



SME0829 - Aprendizado de Máquina

1º semestre de 2023

Prof. Cibele Russo

cibele@icmc.usp.br

<http://www.icmc.usp.br/~cibele>

<https://www.youtube.com/cibelerussoUSP>

Principais objetivos do curso

1. Apresentar e discutir os fundamentos e principais algoritmos de aprendizado de máquina, capazes de aprender/melhorar seu desempenho, utilizando exemplos de situações previamente observadas.
2. Realização de experimentos com esses algoritmos para entender como eles induzem conhecimento utilizando dados gerados e aplicações reais.
3. Apresentar ao aluno os princípios gerais de aprendizado de máquina e fornecer uma visão geral dos diversos paradigmas e algoritmos existentes de aprendizado de máquina para a aquisição automática de conhecimento a partir de conjuntos de dados.

Principais objetivos do curso

1. Apresentar e discutir os fundamentos e principais algoritmos de aprendizado de máquina, capazes de aprender/melhorar seu desempenho, utilizando exemplos de situações previamente observadas.
2. Realização de experimentos com esses algoritmos para entender como eles induzem conhecimento utilizando dados gerados e aplicações reais.
3. Apresentar ao aluno os princípios gerais de aprendizado de máquina e fornecer uma visão geral dos diversos paradigmas e algoritmos existentes de aprendizado de máquina para a aquisição automática de conhecimento a partir de conjuntos de dados.

Principais objetivos do curso

1. Apresentar e discutir os fundamentos e principais algoritmos de aprendizado de máquina, capazes de aprender/melhorar seu desempenho, utilizando exemplos de situações previamente observadas.
2. Realização de experimentos com esses algoritmos para entender como eles induzem conhecimento utilizando dados gerados e aplicações reais.
3. Apresentar ao aluno os princípios gerais de aprendizado de máquina e fornecer uma visão geral dos diversos paradigmas e algoritmos existentes de aprendizado de máquina para a aquisição automática de conhecimento a partir de conjuntos de dados.

Programa Resumido

- 1 Aspectos básicos de Aprendizado;
- 2 Tarefas de aprendizado;
- 3 Aprendizado descritivo;
- 4 Aprendizado preditivo;
- 5 Algoritmos de Aprendizado de Máquina;
- 6 Aplicações de Aprendizado de Máquina.

Programa estendido

- Inteligência artificial. Teste de Turing. Aprendizado de máquina.
- Aprendizado supervisionado. Modelos preditivos.
- Métodos baseados em distâncias. k-NN. Nadaraya Watson.
- Métodos probabilísticos. Naive Bayes.
- Métodos simbólicos. Árvores de decisão.
- Métodos simbólicos. Árvores de decisão.
- Árvores de regressão.
- Regularização. LASSO e seleção de variáveis.
- Regressão Ridge.
- Teoria do Aprendizado Estatístico. A escolha do classificador.
- Métodos de maximização de margens. SVM (Máquinas de Vetores de Suporte).
- Avaliação de métricas de predição.
- Amostragem. Análise ROC.

Programa estendido

- Inteligência artificial. Teste de Turing. Aprendizado de máquina.
- Aprendizado supervisionado. Modelos preditivos.
- Métodos baseados em distâncias. k-NN. Nadaraya Watson.
- Métodos probabilísticos. Naive Bayes.
- Métodos simbólicos. Árvores de decisão.
- Métodos simbólicos. Árvores de decisão.
- Árvores de regressão.
- Regularização. LASSO e seleção de variáveis.
- Regressão Ridge.
- Teoria do Aprendizado Estatístico. A escolha do classificador.
- Métodos de maximização de margens. SVM (Máquinas de Vetores de Suporte).
- Avaliação de métricas de predição.
- Amostragem. Análise ROC.

Programa estendido

- Inteligência artificial. Teste de Turing. Aprendizado de máquina.
- Aprendizado supervisionado. Modelos preditivos.
- Métodos baseados em distâncias. k-NN. Nadaraya Watson.
- Métodos probabilísticos. Naive Bayes.
- Métodos simbólicos. Árvores de decisão.
- Métodos simbólicos. Árvores de decisão.
- Árvores de regressão.
- Regularização. LASSO e seleção de variáveis.
- Regressão Ridge.
- Teoria do Aprendizado Estatístico. A escolha do classificador.
- Métodos de maximização de margens. SVM (Máquinas de Vetores de Suporte).
- Avaliação de métricas de predição.
- Amostragem. Análise ROC.

Programa estendido

- Inteligência artificial. Teste de Turing. Aprendizado de máquina.
- Aprendizado supervisionado. Modelos preditivos.
- Métodos baseados em distâncias. k-NN. Nadaraya Watson.
- Métodos probabilísticos. Naive Bayes.
- Métodos simbólicos. Árvores de decisão.
- Métodos simbólicos. Árvores de decisão.
- Árvores de regressão.
- Regularização. LASSO e seleção de variáveis.
- Regressão Ridge.
- Teoria do Aprendizado Estatístico. A escolha do classificador.
- Métodos de maximização de margens. SVM (Máquinas de Vetores de Suporte).
- Avaliação de métricas de predição.
- Amostragem. Análise ROC.

Programa estendido

- Inteligência artificial. Teste de Turing. Aprendizado de máquina.
- Aprendizado supervisionado. Modelos preditivos.
- Métodos baseados em distâncias. k-NN. Nadaraya Watson.
- Métodos probabilísticos. Naive Bayes.
- Métodos simbólicos. Árvores de decisão.
- Métodos simbólicos. Árvores de decisão.
- Árvores de regressão.
- Regularização. LASSO e seleção de variáveis.
- Regressão Ridge.
- Teoria do Aprendizado Estatístico. A escolha do classificador.
- Métodos de maximização de margens. SVM (Máquinas de Vetores de Suporte).
- Avaliação de métricas de predição.
- Amostragem. Análise ROC.

Programa estendido

- Inteligência artificial. Teste de Turing. Aprendizado de máquina.
- Aprendizado supervisionado. Modelos preditivos.
- Métodos baseados em distâncias. k-NN. Nadaraya Watson.
- Métodos probabilísticos. Naive Bayes.
- Métodos simbólicos. Árvores de decisão.
- Métodos simbólicos. Árvores de decisão.
- Árvores de regressão.
- Regularização. LASSO e seleção de variáveis.
- Regressão Ridge.
- Teoria do Aprendizado Estatístico. A escolha do classificador.
- Métodos de maximização de margens. SVM (Máquinas de Vetores de Suporte).
- Avaliação de métricas de predição.
- Amostragem. Análise ROC.

Programa estendido

- Inteligência artificial. Teste de Turing. Aprendizado de máquina.
- Aprendizado supervisionado. Modelos preditivos.
- Métodos baseados em distâncias. k-NN. Nadaraya Watson.
- Métodos probabilísticos. Naive Bayes.
- Métodos simbólicos. Árvores de decisão.
- Métodos simbólicos. Árvores de decisão.
- Árvores de regressão.
- Regularização. LASSO e seleção de variáveis.
- Regressão Ridge.
- Teoria do Aprendizado Estatístico. A escolha do classificador.
- Métodos de maximização de margens. SVM (Máquinas de Vetores de Suporte).
- Avaliação de métricas de predição.
- Amostragem. Análise ROC.

Programa estendido

- Inteligência artificial. Teste de Turing. Aprendizado de máquina.
- Aprendizado supervisionado. Modelos preditivos.
- Métodos baseados em distâncias. k-NN. Nadaraya Watson.
- Métodos probabilísticos. Naive Bayes.
- Métodos simbólicos. Árvores de decisão.
- Métodos simbólicos. Árvores de decisão.
- Árvores de regressão.
- Regularização. LASSO e seleção de variáveis.
- Regressão Ridge.
- Teoria do Aprendizado Estatístico. A escolha do classificador.
- Métodos de maximização de margens. SVM (Máquinas de Vetores de Suporte).
- Avaliação de métricas de predição.
- Amostragem. Análise ROC.

Programa estendido

- Inteligência artificial. Teste de Turing. Aprendizado de máquina.
- Aprendizado supervisionado. Modelos preditivos.
- Métodos baseados em distâncias. k-NN. Nadaraya Watson.
- Métodos probabilísticos. Naive Bayes.
- Métodos simbólicos. Árvores de decisão.
- Métodos simbólicos. Árvores de decisão.
- Árvores de regressão.
- Regularização. LASSO e seleção de variáveis.
- Regressão Ridge.
- Teoria do Aprendizado Estatístico. A escolha do classificador.
- Métodos de maximização de margens. SVM (Máquinas de Vetores de Suporte).
- Avaliação de métricas de predição.
- Amostragem. Análise ROC.

Programa estendido

- Inteligência artificial. Teste de Turing. Aprendizado de máquina.
- Aprendizado supervisionado. Modelos preditivos.
- Métodos baseados em distâncias. k-NN. Nadaraya Watson.
- Métodos probabilísticos. Naive Bayes.
- Métodos simbólicos. Árvores de decisão.
- Métodos simbólicos. Árvores de decisão.
- Árvores de regressão.
- Regularização. LASSO e seleção de variáveis.
- Regressão Ridge.
- Teoria do Aprendizado Estatístico. A escolha do classificador.
- Métodos de maximização de margens. SVM (Máquinas de Vetores de Suporte).
- Avaliação de métricas de predição.
- Amostragem. Análise ROC.

Programa estendido

- Inteligência artificial. Teste de Turing. Aprendizado de máquina.
- Aprendizado supervisionado. Modelos preditivos.
- Métodos baseados em distâncias. k-NN. Nadaraya Watson.
- Métodos probabilísticos. Naive Bayes.
- Métodos simbólicos. Árvores de decisão.
- Métodos simbólicos. Árvores de decisão.
- Árvores de regressão.
- Regularização. LASSO e seleção de variáveis.
- Regressão Ridge.
- Teoria do Aprendizado Estatístico. A escolha do classificador.
- Métodos de maximização de margens. SVM (Máquinas de Vetores de Suporte).
- Avaliação de métricas de predição.
- Amostragem. Análise ROC.

Programa estendido

- Inteligência artificial. Teste de Turing. Aprendizado de máquina.
- Aprendizado supervisionado. Modelos preditivos.
- Métodos baseados em distâncias. k-NN. Nadaraya Watson.
- Métodos probabilísticos. Naive Bayes.
- Métodos simbólicos. Árvores de decisão.
- Métodos simbólicos. Árvores de decisão.
- Árvores de regressão.
- Regularização. LASSO e seleção de variáveis.
- Regressão Ridge.
- Teoria do Aprendizado Estatístico. A escolha do classificador.
- Métodos de maximização de margens. SVM (Máquinas de Vetores de Suporte).
- Avaliação de métricas de predição.
- Amostragem. Análise ROC.

Programa estendido

- Inteligência artificial. Teste de Turing. Aprendizado de máquina.
- Aprendizado supervisionado. Modelos preditivos.
- Métodos baseados em distâncias. k-NN. Nadaraya Watson.
- Métodos probabilísticos. Naive Bayes.
- Métodos simbólicos. Árvores de decisão.
- Métodos simbólicos. Árvores de decisão.
- Árvores de regressão.
- Regularização. LASSO e seleção de variáveis.
- Regressão Ridge.
- Teoria do Aprendizado Estatístico. A escolha do classificador.
- Métodos de maximização de margens. SVM (Máquinas de Vetores de Suporte).
- Avaliação de métricas de predição.
- Amostragem. Análise ROC.

Programa estendido

- Inteligência artificial. Teste de Turing. Aprendizado de máquina.
- Aprendizado supervisionado. Modelos preditivos.
- Métodos baseados em distâncias. k-NN. Nadaraya Watson.
- Métodos probabilísticos. Naive Bayes.
- Métodos simbólicos. Árvores de decisão.
- Métodos simbólicos. Árvores de decisão.
- Árvores de regressão.
- Regularização. LASSO e seleção de variáveis.
- Regressão Ridge.
- Teoria do Aprendizado Estatístico. A escolha do classificador.
- Métodos de maximização de margens. SVM (Máquinas de Vetores de Suporte).
- Avaliação de métricas de predição.
- Amostragem. Análise ROC.

Programa estendido

- Testes de hipóteses. Viés e variância.
- Aprendizado profundo. Métodos conexionistas. Redes Neurais Artificiais.
- Aprendizado não-supervisionado. Métodos descritivos.
- Agrupamento de Dados. Métodos hierárquicos e não hierárquicos.
- Redução de dimensionalidade.
- Avaliação de modelos descritivos
- Tópicos especiais
- Manipulando textos. Bag of words.
- Regras de associação e sistemas de recomendação.

Programa estendido

- Testes de hipóteses. Viés e variância.
- Aprendizado profundo. Métodos conexionistas. Redes Neurais Artificiais.
- Aprendizado não-supervisionado. Métodos descritivos.
- Agrupamento de Dados. Métodos hierárquicos e não hierárquicos.
- Redução de dimensionalidade.
- Avaliação de modelos descritivos
- Tópicos especiais
- Manipulando textos. Bag of words.
- Regras de associação e sistemas de recomendação.

Programa estendido

- Testes de hipóteses. Viés e variância.
- Aprendizado profundo. Métodos conexionistas. Redes Neurais Artificiais.
- Aprendizado não-supervisionado. Métodos descritivos.
- Agrupamento de Dados. Métodos hierárquicos e não hierárquicos.
- Redução de dimensionalidade.
- Avaliação de modelos descritivos
- Tópicos especiais
- Manipulando textos. Bag of words.
- Regras de associação e sistemas de recomendação.

Programa estendido

- Testes de hipóteses. Viés e variância.
- Aprendizado profundo. Métodos conexionistas. Redes Neurais Artificiais.
- Aprendizado não-supervisionado. Métodos descritivos.
- Agrupamento de Dados. Métodos hierárquicos e não hierárquicos.
- Redução de dimensionalidade.
- Avaliação de modelos descritivos
- Tópicos especiais
- Manipulando textos. Bag of words.
- Regras de associação e sistemas de recomendação.

Programa estendido

- Testes de hipóteses. Viés e variância.
- Aprendizado profundo. Métodos conexionistas. Redes Neurais Artificiais.
- Aprendizado não-supervisionado. Métodos descritivos.
- Agrupamento de Dados. Métodos hierárquicos e não hierárquicos.
- Redução de dimensionalidade.
- Avaliação de modelos descritivos
- Tópicos especiais
- Manipulando textos. Bag of words.
- Regras de associação e sistemas de recomendação.

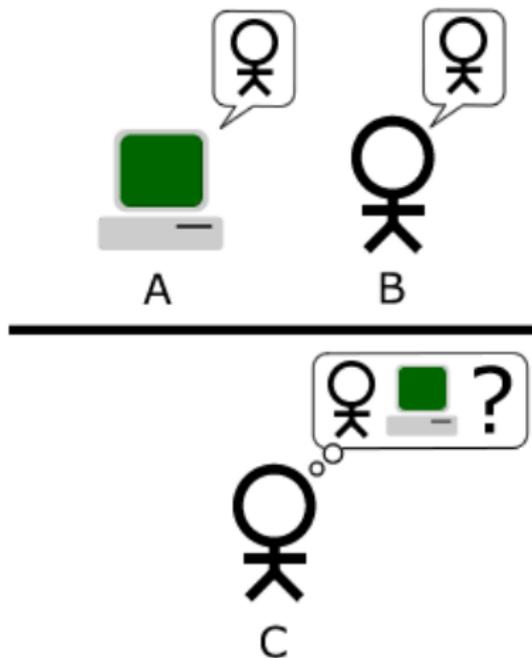
Aprendizado de Máquina

Segundo Mitchell (1997))

Aprendizado de máquina é a capacidade de melhorar o desempenho de uma tarefa por meio da experiência.

Mitchell (1977), Machine learning. New York: McGraw-hill.

Teste de Turing



Os computadores podem pensar? Teste de Turing. Fonte:

https://pt.wikipedia.org/wiki/Teste_de_Turing

Tipos de aprendizado

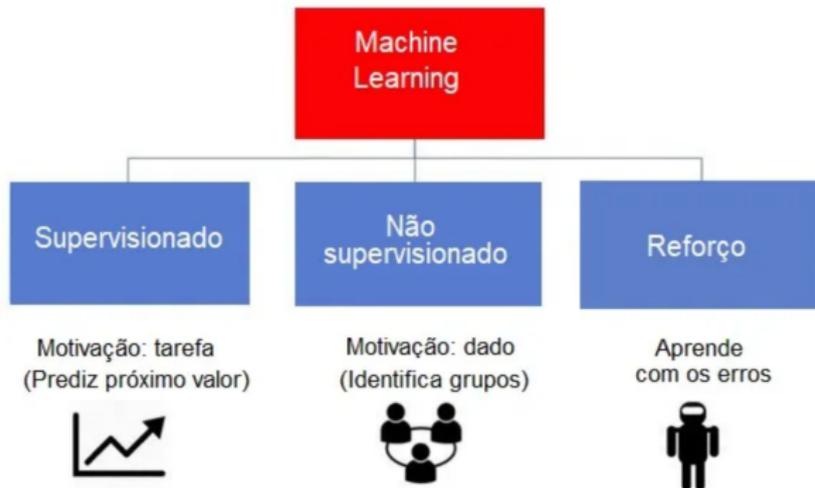


Fonte: <https://dataat.github.io/introducao-ao-machine-learning/>

[//dataat.github.io/introducao-ao-machine-learning/](https://dataat.github.io/introducao-ao-machine-learning/)

Tipos de aprendizado

Tipos de Machine Learning



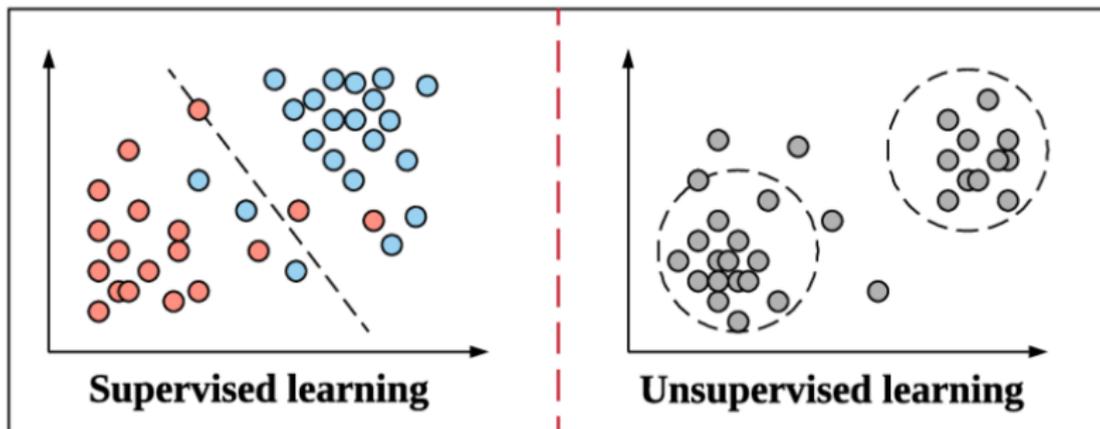
Fonte: <https://medium.com/turing-talks/>

Aprendizado estatístico

Alguns exemplos de aprendizado estatístico:

- Predizer se um paciente, hospitalizado por um ataque cardíaco, terá um segundo ataque cardíaco, a partir de medições clínicas, dietéticas e demográficas do paciente.
- Predizer o preço de uma ação daqui a seis meses, com base na performance da companhia e de dados econômicos.
- Estimar a quantidade de glicose no sangue de uma pessoa com diabetes, a partir de um espectro infravermelho de seu sangue.
- ... outros.

Motivação - Tipos de aprendizado

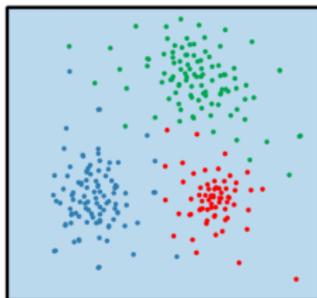


Fonte: https://www.researchgate.net/publication/336642133_Orchestrating_the_Development_Lifecycle_of_Machine_Learning-Based_IoT_Applications_A_Taxonomy_and_Survey

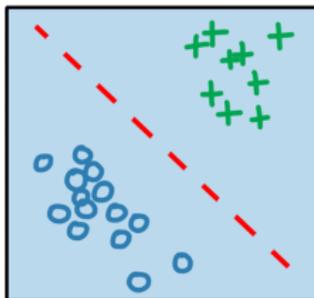
Motivação - Aprendizado profundo

machine learning

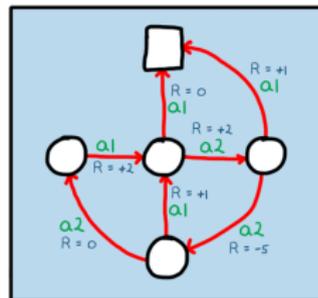
unsupervised
learning



supervised
learning

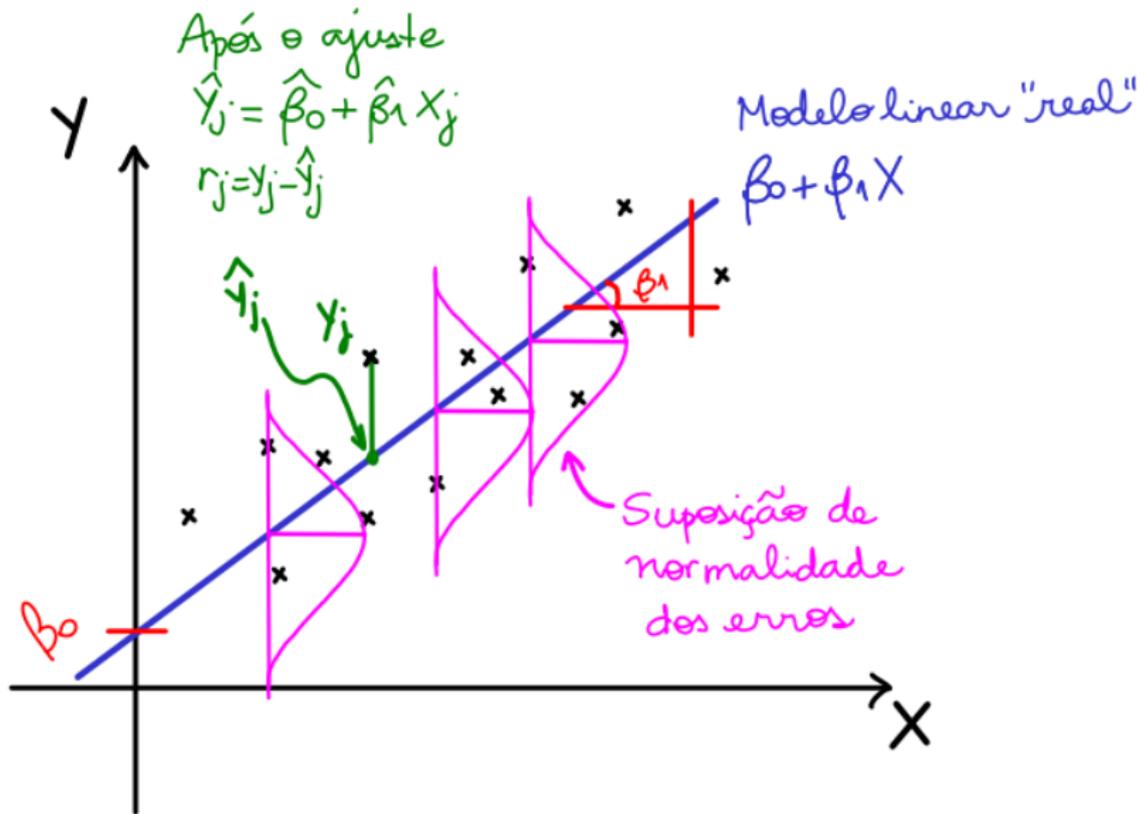


reinforcement
learning

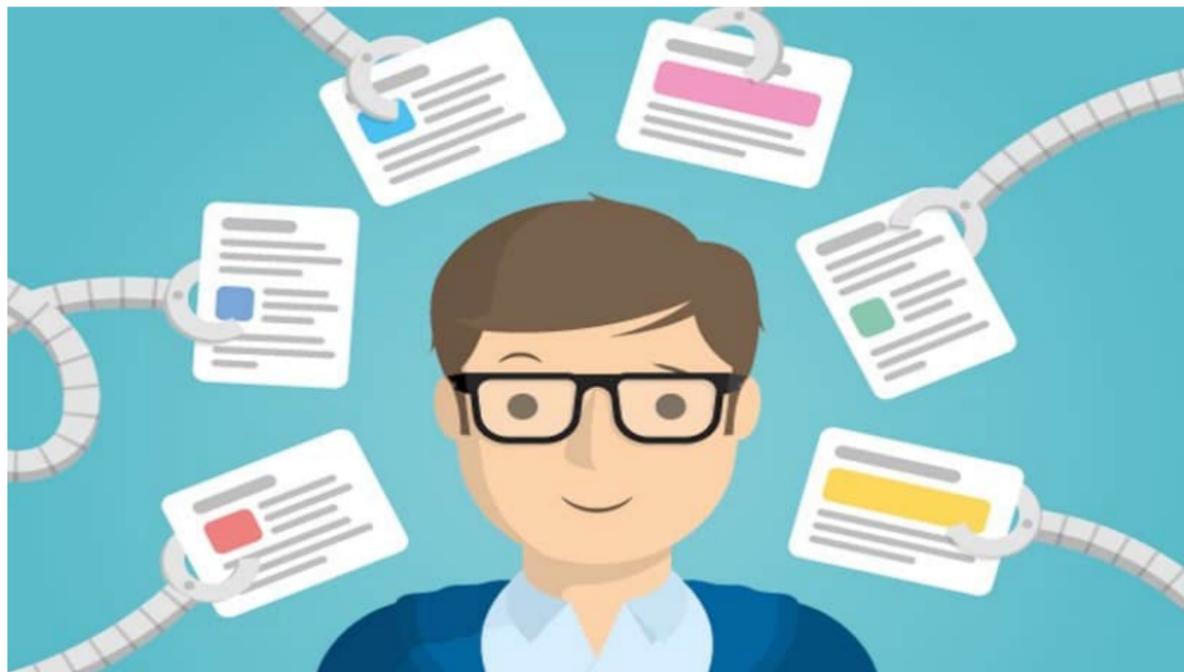


Fonte: <https://www.mathworks.com/discovery/reinforcement-learning.html>

Motivação - Aprendizado supervisionado



Motivação - Sistemas de recomendação



Sistemas de recomendação. Fonte: https://iaexpert.academy/2017/03/17/o-que-sao-sistemas-de-recomendacao/?doing_wp_cron=1678759657.2964119911193847656250

Motivação - Sistemas de recomendação

Exemplo: Sistemas de Recomendação

Imagine que temos um banco de dados em que cada linha representa a ida de uma pessoa a um supermercado, e cada coluna representa se ela comprou ou não determinado produto.

Objetivo: descobrir regras do tipo

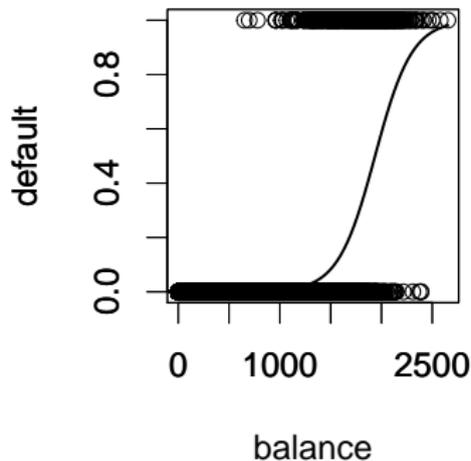
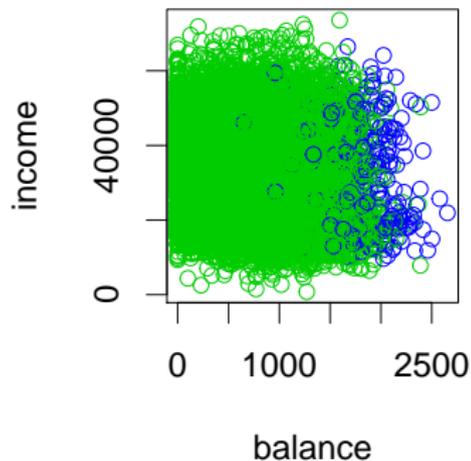
“Quem compra **leite** em geral também compra **pão**”,

“Quem compra **cerveja e refrigerante** em geral também compra **carne**”.

“Quem compra **fralda** em geral também compra **cerveja**”.

Aprendizado supervisionado

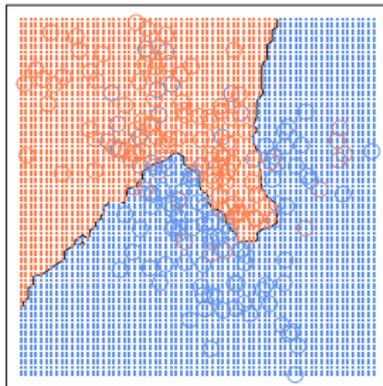
Exemplo (classificação e regressão)



Aprendizado supervisionado

Exemplo (KNN)

15-nearest neighbour



Aprendizado supervisionado

Aprendizado supervisionado

Problemas em que existem um conjunto de **variáveis explicativas** (*inputs*, preditores, variáveis independentes) e de **variáveis respostas** (*outputs*, variáveis dependentes) são chamados de problemas de **aprendizado supervisionado**.

Comumente, dizemos que em problemas de aprendizado supervisionado, aprende-se **com um professor**.

Aprendizado supervisionado

Algumas técnicas de aprendizado supervisionado:

- Modelos de regressão linear,
- Regressão logística,
- Análise fatorial,
- Análise discriminante linear (LDA).

Aprendizado não-supervisionado

Aprendizado não-supervisionado

Problemas em que se deseja estudar a variabilidade dos dados de forma multivariada, possivelmente com **redução de dimensionalidade**, sem necessariamente atribuir valores para uma variável resposta, são chamados de problema de **aprendizado não-supervisionado**.

É comum dizer que, em problemas de aprendizado não-supervisionado, aprende-se **sem professor**.

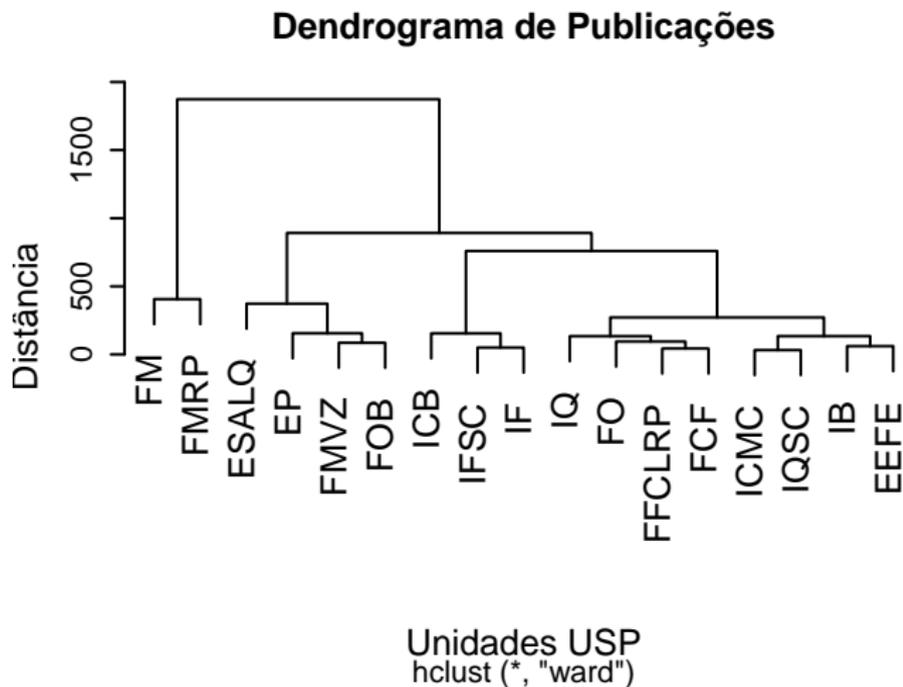
Aprendizado não-supervisionado

Algumas técnicas de aprendizado não-supervisionado:

- Análise de componentes principais (PCA),
- Análise de agrupamentos (Clustering): dendrograma, K-médias.
- Análise de correlações canônicas (CCA)
- Análise de correspondência (CA)

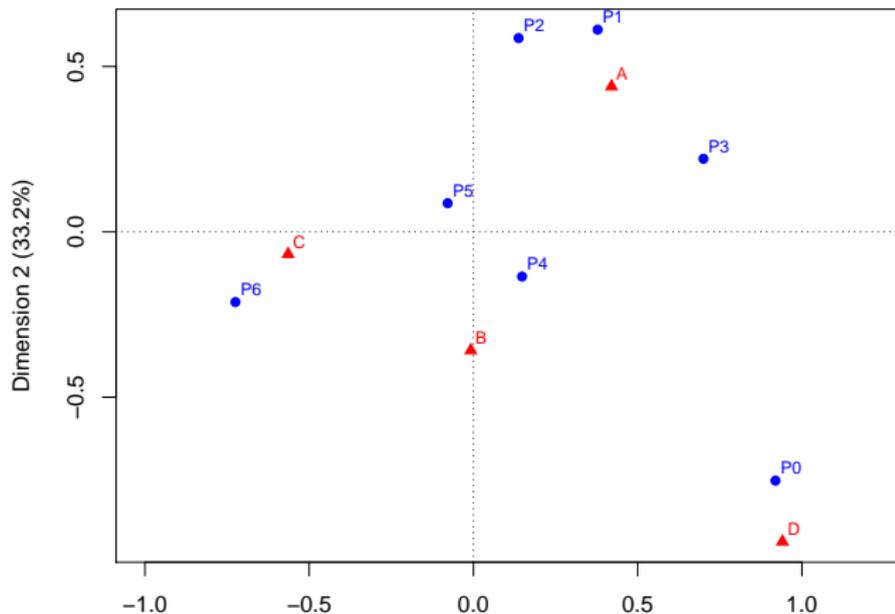
Aprendizado não-supervisionado

Aprendizado não-supervisionado: exemplo (dendrograma)



Aprendizado não-supervisionado

Aprendizado não-supervisionado: exemplo (Análise de correspondência)



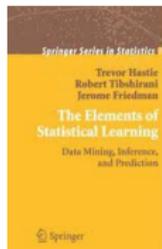
Bibliografia principal



Faceli, Katti; Lorena, Ana Carolina; Gama, João ; de Carvalho, A. C. P. L. F. (2011). *Inteligência Artificial - Uma Abordagem de Aprendizagem de Máquina*. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC.



Izbicki, R., e Santos, T. M. (2020) *Aprendizado de máquina: uma abordagem estatística*. Rafael Izbicki. Disponível em <http://www.rizbicki.ufscar.br/AME.pdf>

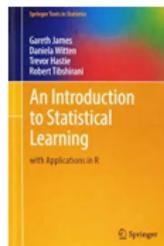


Friedman, J., Hastie, T., and; Tibshirani, R. (2001). *The elements of statistical learning*. New York, NY, USA:: Springer Series in Statistics.

Bibliografia complementar



Morettin, P. A., e Singer, J. M. (2022).. Estatística e ciência de dados.



James, G., Witten, D., Hastie, T., and; Tibshirani, R. (2013). An introduction to statistical learning (with applications in R). New York: Springer.

Materiais complementares

- Canal **Ciência de Dados e Aprendizado de Máquina** de **Rodrigo Mello** (Itaú)

https://www.youtube.com/@ML4U_Mello, especificamente a playlist **Introdução ao Aprendizado de Máquina**

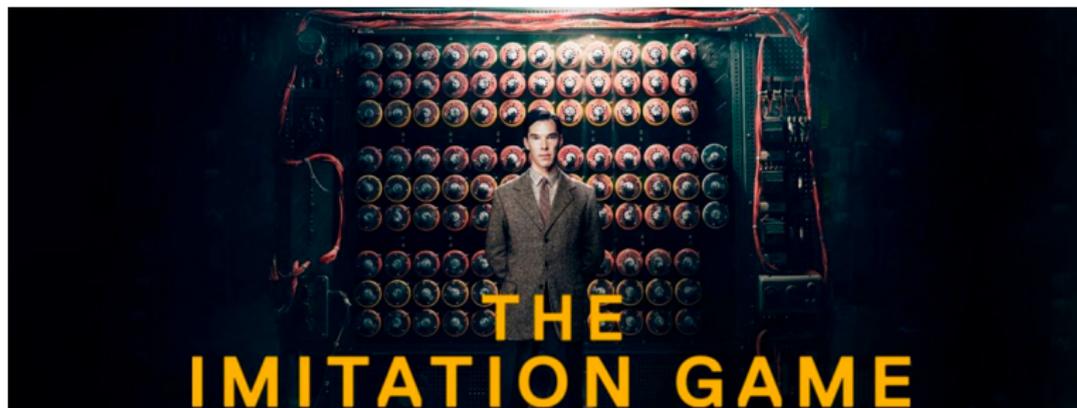
https://www.youtube.com/playlist?list=PLKWX1jIoUZaWY_4zxjLXnIMU1Suyaa4VX

- Canal do **Prof. Rafael Izbicki**

<https://www.youtube.com/@rizbicki>, especialmente a playlist **Aprendizado de máquina**, uma abordagem estatística

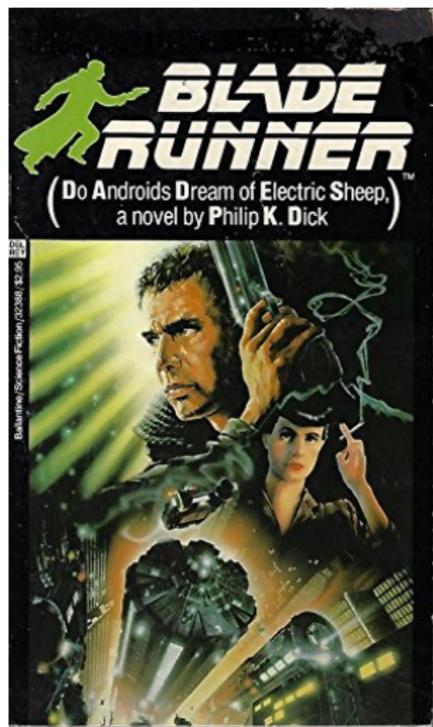
<https://www.youtube.com/playlist?list=PLMZwWwAgHhmAB8-qg5HWkdb5VDr8ROeyj>

Materiais complementares



Filme: O Jogo da Imitação.

Materials complementares



Livro/Filme: Blade runner (Do Androids Dream of Electric Sheep?).

Critério de Avaliação

A avaliação será composta por **questionários no e-disciplinas** com frequência aproximadamente mensal. Haverá uma avaliação final e um trabalho final.

O critério de avaliação será:

$$MF = 0,4MQ + 0,3NP + 0,3NT,$$

em que

- *MQ*: Média dos questionários
- *NP*: Nota da avaliação final
- *NT*: Nota do trabalho

Critério de Avaliação

Importante: Os alunos devem aceitar o critério de avaliação em formulário que será enviado por e-mail.

Avaliações substitutivas: Caso o aluno perca alguma avaliação, deve justificar imediatamente à docente por e-mail, preferencialmente com documentação comprobatória e as avaliações substitutivas serão feitas ao final do semestre.

Critério de Recuperação (REC)

O aluno poderá fazer a prova REC se, e somente se,

$$3 \leq MS < 5$$

Nota da REC: NR

Nova média após a REC: MF

$$MF = \begin{cases} 5, & \text{se } 5 \leq NR \leq (10 - MS); \text{ ou} \\ (MS + NR)/2 & \text{se } NR > (10 - MS); \text{ ou} \\ MS & \text{se } NR < 5 \end{cases}$$

Horários

- **Aulas:** Quartas-feiras às 21h e quintas-feiras às 19h
- **Atendimento docente:** Mediante agendamento por e-mail.
Atenção: Em toda correspondência por e-mail sobre o curso, mencionar o código da disciplina no assunto: SME0829.

Apoio computacional



Importante: Comunicação

- E-disciplinas e e-mail são canais oficial de comunicação entre docente e alunos.
- Verifique se você recebe as notificações do e-disciplinas em seu e-mail.
- O Fórum do e-disciplinas pode ser usado para postar dúvidas.