Aprendizado de Máquina*** (do inglês, *Machine Learning - ML*).
- **Por quê?**
  - ***Caixa de ferramentas***: ML oferece ***ferramentas importantes para a análise e solução eficiente de vários problemas*** em várias áreas, incluindo telecomunicações.
  - ***Redução de complexidade e custo***: vários procedimentos e processos de várias áreas que apresentam desempenho ótimo na teoria não são utilizados na prática, pois possuem complexidade computacional e/ou custo proibitivos.
  - ***Oportunidades***: existem muitos ***empregos*** na área de análise, ciência e engenharia de dados, além de ***pesquisas inovadoras*** que usem ML para a solução de problemas em diversas áreas do conhecimento.

# Mas então, o que é ML?

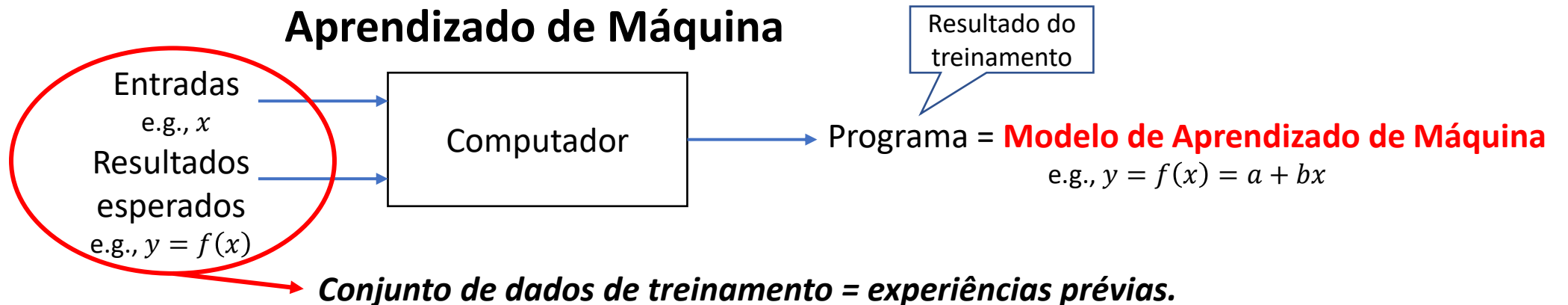
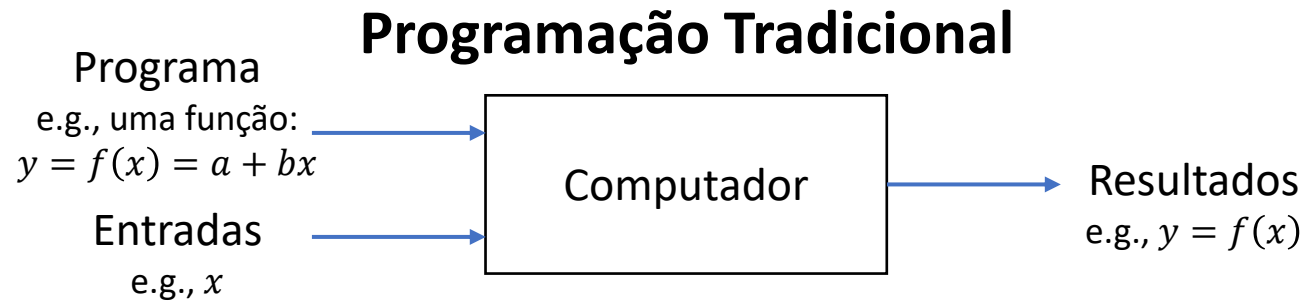


- É uma das subáreas da inteligência artificial.
- O termo foi cunhado em 1959, pelo cientista da computação Arthur Samuel, que o definiu como o  
*“Campo de estudo que dá aos computadores a habilidade de **aprender sem serem explicitamente programados.**”*
- Através de **experiências prévias, induz-se**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



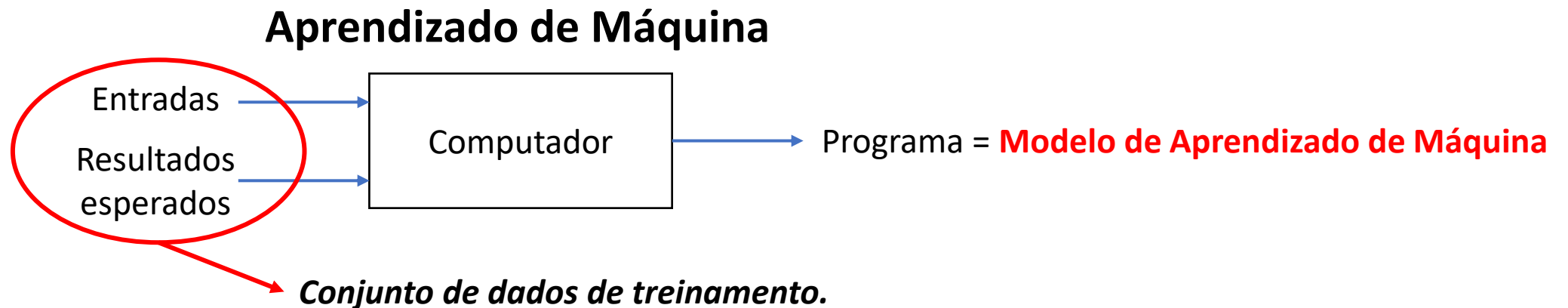
# O que é o Aprendizado de Máquina?

- “... *aprender sem serem explicitamente programados.*”

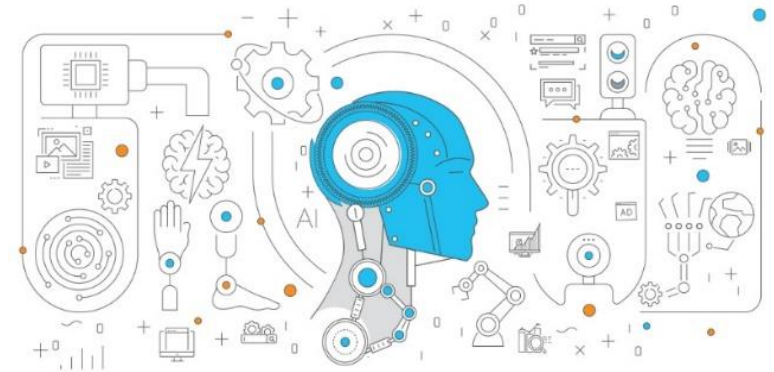


# O que é o Aprendizado de Máquina?

- Através de **treinamento** com um **conjunto de dados** (entradas e saídas esperadas), o **algoritmo** de ML **aprende** um **modelo** que **reproduz os resultados esperados** e, o mais importante, **generaliza** para **entradas não vistas durante o treinamento**.



# Exemplos de aplicações de ML



- **Transporte:** veículos autônomos.
- **Negócios:** recomendação de produtos e conteúdos (e.g., amazon e netflix).
- **Educação:** pontuação automatizada de fala em testes de Inglês.
- **Medicina:** 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

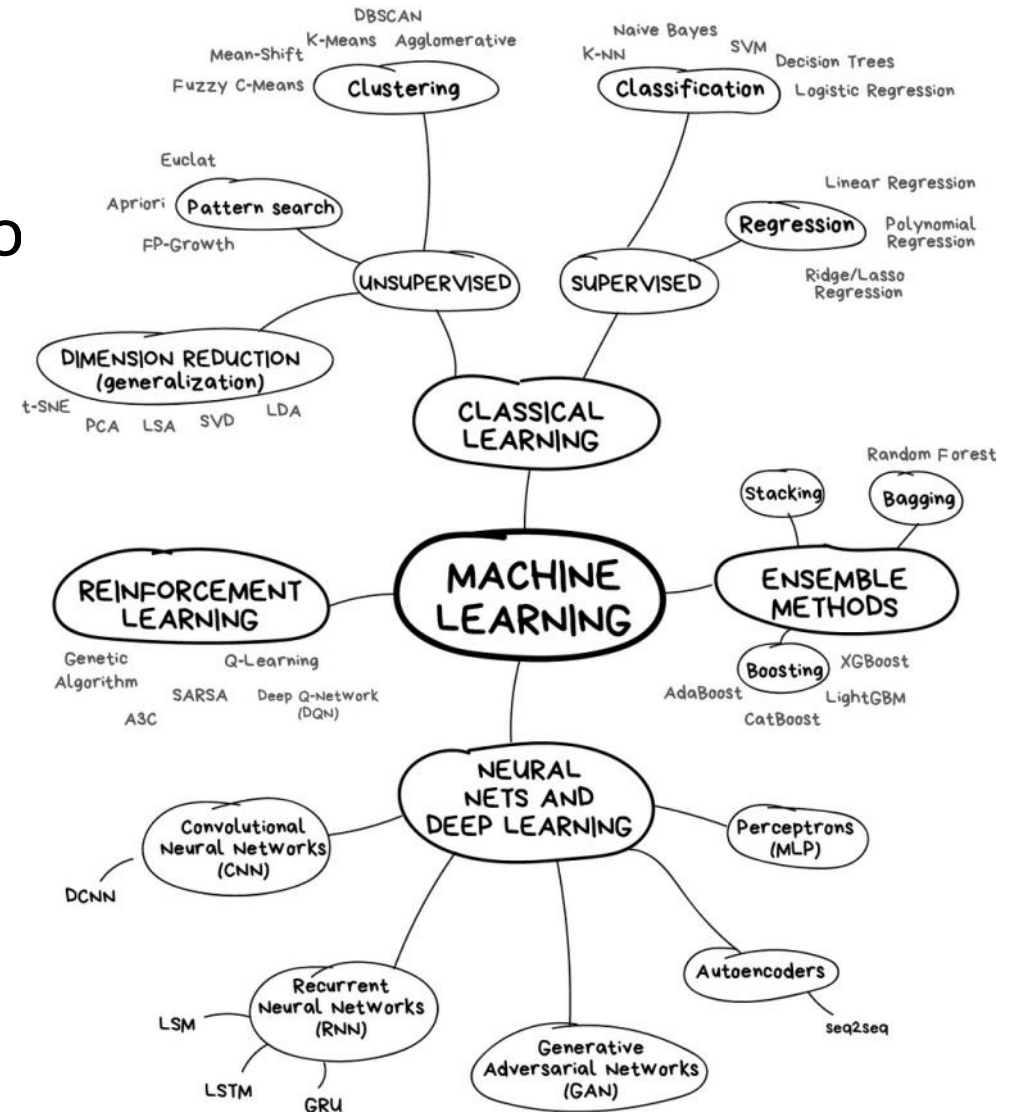
- Possibilidade de ***analisar e extrair informações úteis de enormes volumes de dados*** (de tera a petabytes) disponíveis atualmente, o que seria impossível para nós.
- A ***extração de informações úteis*** a partir de dados ***vale ouro***, pois tem grande potencial para ***aumentar o lucro*** das empresas.
- O surgimento de recursos computacionais poderosos tais como GPUs, FPGAs e CPUs com múltiplos cores.
- Surgimento de novas e eficientes estratégias de aprendizagem, e.g., *deep-learning, deep reinforcement-learning, generative adversarial learning*, etc.
- Disponibilidade de *frameworks* e bibliotecas que facilitam o desenvolvimento de soluções com ML.



# Tipos de Aprendizado de Máquina

Os algoritmos de aprendizado de máquina podem ser agrupados de acordo com o tipo de (paradigma) aprendizado que realizam:

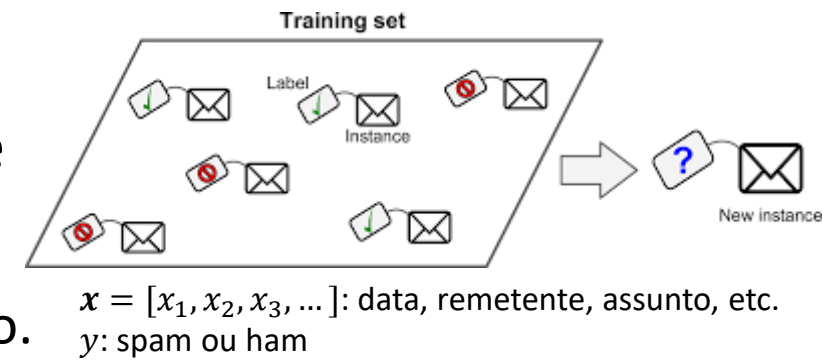
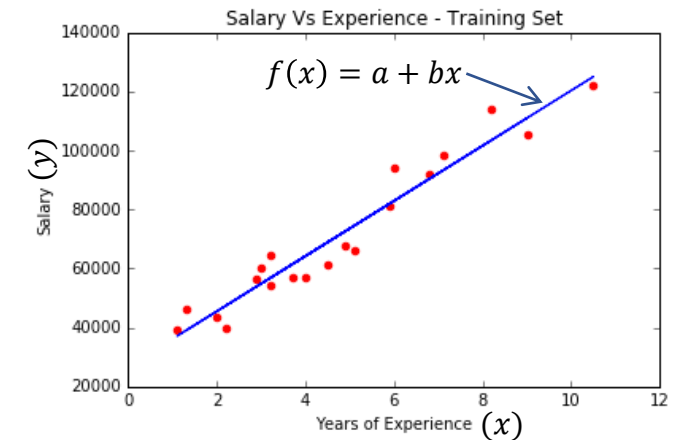
- Supervisionado
- Não-Supervisionado
- Semi-Supervisionado
- Por Reforço
- Metaheurístico





# Aprendizado Supervisionado

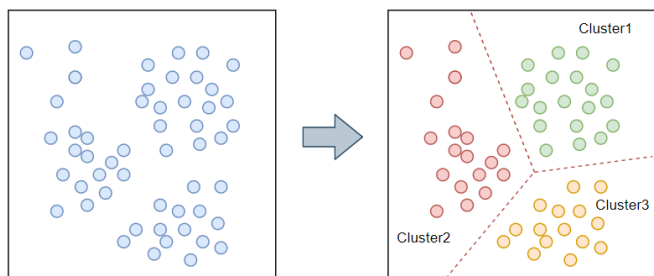
- No aprendizado supervisionado, o **algoritmo de ML tem acesso às saídas esperadas,  $y$** , chamadas de **rótulos** (ou *labels*, do inglês), para o conjunto de valores de entrada, chamados de **atributos,  $x$** .
- Em outras palavras, cada **exemplo de treinamento** é composto pelos valores de entrada,  $x$  (atributos), e sua saída correspondente,  $y$  (rótulo).
- **Objetivo:** os algoritmos **supervisionados** de ML devem **aprender** uma **função** 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: experiência vs. salário.
  - **Classificação:** o rótulo,  $y$ , pertence a um **conjunto finito** de valores, i.e., conjunto finito de classes. Exemplo: filtro de spam.



# Aprendizado Não-Supervisionado

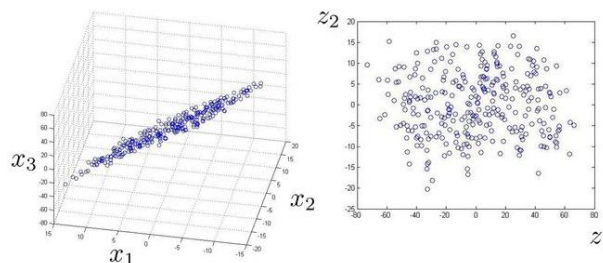
- Neste tipo de aprendizado, os algoritmos não têm acesso às saídas esperadas,  $y$ . Eles só conhecem os atributos,  $x$ .
- **Objetivo:** os algoritmos devem ***aprender/descobrir*** padrões, muitas vezes ocultos, presentes nos dados se baseando apenas, por exemplo, na similaridade entre os ***atributos***,  $x$  ou seja, ***sem a presença de rótulos***.
- Os algoritmos tratam problemas de clusterização, redução de dimensionalidade, detecção de anomalias (*outliers*) e aprendizado de regras de associação.

Clusterização

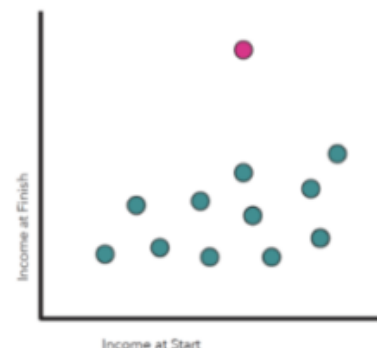


Redução de dimensionalidade

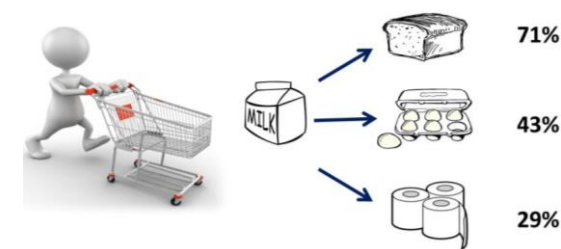
Reduce data from 3D to 2D



Detecção de Anomalias



Regras de associação

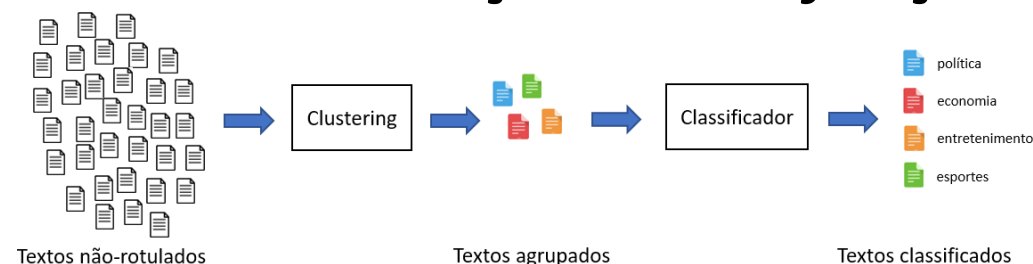


Of transactions that included milk:

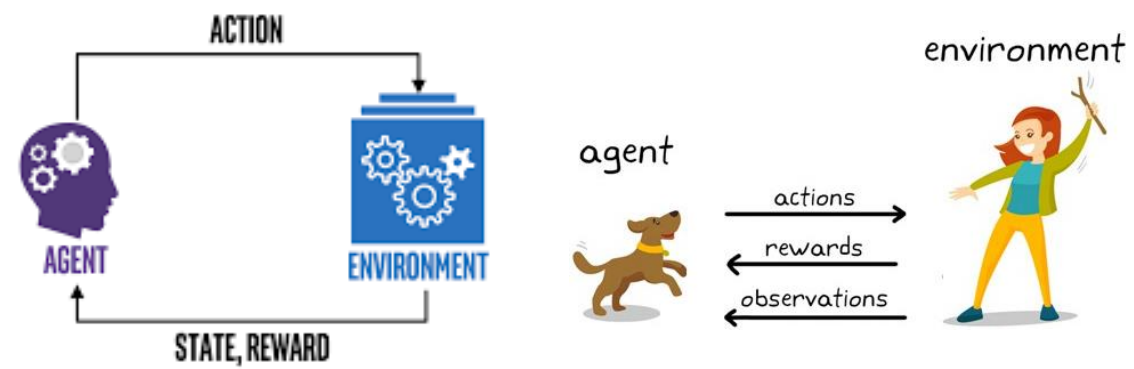
- 71% included bread
- 43% included eggs
- 29% included toilet paper

# Aprendizado Semi-Supervisionado

- Neste tipo de aprendizado, os algoritmos 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.
- Algoritmos de aprendizagem semi-supervisionada são o resultado da combinação de algoritmos supervisionados e não-supervisionados.
- Uma maneira de realizar aprendizado semi-supervisionado é combinar, por exemplo, algoritmos de **clusterização** e **classificação**.



# Aprendizado Por Reforço



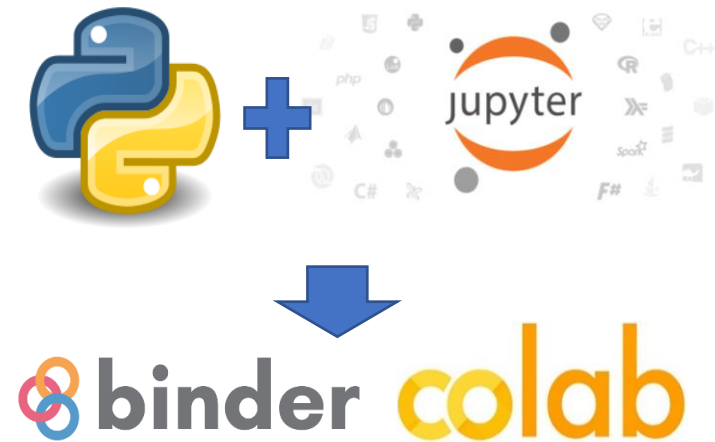
- Abordagem de aprendizado totalmente diferente das anteriores, pois ***não temos exemplos de treinamento***, sejam eles rotulados ou não.
- O algoritmo de aprendizado por reforço, chamado de ***agente*** nesse contexto, aprende como se comportar em um ***ambiente*** através de interações do tipo ***tentativa 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.
- 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.

# Aprendizado Metaheurístico

- Uma **metaheurística** é um algoritmo usado para encontrar soluções de **forma rápida e genérica**, mas muitas vezes **sub-ótimas**, para **problemas complexos de otimização**.
- Metaheurísticas são geralmente aplicadas a problemas para os quais **não se conhece um algoritmo eficiente** ou **não se tem uma solução conhecida**.
- Características das metaheurísticas:
  - não **garantem que uma solução ótima seja encontrada**, mas podem encontrar uma **solução suficientemente boa** (sub-ótima).
  - são estratégias **que orientam o processo de busca através do espaço de soluções**.
  - não são específicas do problema, ou seja, **são genéricas**.
  - funcionam bem mesmo em dispositivos com **capacidade computacional limitada** (e.g., dispositivos IoT).
- São algoritmos inspirados pelo **processo de seleção natural** (e.g., algoritmo genético) ou no **comportamento de grupos de animais** (e.g., algoritmo de otimização da 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 *open-source* e gratuita.
- Utilizaremos **notebooks Jupyter** para execução de exemplos e resolução dos exercícios práticos.
  - Eles são **documentos virtuais** usados para desenvolver e documentar código.
  - Pode-se adicionar equações, gráficos e texto, além de código.
- Para executá-los, utilizaremos o **Google Colaboratory** ou o **Binder**, que são ambientes computacionais interativos e gratuitos executados na nuvem.
- Portanto, **vocês não precisam instalar nada**, apenas terem um navegador web e conexão com a internet.



# Google Colaboratory (Colab)



- **Colab**: aplicação web gratuita que permite a criação e edição 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.
  - Não pode ser instalado localmente.
- URL: <https://colab.research.google.com/>



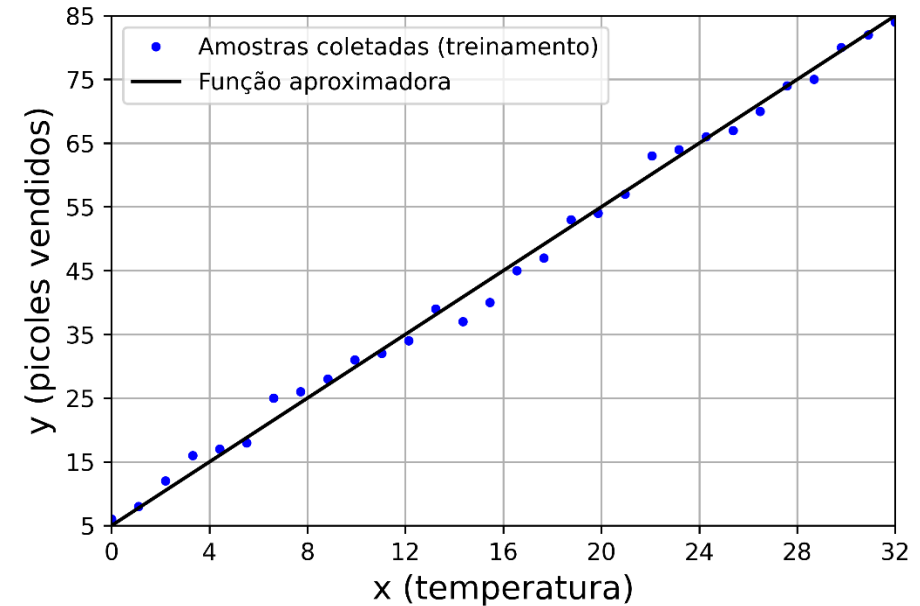
# Binder



- **Binder**: outra aplicação web gratuita que permite a criação e edição de *notebooks Jupyter* em navegadores web.
- Vantagens:
  - Suporta a execução de várias linguagens de programação: Python, C++, C#, PHP, Julia, R, etc.
  - Pode ser instalado localmente. [Tutorial para instalação do Jupyter/Binder.](#)
- Desvantagens:
  - Poucos servidores disponíveis.
  - Não é possível salvar os notebooks (e.g., Google Drive).
  - Depois de algum tempo inativo, a máquina virtual executando seu *notebook* se desconecta e você pode perder seu código.
- URL (através do Jupyter): <https://jupyter.org/>

# Objetivo do curso

- O objetivo desta **primeira parte do curso** é encontrar uma **função**, usando aprendizado de máquina, que **aproxime** o comportamento de um **conjunto de amostras** ( $x$  e  $y$ ) da **melhor forma possível**.
- Na maioria dos casos, nós não conhecemos o **mapeamento verdadeiro** (muitas vezes ele nem existe) entre  $x$  e  $y$  e nos baseamos apenas em uma **métrica** para definir se a aproximação (função) é boa.



**Exemplo:** dada a previsão da temperatura para um dia qualquer, quantos picolés serão vendidos?

# Referências

- [1] Stuart Russell and 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] Joseph Misiti, *“Awesome Machine-Learning,”* on-line data base with several free and/or open-source books (<https://github.com/josephmisiti/awesome-machine-learning>).
- [4] Andriy Burkov, *“The Hundred-Page Machine-Learning Book,”* Andriy Burkov 2019.
- [5] C. M. Bishop, *“Pattern Recognition and Machine Learning,”* Springer, 1st ed., 2006.
- [6] S. Haykin, *“Neural Networks and Learning Machines,”* Prentice Hall, 3ª ed., 2008.
- [7] Coleção de livros,  
<https://drive.google.com/drive/folders/1IyIIMu1w6POBhrVnw11yqXXy6BjC439j?usp=sharing>

# 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)
- Entregas de exercícios (laboratórios e quizzes) devem ser feitas através do Teams.
  - Se atentem às datas/horários de entrega no Teams.
- Vídeos sobre Python e como usar o Colab estão na pasta "Recordings" dentro de "Arquivos".
- Horários de Atendimento
  - Professor: quartas-feiras das 17:30 às 18:30 e quintas-feiras das 16:00 às 17:00.
  - Monitora (**Arielli Ajudarte: arielli.a@get.inatel.br**): terças-feiras das 18:00 às 19:00.
  - Atendimento remoto via Teams.

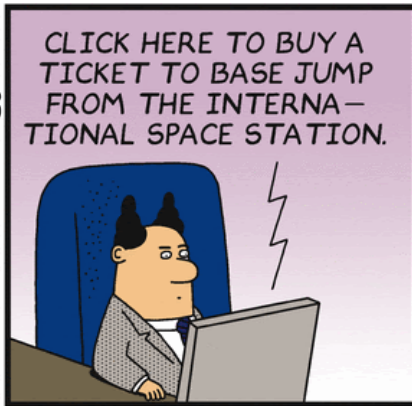
# Tarefas

- **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](#).
  - **Laboratórios podem ser resolvidos em grupo, mas as entregas devem ser individuais.**

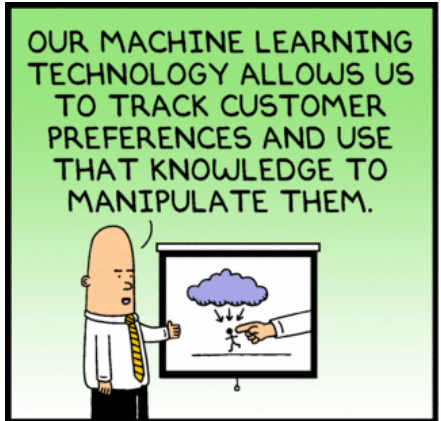
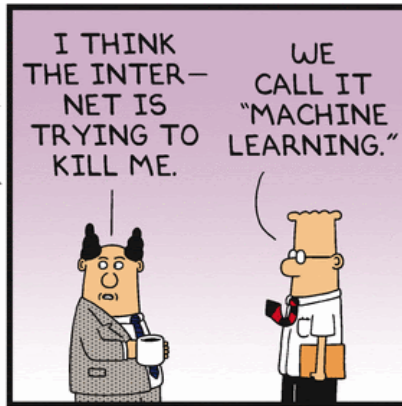
Obrigado!



Dilbert.com DilbertCartoonist@gmail.com



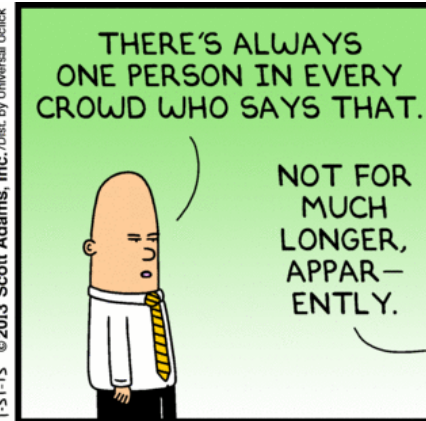
2-2-13 ©2013 Scott Adams, Inc./Dist. by Universal Uclick



Dilbert.com DilbertCartoonist@gmail.com



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



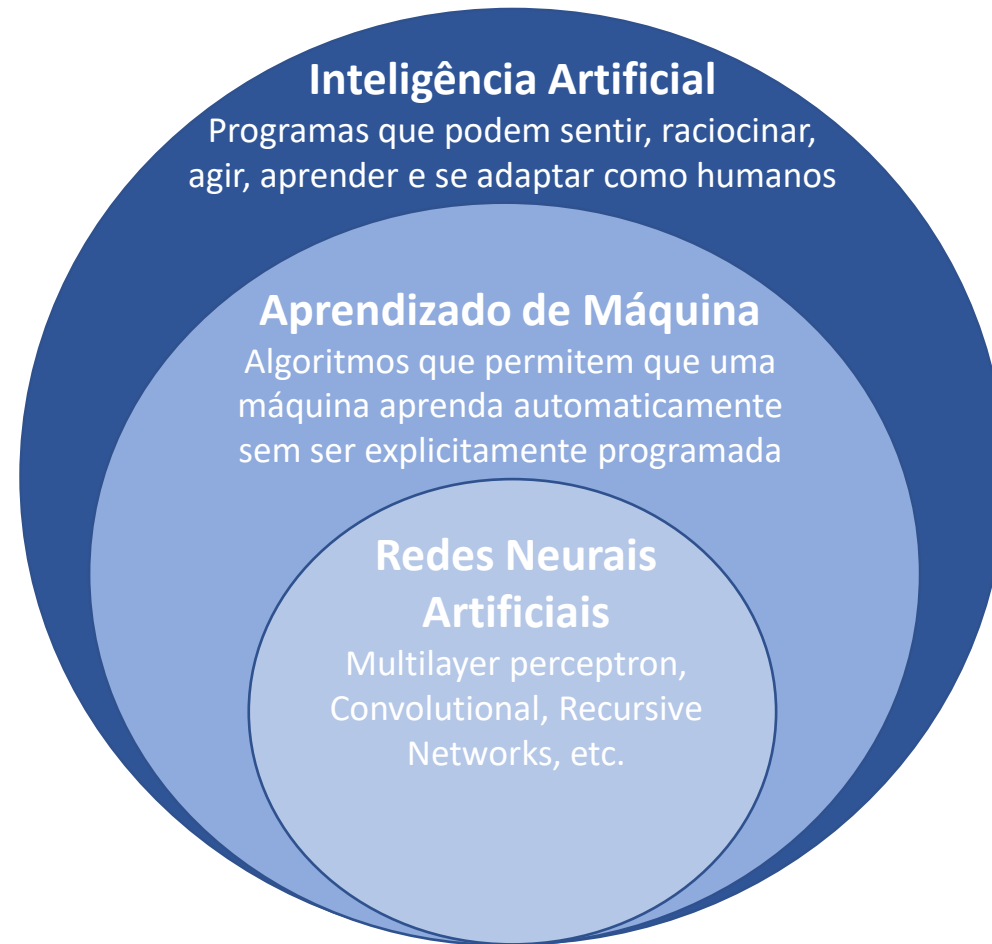
www.dilbert.com scottadams@aol.com

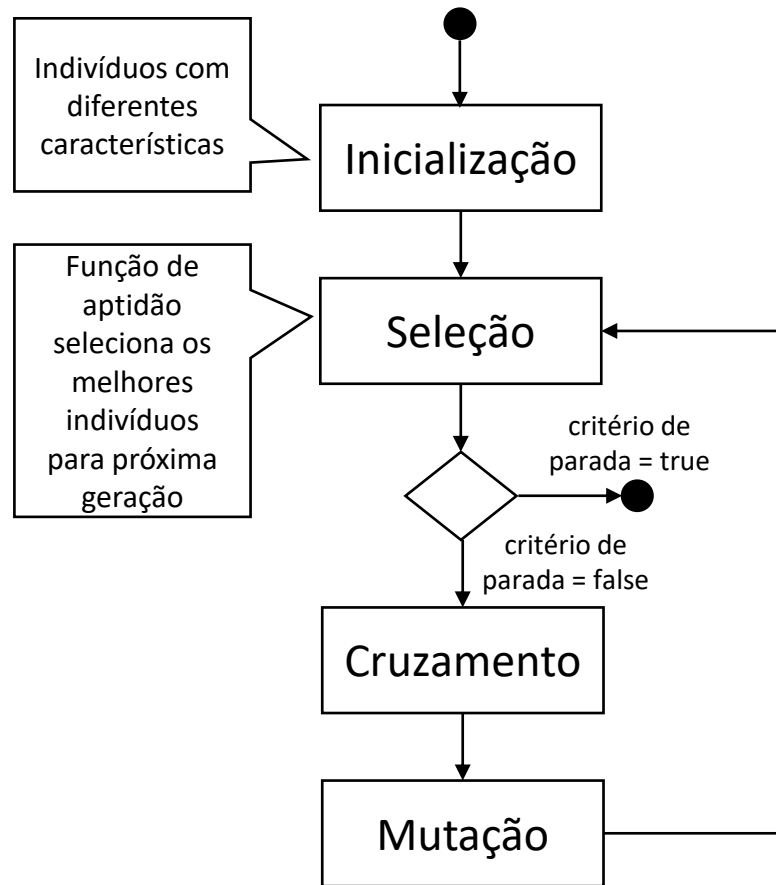


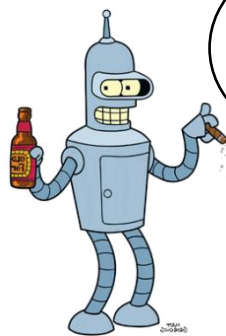
©2003 United Feature Syndicate, Inc.











State

Action

Q-Table

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

Q-Value