Universidade de Fortaleza - UNIFOR

Sistemas Inteligentes - T951

Msc. Prof. Paulo Cirillo Souza Barbosa
Centro de Ciências Tecnológicas - CCT
Universidade de Fortaleza
Fortaleza, Ceará, Brasil

Sumário

1. Introdução à disciplina de Sistemas Inteligentes.
   - 1.1 Apresentação do Professor.
   - 1.2 Apresentação da Disciplina.
   - 1.3 Metodologia de ensino.
   - 1.4 Critérios de Avaliação.
   - 1.5 Bibliografia Principal e Suplementar.
2. Discussões iniciais.
   - 2.1 Componentes principais do aprendizado.
   - 2.2 Tipos de aprendizado

Apresentação do Professor

- Formação acadêmica.
  1. Graduado em Engenharia de Controle e Automação (UNIFOR - 2019).
  2. Mestre em Engenharia de Teleinformática (UFC - 2021).
  3. Doutorando em Engenharia de Teleinformática (UFC).
- Linhas de pesquisa:
  1. Processamento de Sinais.
  2. Inteligência Computacional e Reconhecimento de Padrões.
  3. Navegação autônoma com redes neurais artificiais.
  4. Aplicações em sistemas BCI.

Apresentação da Disciplina- **Uma nova visão**

- Conteúdo programático:
  1. Revisões e preparação de ambiente de trabalho.
  2. Introdução ao Reconhecimento de Padrões e Machine Learning.
  3. Redes Neurais Artificiais.
  4. Computação Evolucionária.
  5. Sistemas Bioinspirados.

Revisões e Preparação de Ambiente de Trabalho.

1. Revisões de Álgebra Linear
2. Dicas importantes associadas ao Cálculo Diferencial Matricial.
3. Preparação de ambiente e linguagens de programação.

Introdução ao Reconhecimento de Padrões e Aprendizado de Máquina

- Etapas no problema de reconhecimento de padrões.
- Paradigmas de aprendizado: **supervisionado**; **não-supervisionado**;**por reforço**.
- Problemas de Regressão e Classificação
- Modelo preditivo linear baseado no método dos mínimos quadrados ordinário (Regressão Linear Simples e Múltipla).
- Dilema viés $\times$ variância (*bias-variance tradeoff*).
- Classificadores Bayesianos Gaussianos.
- Classificadores baseados em distância: k-Nearest Neighbors (KNN), Distância Mínima ao Centroide (DMC); Classificador Quadrático (distância de *Mahalannobis*).

Redes Neurais Artificiais.

- Neurônio e redes neurais biológicas.
- Histórico e conceitos básicos.
- Modelo do Neurônio Artificial.
- Algoritmo de aprendizado: Perceptron Simples, Regra *Least Mean Squares* (LMS) e *Backpropagation*.
- Redes Neurais Artificiais: Perceptron Simples, ADALINE e MADALINE, Perceptron de Multiplas Camadas e Redes RBF.

Computação Evolucionária.

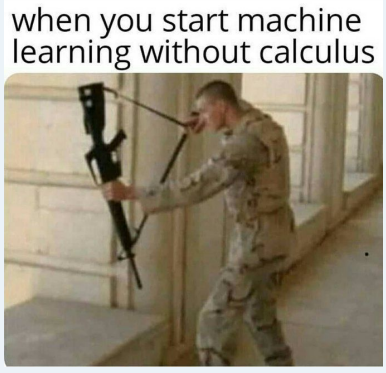
- Otimização meta-heurística.
- Inspiração biológica: Teoria da evolução.
- Problemas associados ao aprendizado por reforço.
- Algoritmos genéticos e programação genética.

Sistemas Bioinspirados.

- Autômatos celulares e vida artificial.
- Algoritmo de inteligência coletiva.
- Otimização por Enxame de Partículas.

Quais os pré-requisitos para a disciplina?

- Cálculo integral/diferencial.
- Estatística.
- Álgebra Linear.
- Noções de programação com operações matriciais.



Contrato Didático - Horários de aula

- Manhã:
  1. AB (7h30 - 9h10)
  2. CD (9h30 - 11h10)
  3. EF (11h20 - 13h)
- Tarde:
  1. AB (13h30 - 15h10)
  2. CD (15h30 - 17h10)
  3. EF (17h20 - 19h)
- Noite:
  1. AB (19h - 20h40)
  2. CD (21h - 22h40)
- Em caso de mudança da sala, os alunos serão informados por torpedo.

Metodologia de ensino

- Aulas expositivas dialogadas.
- Discussões sobre os algoritmos e métodos utilizados.
- Participação ativa e colaborativa do aluno.
- Apresentações de projetos em forma de seminário.
- Comunicação é realizada por torpedo ou e-mail: **cirillo@unifor.br**

Contrato Didático - Critério de Avaliação

- Frequência 75%.
- Três notas fazem a composição semestral: $AV1$, $AV2$ e $AV3$.
- A partir destas, pode-se calcular a NF do semestre pela seguinte Equação

$$NF = \frac{\frac{(AV1+AV2)}{2} + AV3}{2}.$$

- Para a aprovação na disciplina, é necessário atender as condições:
  1. Frequência $\geq 75\%$
  2. $\frac{(AV1+AV2)}{2} \geq 4.0$
  3. $AV3 \geq 4$
  4. $NF \geq 5.0$

Contrato Didático - Instrumentos de Avaliação

- *AV1*:
  1. Trabalho computacional (40%).
  2. Arguição (60%).
- *AV2*:
  1. Trabalho computacional (40%).
  2. Arguição (60%).
- *AV3*:
  1. Trabalho computacional (40%).
  2. Apresentação (60%).
- Observações importantes:
  1. Os trabalhos devem ser entregues em modelo de artigo científico e as implementações devem ser enviadas em anexo.
  2. A nota do trabalho está condicionada a apresentação mediante arguição. Desta maneira, o ato de **não apresentar** o trabalho, ocasionará em nota zero na respectiva AV.

Contrato didático - Critérios de Avaliação.

- Relatório deve ser escrito no modelo de artigo científico. A nota do relatório, será baseada no seguinte critério:
  1. Título (1%).
  2. Resumo (15%).
  3. Introdução (20%).
  4. Desenvolvimento (27%).
  5. Resultados (27%).
  6. Referências (5%).
  7. **Implementações** (5%).
- Obs1: O envio das implementações é **obrigatório**. Caso a equipe não realize esta entrega, será atribuído nota **zero** para os respectivos alunos.
- Obs2: A data estipulada para entrega do trabalho, também é um critério avaliativo. Assim, caso haja atraso na entrega do trabalho, será aplicada: **de 00:15h até 24h: penalidade de 20% ; 24:15h até 48h: penalidade de 40% ; acima de 48h: penalização máxima (100%).**

Contrato didático - Dúvidas comuns.

- Informações sobre os trabalhos:
  1. Trabalhos em dupla.
  2. A linguagem de programação fica a critério da equipe.
  3. O tempo de apresentação é de 10 minutos, com 5 minutos reservados aos comentários e dúvidas da plateia (**apenas na AV3**).
- Modelo de artigo: **Link template IEEE**
- Qual critério utilizado para avaliar os trabalhos?
  1. **Software Anti-plágio e anti-gerador de texto** (Caso identificado, será atribuída a nota zero).
  2. Arguição.
  3. Critérios impostos ao relatório (descritos no slide anterior).
  4. Apresentação do trabalho na AV3.
- Por ter um prazo estendido, não há segunda chamada para entrega do trabalho.

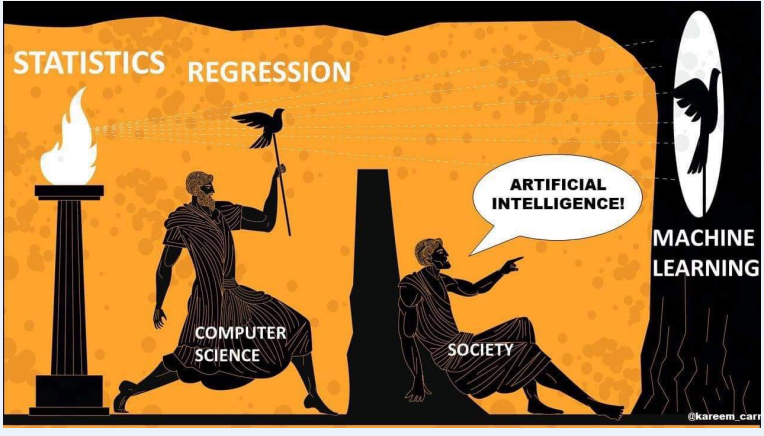
Contrato didático - Objetivos de Aprendizagem.

- Entendimento dos fundamentos de modelos preditivos.
- Conseguir explicar sobre os modelos clássicos, amplamente utilizados para regressão e classificação.
- Projeto e construção de algoritmos clássicos de redes neurais artificiais.
- Saber aplicar métodos de validação dos modelos preditivos desenvolvidos
- Entender os princípios de algoritmos evolucionários e bioinspirados.

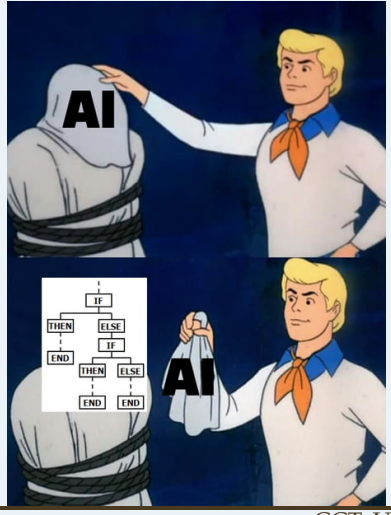
Bibliografia **Principal** e Suplementar

- **Haykin, Simon S. Neural networks : a comprehensive foundation. Upper Saddle River, N.J: Prentice Hall, 1999. Print.**
- **Redes neurais artificiais : para engenharia e ciências aplicadas. Silva, Ivan Nunes da; Spatti, Danilo Hernane; Flauzino, Rogério Andrade. Última edição: 2a ed. (2016)**
- **Faceli, K., Lorena, A. C., Gama, J., & Carvalho, A. C. P. D. L. F. D. (2011). Inteligência artificial: uma abordagem de aprendizado de máquina.**
- G. James, D. Witten, T. Hastie and R. Tibshirani, An Introduction to Statistical Learning with Applications in R3, 2014.
- A.E. Eiben and J.E. Smith, Introduction to evolutionary computing, 2015
- Webb, Andrew R. Statistical pattern recognition. John Wiley & Sons, 2003.
- Bishop, C. M., & Nasrabadi, N. M. (2006). Pattern recognition and machine learning (Vol. 4, No. 4, p. 738). New York: springer.

Desmistificando a Disciplina - O que é aprendizado de máquina?

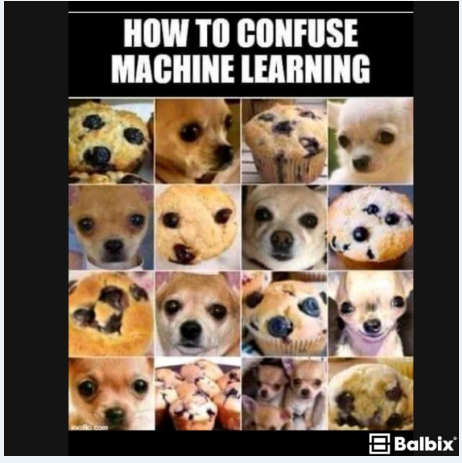


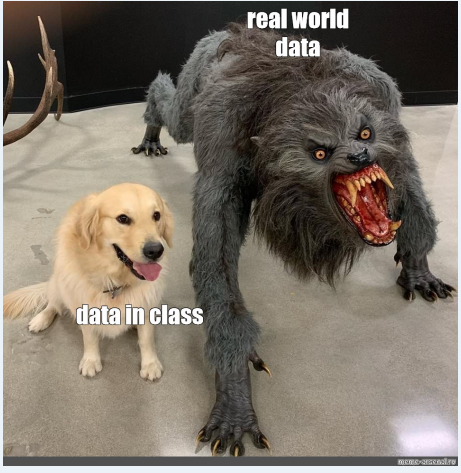
Desmistificando a Disciplina - O que é aprendizado de máquina?



Desmistificando a Disciplina - Complexidade de problemas.

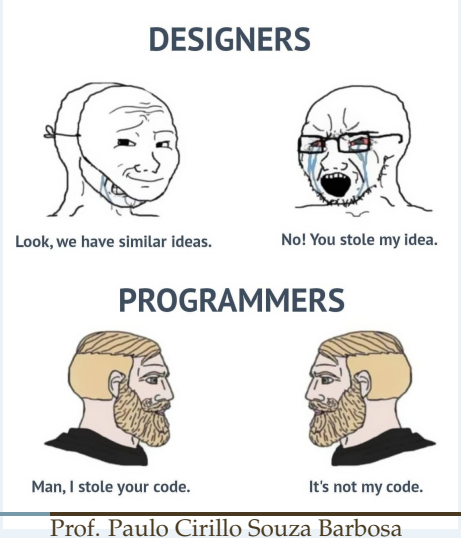
Desmistificando a Disciplina - Problema com dados?

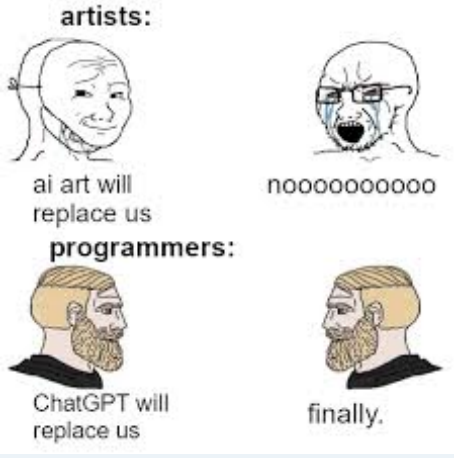




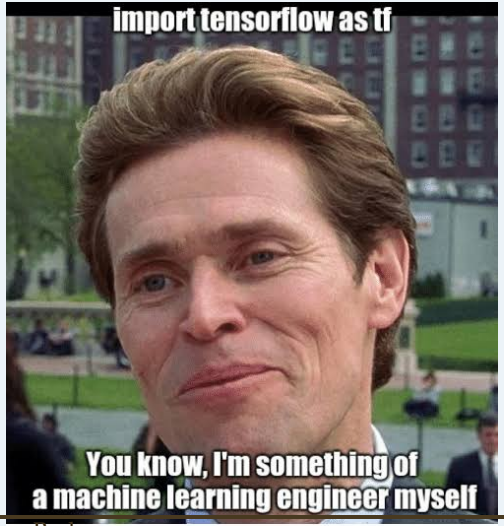
Desmistificando a Disciplina

Desmistificando a Disciplina





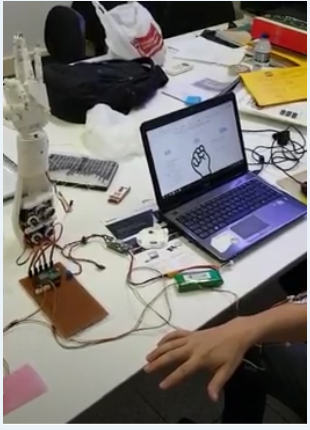
Desmistificando a Disciplina



Exemplos de aplicações de Aprendizado de Máquina.

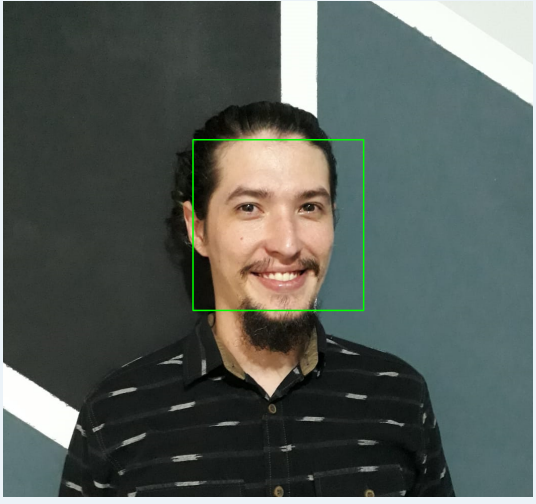
- APLICAÇÃO DE REDE MLP EM SINAIS DE EMG PARA DETECÇÃO DE COMANDOS E CONTROLE DE PRÓTESE ROBÓTICA
- Reconhecimento de expressão facial assistido por EMG e aprendizado de máquina
- Parametrização de Sinais de EEG para Diagnóstico de Epilepsia Usando Matrizes de Kernel.
- Parametrização de sinais de eletroencefalograma para classificação de padrões via matrizes de kernel

Exemplos de aplicações de Aprendizado de Máquina.

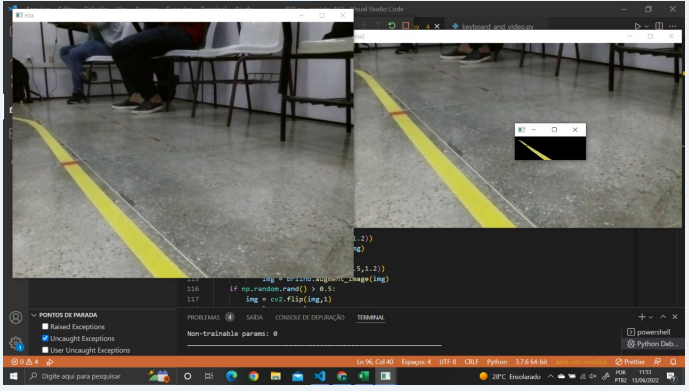


Exemplos de aplicações de Aprendizado de Máquina.

Exemplos de aplicações de Aprendizado de Máquina.



Exemplos de aplicações de Aprendizado de Máquina.



Desmistificando a Disciplina.

- Um ponto de partida interessante para iniciarmos as discussões da disciplina é: **O que é um ser inteligente?**
- Ora, esse é um questionamento naturalmente filosófico!!
- Isto, pois, não há um consenso sobre como definir de maneira **precisa** e **completa** o conceito de **inteligência**.
- Existem tantas definições quanto cientistas trabalhando no tema.
- É um conceito que evolui com o progresso humano e depende tanto dos valores sociais e culturais, quanto dos paradigmas científicos atuais.

Desmistificando a Disciplina.

- Contudo, pode-se destacar algumas definições interessantes:
  1. **Dicionário:** Faculdade de entender, pensar, raciocinar e interpretar; entendimento, intelecto, percepção.
  2. **Dicionário:** Capacidade de aplicar conhecimento na manipulação do ambiente ou de pensar abstratamente, sendo medida por um critério objetivo.
  3. **Etimologia:** Inteligência vem do latim *intelligentia*, variação de *intelligere*, sendo que o prefixo inter significa "entre", e *legere* denota "escolha". Desta maneira, diz respeito às habilidades que um indivíduo usa para decidir sobre a melhor escolha, dentre várias possibilidades.
  4. **ChatGPT:** A inteligência é a capacidade de adquirir, compreender e aplicar conhecimento e habilidades para resolver problemas e tomar decisões. É uma característica complexa que inclui a capacidade de raciocinar, aprender de experiências, compreender ideias abstratas e se adaptar a novas situações.
  5. **Autor Desconhecido:** Inteligência é como **fuleragem**. Não sei definir, mas sei reconhecer quando vejo uma.

Desmistificando a Disciplina.

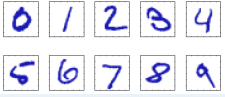
- É possível também definir várias habilidades consideradas características associadas à inteligência:
  1. Perceber o ambiente e responder com sucesso a situações não previstas.
  2. Adquirir e representar conhecimento sobre certos domínios.
  3. Capacidade de acúmulo de conhecimento em memória.
  4. Realizar inferências para resolução de problemas.
  5. Planejar um conjunto de ações em sequenciadas de modo a se atingir metas preestabelecidas.
  6. Realizar previsões sobre eventos futuros com base no passado.
  7. Ter criatividade, juízo, consciência e o dom da abstração.
  8. Aprender a partir da própria experiência.

A problemática da aprendizagem.

- Aprendizado de Máquina (*Machine Learning*) e Reconhecimento de Padrões.
- Exemplo de utilização Aprendizado de máquina.
- Quando utilizar Aprendizado de Máquina?
  1. Um padrão existe.
  2. Não é possível descrever matematicamente.
  3. Precisa-se de dados.

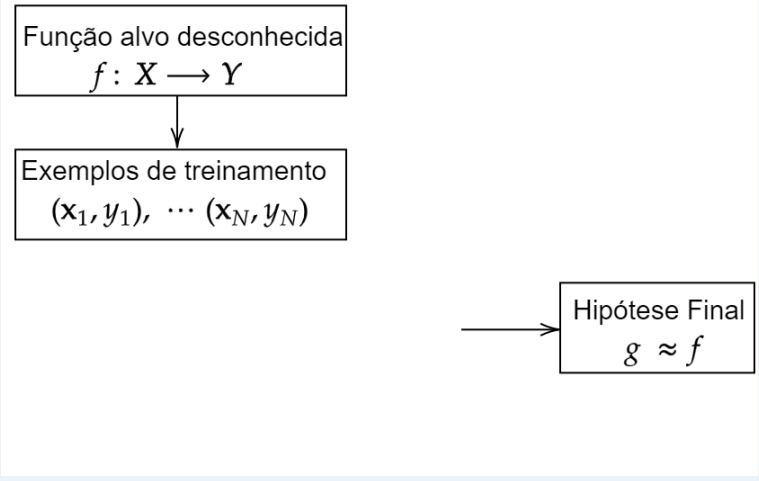
Componentes principais do aprendizado

- Considere o seguinte problema (16x16):

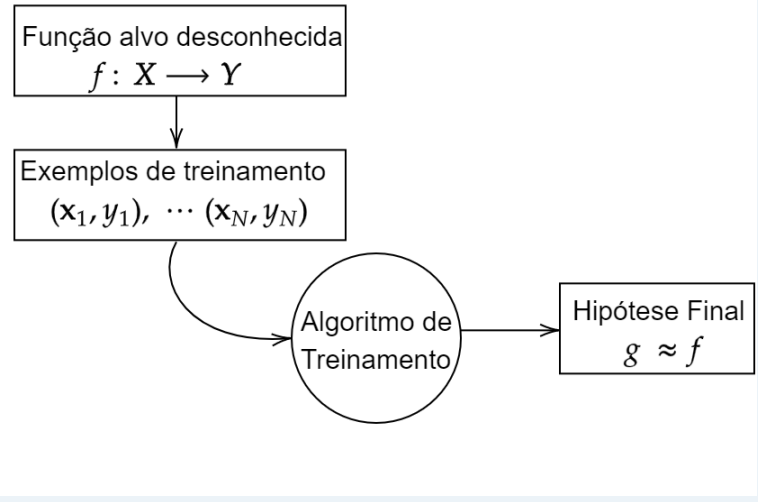


- Entrada: $\mathbf{x}$ (vetor com dados referentes a um dígito)
- Saída: y (dígito referente: $0/1/2 \cdots 9$)
- Deseja-se uma função $f : \mathcal{X} \longrightarrow \mathcal{Y}$. Comumente chamada de função **objetivo** (*target function*) Função esta que é **desconhecida**.
- O que é preciso para aprender esse padrão? **Ora, Dados!!** $(\mathbf{x}_1, y_1), (\mathbf{x}_2, y_2), \cdots, (\mathbf{x}_N, y_N)$
- Utiliza-se os dados para estimar a função hipótese: $g : \mathcal{X} \longrightarrow \mathcal{Y}$
- **Qual diferença entre** f **e** g**?** g é uma aproximação de f.

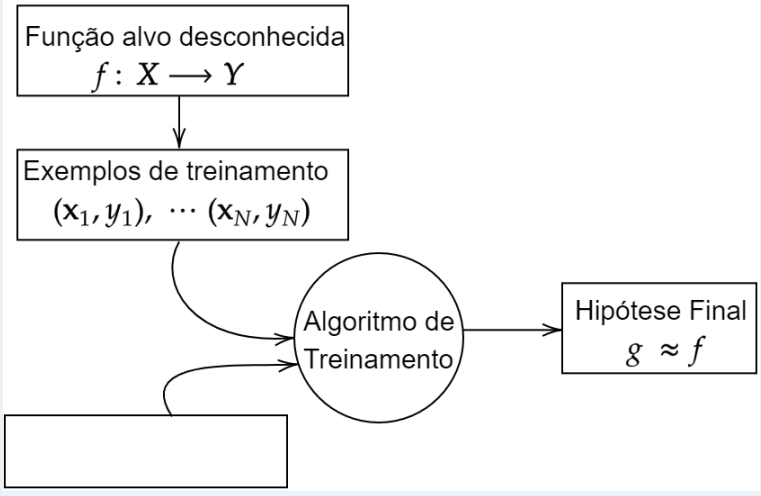
Componentes principais do aprendizado



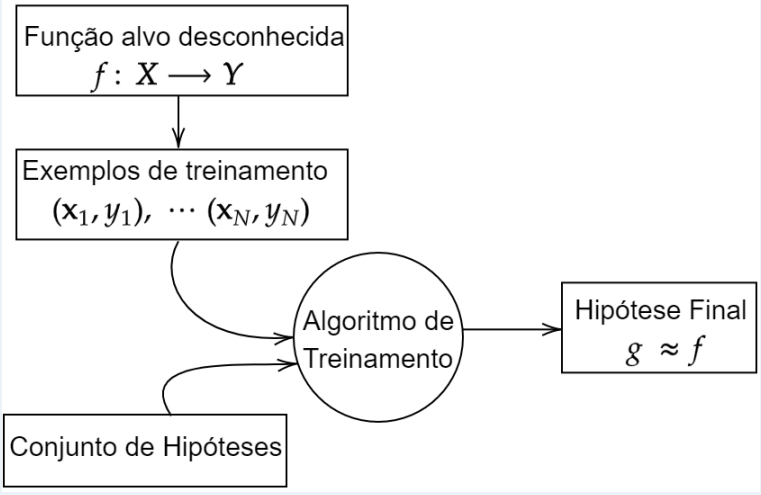
Componentes principais do aprendizado



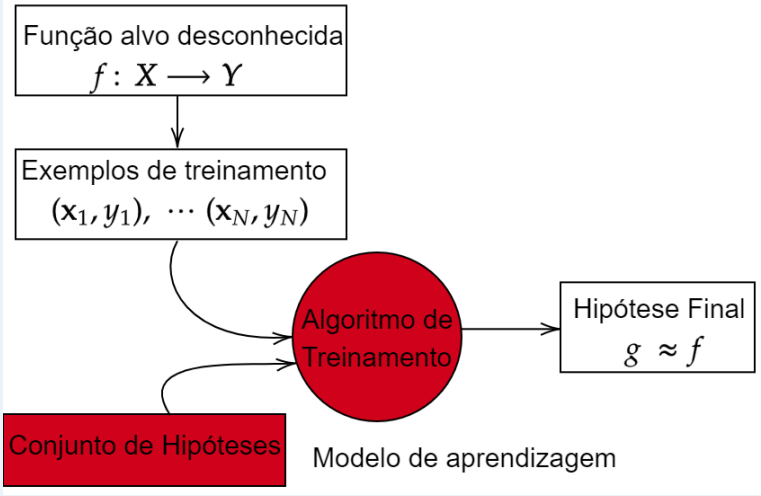
Componentes principais do aprendizado



Componentes principais do aprendizado



Componentes principais do aprendizado

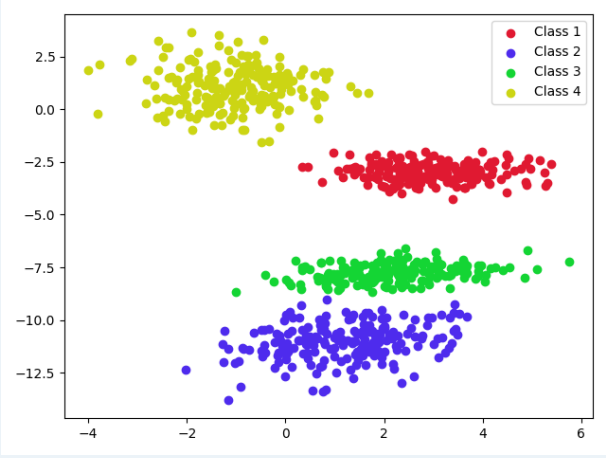


Tipos de aprendizado

- Há diversos tipos, porém destacam-se **três** amplamente utilizados:
  1. Aprendizado Supervisionado (*Supervised Learning*).
  2. Aprendizado Não Supervisionado (*Unsupervised Learning*).
  3. Aprendizado Por Reforço (*Reinforcement Learning*).

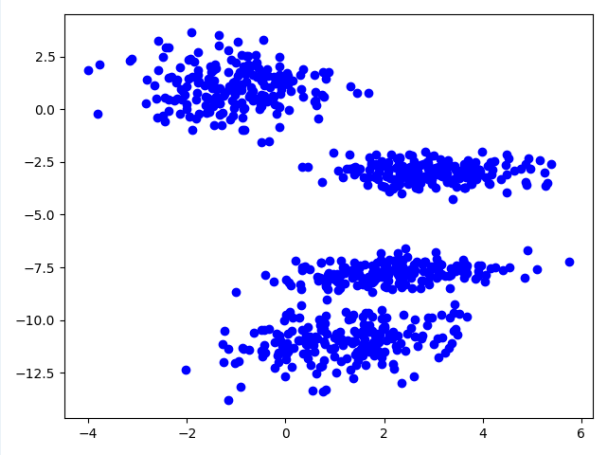
Aprendizado Supervisionado

- **(entrada, saída correta)**



Aprendizado Não Supervisionado

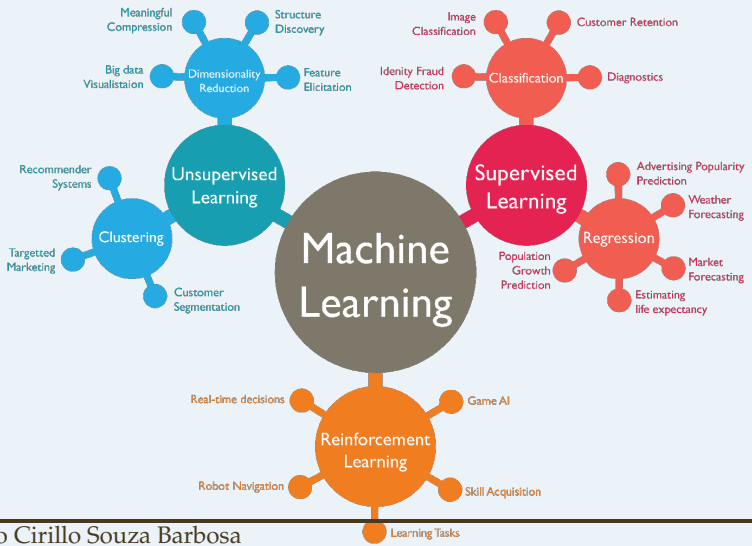
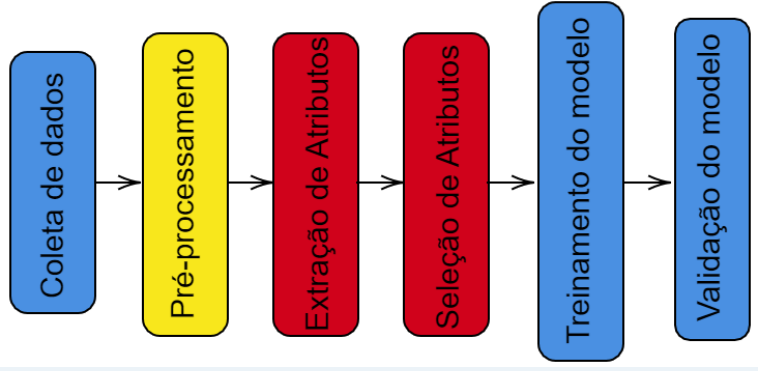
- **(entrada, ?)**



Aprendizado por Reforço

- (**entrada**, alguma **saída**, avaliar essa saída)
- Exemplos de aprendizado por reforço? (cotidiano).
- Exemplo clássico da utilização de aprendizado por reforço

Mapa do Aprendizado.



Abordagens Comuns ao utilizar ML.