

# Inversão Não-Linear

## Aplicada a dados geofísicos

Professor: Rodrigo Bijani

Mario Martins Ramos (Seu Mario)

2019/1

**Tema: Capítulo 6: Aprendizado de máquina**

# Calendário - Alteração

- cumpridas
- a cumprir
- provas

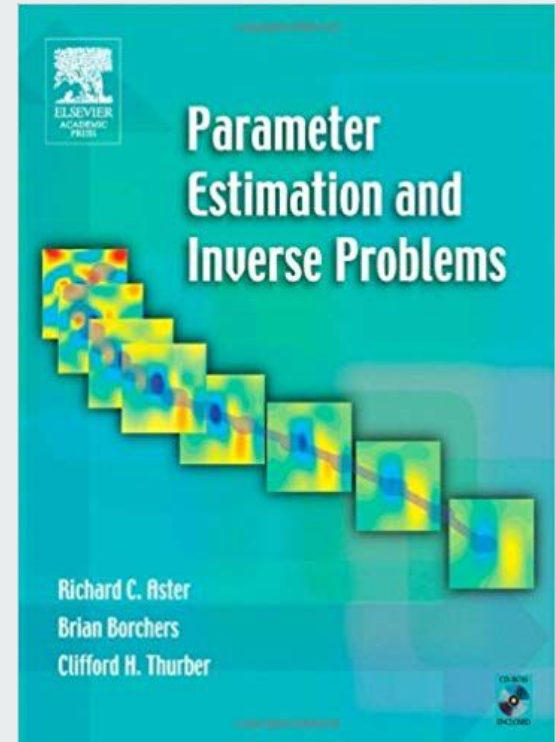
JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL
Dom Seg Ter Qua Qui Sex Sáb	Dom Seg Ter Qua Qui Sex Sáb	Dom Seg Ter Qua Qui Sex Sáb	Dom Seg Ter Qua Qui Sex Sáb
1 2 3 4 5	1 2	1 2	1 2 3 4 5 6
6 7 8 9 10 11 12	3 4 5 6 7 8 9	3 4 5 6 7 8 9	7 8 9 10 11 12 13
13 14 15 16 17 18 19	10 11 12 13 14 15 16	10 11 12 13 14 15 16	14 15 16 17 18 19 20
20 21 22 23 24 25 26	17 18 19 20 21 22 23	17 18 19 20 21 22 23	21 22 23 24 25 26 27
27 28 29 30 31	24 25 26 27 28	24 25 26 27 28 29 30	28 29 30
		31	
MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO
Dom Seg Ter Qua Qui Sex Sáb	Dom Seg Ter Qua Qui Sex Sáb	Dom Seg Ter Qua Qui Sex Sáb	Dom Seg Ter Qua Qui Sex Sáb
1 2 3 4	1	1 2 3 4 5 6	1 2 3
5 6 7 8 9 10 11	2 3 4 5 6 7 8	7 8 9 10 11 12 13	4 5 6 7 8 9 10
12 13 14 15 16 17 18	9 10 11 12 13 14 15	14 15 16 17 18 19 20	11 12 13 14 15 16 17
19 20 21 22 23 24 25	16 17 18 19 20 21 22	21 22 23 24 25 26 27	18 19 20 21 22 23 24
26 27 28 29 30 31	23 24 25 26 27 28 29	28 29 30 31	25 26 27 28 29 30 31
	30		
SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO
Dom Seg Ter Qua Qui Sex Sáb	Dom Seg Ter Qua Qui Sex Sáb	Dom Seg Ter Qua Qui Sex Sáb	Dom Seg Ter Qua Qui Sex Sáb
1 2 3 4 5 6 7	1 2 3 4 5	1 2	1 2 3 4 5 6 7
8 9 10 11 12 13 14	6 7 8 9 10 11 12	3 4 5 6 7 8 9	8 9 10 11 12 13 14
15 16 17 18 19 20 21	13 14 15 16 17 18 19	10 11 12 13 14 15 16	15 16 17 18 19 20 21
22 23 24 25 26 27 28	20 21 22 23 24 25 26	17 18 19 20 21 22 23	22 23 24 25 26 27 28
29 30	27 28 29 30 31	24 25 26 27 28 29 30	29 30 31

# Ementa v.2

- Cap 1: Introdução;
  - O que é inversão?;
  - **Conceitos preliminares;**
  - **Objetivos do curso;**
- Cap 2: Formulação;
  - **Revisão de operadores matriciais;**
  - **Problemas lineares;**
  - **Problemas não lineares;**
- Cap 3: Problemas não-lineares
  - **Problemas de otimização;**
  - **Tipos de problemas de otimização;**
  - **Estabilização de problemas inversos;**
  - ~~○ Problemas geofísicos propostos;~~
- Cap 4: Otimização numérica determinística
  - **Conceito de Heurística;**
  - ~~○ Método do gradiente (máxima descida);~~
  - **Métodos de Newton e Quase-Newton;**
  - **Método de Gauss-Newton e Levenberg-Marquardt;**
  - ~~○ Aplicação aos problemas geofísicos propostos;~~
- Cap 5: Otimização numérica estocástica
  - **Conceito de estocástico e Meta-Heurística;**
  - **Método de Monte Carlo;**
  - ~~○ Algoritmo do Simplex;~~
  - ~~○ Método do Arrefecimento simulado;~~
  - **Método dos Algoritmos Genéticos;**
  - ~~○ Aplicação aos problemas geofísicos propostos;~~
- Cap 6: Aprendizagem de máquina;
  - **Introdução;**
  - **Classificadores supervisionado e não-supervisionados**

# Problemas de Sistemas

## Parameter Estimation and Inverse Problems (Aster)

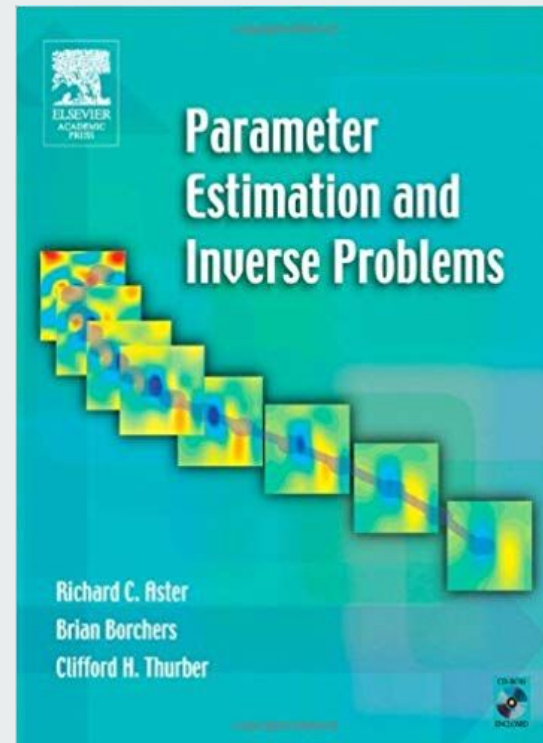


# Problemas de Sistemas

## Parameter Estimation and Inverse Problems (Aster)

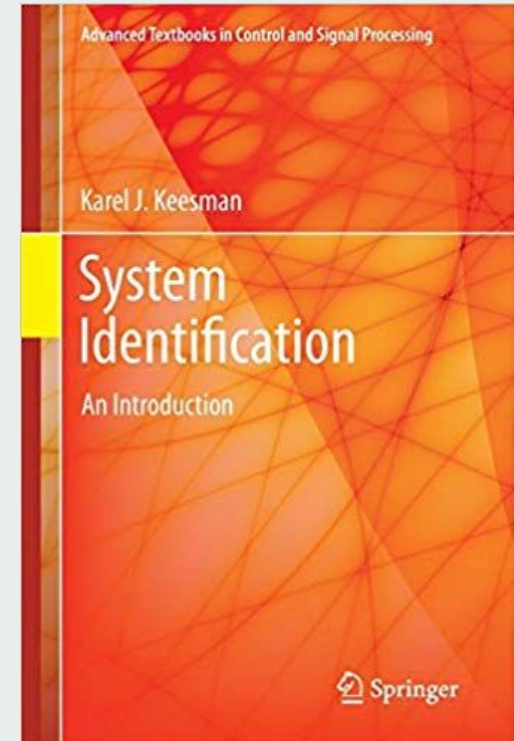
Problema:  $f(m) = d$

- Problema direto (encontrar **d** com base em **m**).
- Problema Inverso (encontrar **m** com base em **d**).
- Identificação de Sistema (*system identification problem*).  
(Encontrar **f** com base em **m** e **d**).



# Problemas de Sistemas

**System Identification: An Introduction  
(Keesman)**

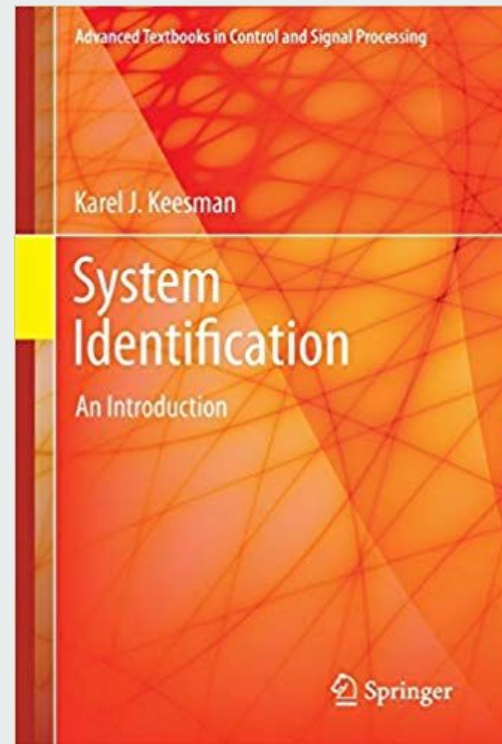


# Problemas de Sistemas

## System Identification: An Introduction (Keesman)

### Exemplos de modelos

- *White box model*: leis da física (matemática).
  - $\mathbf{F} = m \mathbf{a}$
- *Grey box model*: parâmetros incertos/desconhecidos obtidos à partir dos dados.
  - Gardner, 1974 - (Empírica)  $\rho = \alpha V_p^\beta$
- *Black box model*: modelos lineares que não tem (necessariamente) relação com as leis físicas ou com os processos envolvidos.
  - Reconhecimento facial

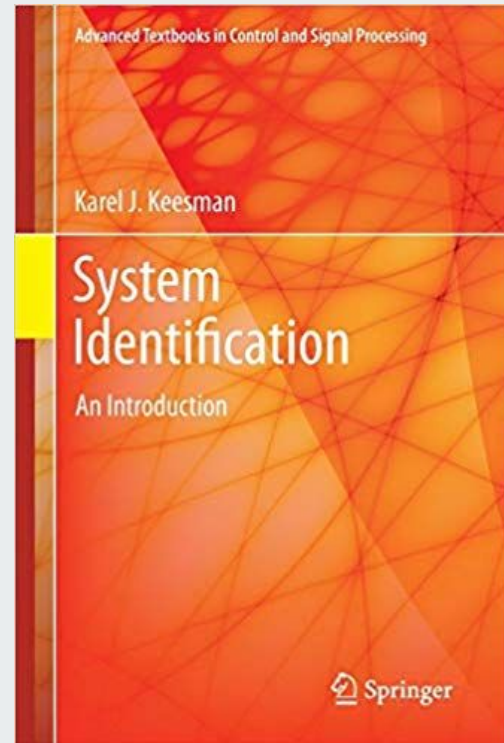


# Problemas de Sistemas

## System Identification: An Introduction (Keesman)

### modelos

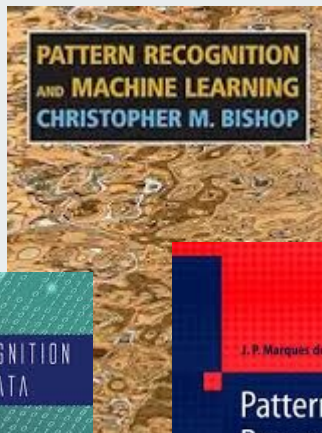
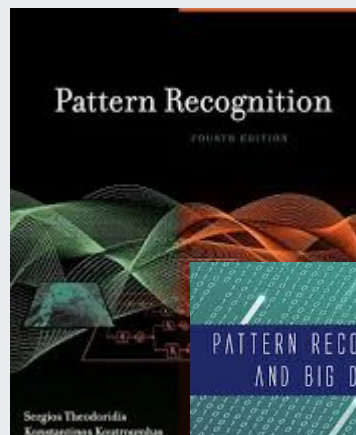
- *White box model*: leis da física (matemática).
- *Grey box model*: parâmetros incertos/desconhecidos obtidos à partir dos dados.
- *Black box model*: **Machine Learning e Clusterização**.





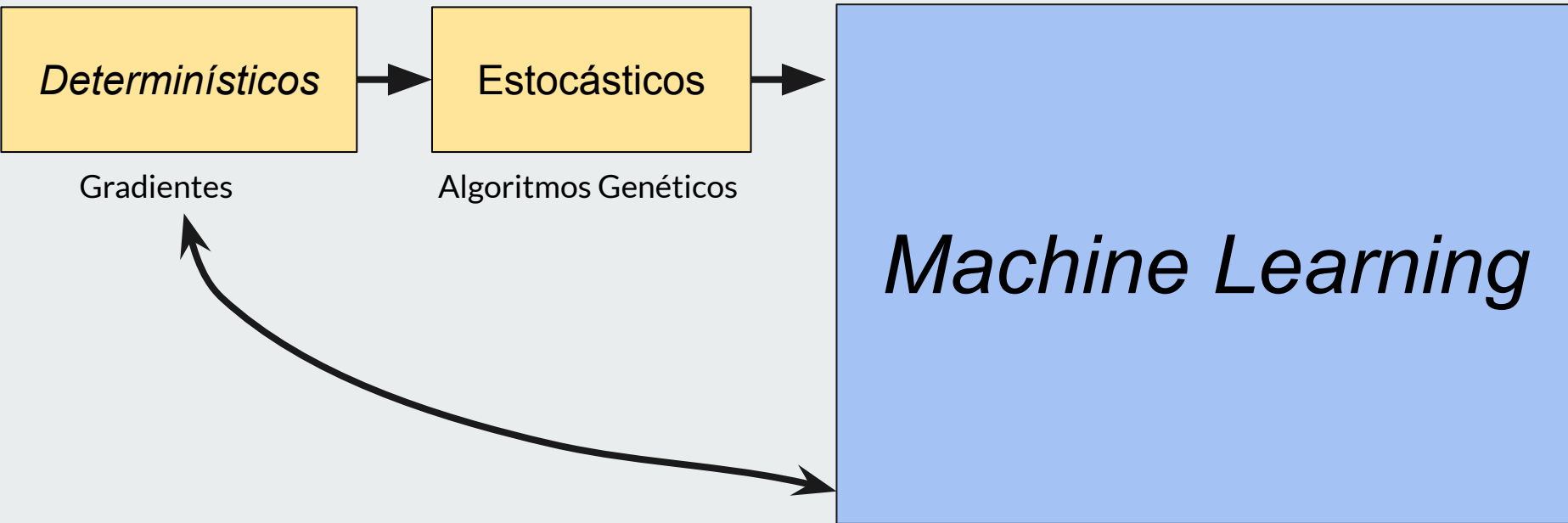
# Aprendizado de Máquina

*Os Pattern Recognition ...*



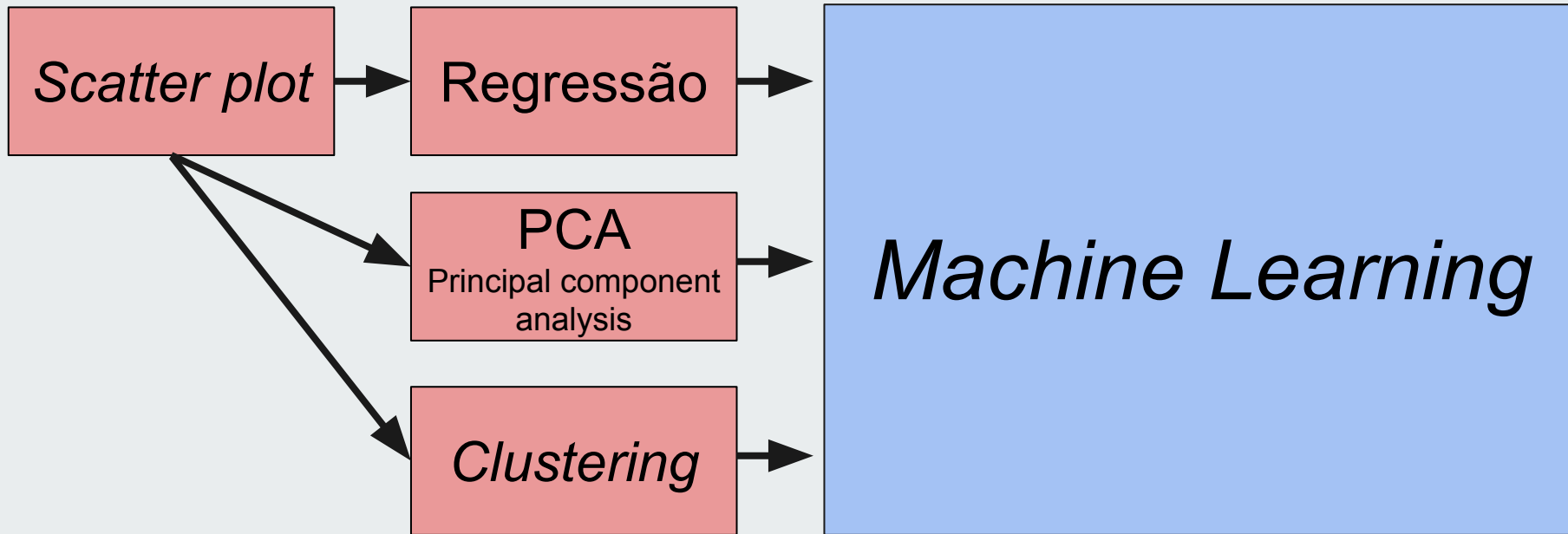
# Aprendizado de Máquina

## Problema Inverso



# Aprendizado de Máquina

Estatística



# Aprendizado de Máquina

## Estatística

Scatter plot

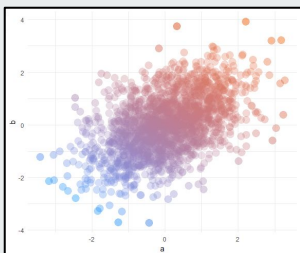
Regressão

PCA

Principal component  
analysis

Clustering

*Machine Learning*



# Aprendizado de Máquina

## Estatística

*Scatter plot*

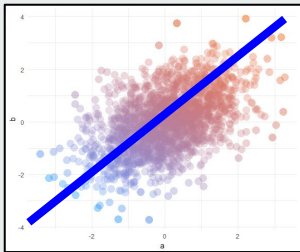
Regressão

PCA

Principal component  
analysis

*Clustering*

*Machine Learning*



# Aprendizado de Máquina

## Estatística

*Scatter plot*

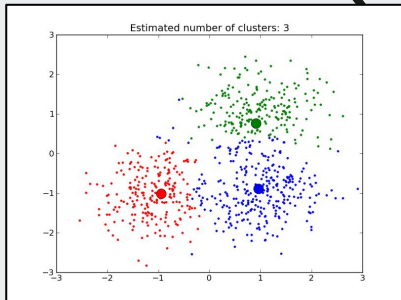
Regressão

PCA

Principal component  
analysis

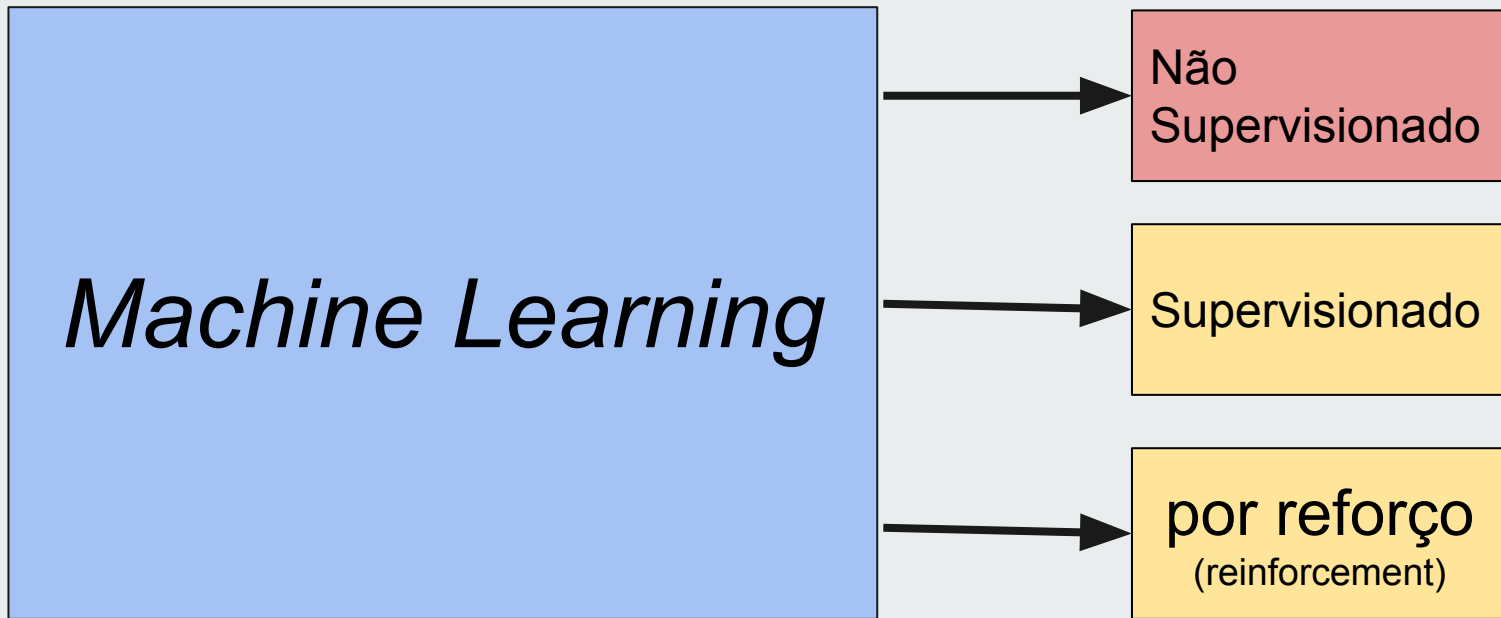
Clustering

*Machine Learning*



# Aprendizado de Máquina

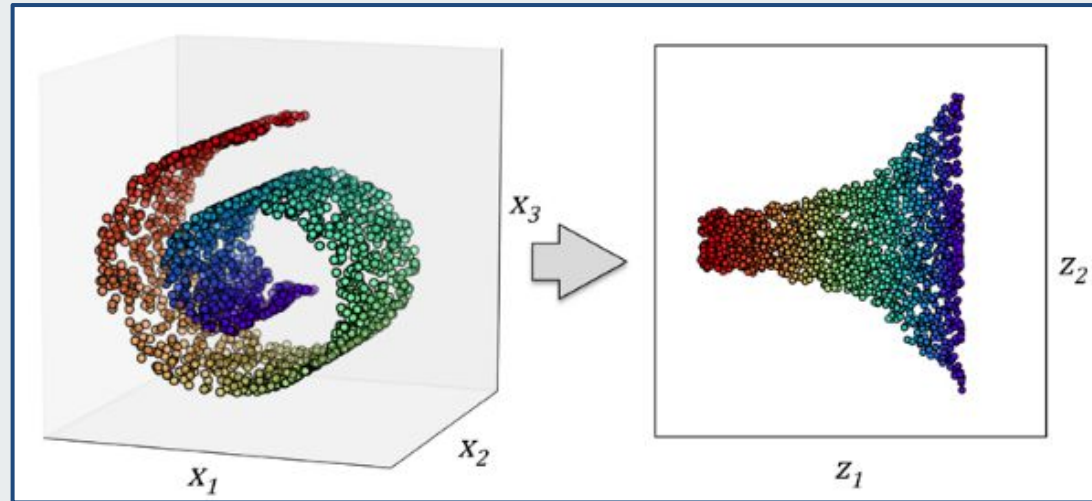
Subdivisões do Aprendizado:



# Aprendizado de Máquina

## Redução de dimensões

- Remoção de ruídos.
- Facilitar a visualização do dado.
- Reduzir o custo computacional.

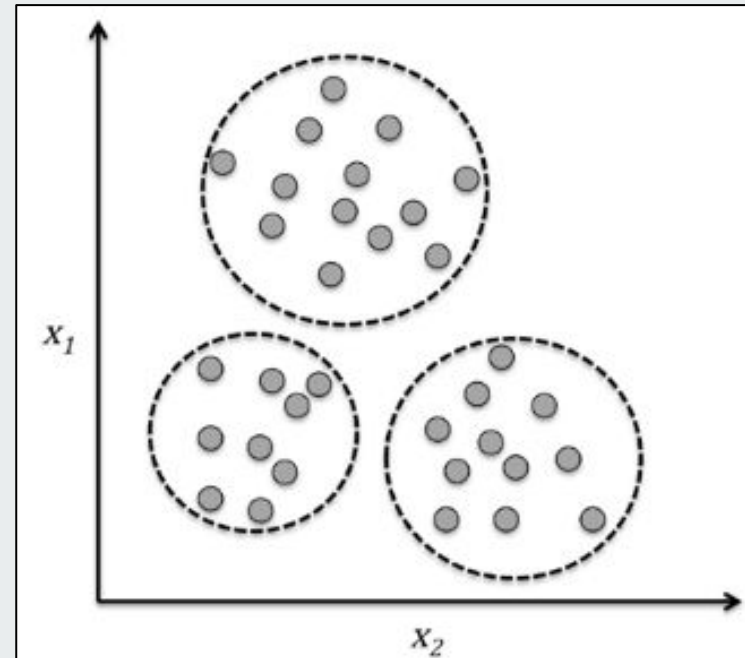




# Aprendizado de Máquina

## Não Supervisionado - *Clustering* (Agrupamento)

- Encontrar padrões nos próprios dados.
- Não se conhece o resultado, mas se sabe a estrutura do problema (eu sei aonde quero chegar).
- Explorar a estrutura dos dados.



# Aprendizado de Máquina

## Não Supervisionado - *Clustering*

<b>A</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>FLAME clustering</li> <li>Fuzzy clustering</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nearest-neighbor chain algorithm</li> <li>Neighbor joining</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Affinity propagation</li> <li>Automatic clustering algorithms</li> </ul>		
<b>B</b>	<b>H</b>	<b>O</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>BFR algorithm</li> <li>BIRCH</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hierarchical clustering</li> <li>Hoshen–Kopelman algorithm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>OPTICS algorithm</li> </ul>
<b>C</b>	<b>I</b>	<b>P</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Canopy clustering algorithm</li> <li>Chinese Whispers (clustering method)</li> <li>Cluster-weighted modeling</li> <li>Cobweb (clustering)</li> <li>Complete-linkage clustering</li> <li>Constrained clustering</li> <li>CURE algorithm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Information bottleneck method</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pitman–Yor process</li> </ul>
	<b>K</b>	<b>Q</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>K q-flats</li> <li>K-means clustering</li> <li>K-means++</li> <li>K-medians clustering</li> <li>K-medoids</li> <li>K-SVD</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Quantum clustering</li> </ul>
<b>D</b>	<b>L</b>	<b>S</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Data stream clustering</li> <li>DBSCAN</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Linde–Buzo–Gray algorithm</li> <li>Low-energy adaptive clustering hierarchy</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Self-organizing map</li> <li>SimRank</li> <li>Single-linkage clustering</li> <li>Spectral clustering</li> <li>SUBCLU</li> </ul>
<b>E</b>	<b>M</b>	<b>U</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Expectation–maximization algorithm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mean shift</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>UPGMA</li> </ul>
<b>F</b>	<b>N</b>	<b>W</b>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Ward's method</li> <li>WPGMA</li> </ul>

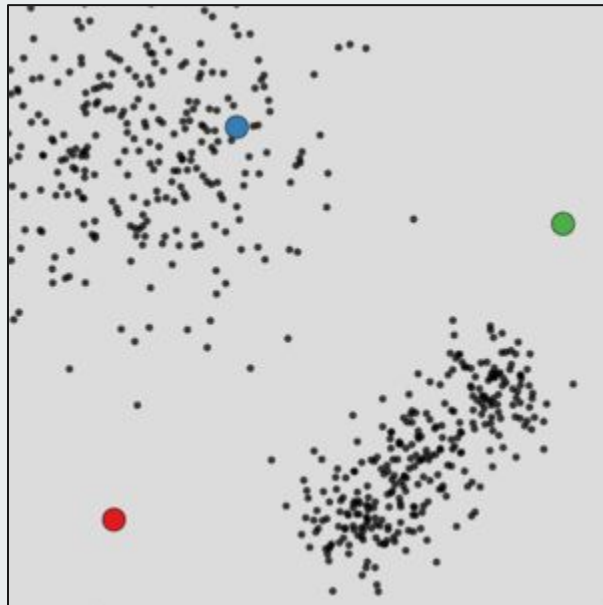
# Aprendizado de Máquina

## Não Supervisionado - *Clustering*

<b>A</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Affinity propagation</li> <li>Automatic clustering algorithms</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>FLAME clustering</li> <li>Fuzzy clustering</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nearest-neighbor chain algorithm</li> <li>Neighbor joining</li> </ul>
<b>B</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>BFR algorithm</li> <li>BIRCH</li> </ul>	<b>H</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Hierarchical clustering</li> <li>Hoshen–Kopelman algorithm</li> </ul>	<b>O</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>OPTICS algorithm</li> </ul>
<b>C</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Canopy clustering algorithm</li> <li>Chinese Whispers (clustering method)</li> <li>Cluster-weighted modeling</li> <li>Cobweb (clustering)</li> <li>Complete-linkage clustering</li> <li>Constrained clustering</li> <li>CURE algorithm</li> </ul>	<b>I</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Information bottleneck method</li> </ul>	<b>P</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Pitman–Yor process</li> </ul>
<b>D</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Data stream clustering</li> <li>DBSCAN</li> </ul>	<b>K</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>K q-flats</li> <li><b>K-means clustering</b></li> <li>K-means++</li> <li>K-medians clustering</li> <li>K-medoids</li> <li>K-SVD</li> </ul>	<b>Q</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Quantum clustering</li> </ul>
<b>E</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Expectation–maximization algorithm</li> </ul>	<b>L</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Linde–Buzo–Gray algorithm</li> <li>Low-energy adaptive clustering hierarchy</li> </ul>	<b>S</b> <p><b>Vizeus</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Self-organizing map</b></li> <li>SimRank</li> <li>Single-linkage clustering</li> <li>Spectral clustering</li> <li>SUBCLU</li> </ul>
<b>F</b>	<b>M</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mean shift</li> </ul>	<b>U</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>UPGMA</li> </ul>
	<b>N</b>	<b>W</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ward's method</li> <li>WPGMA</li> </ul>

# Aprendizado de Máquina

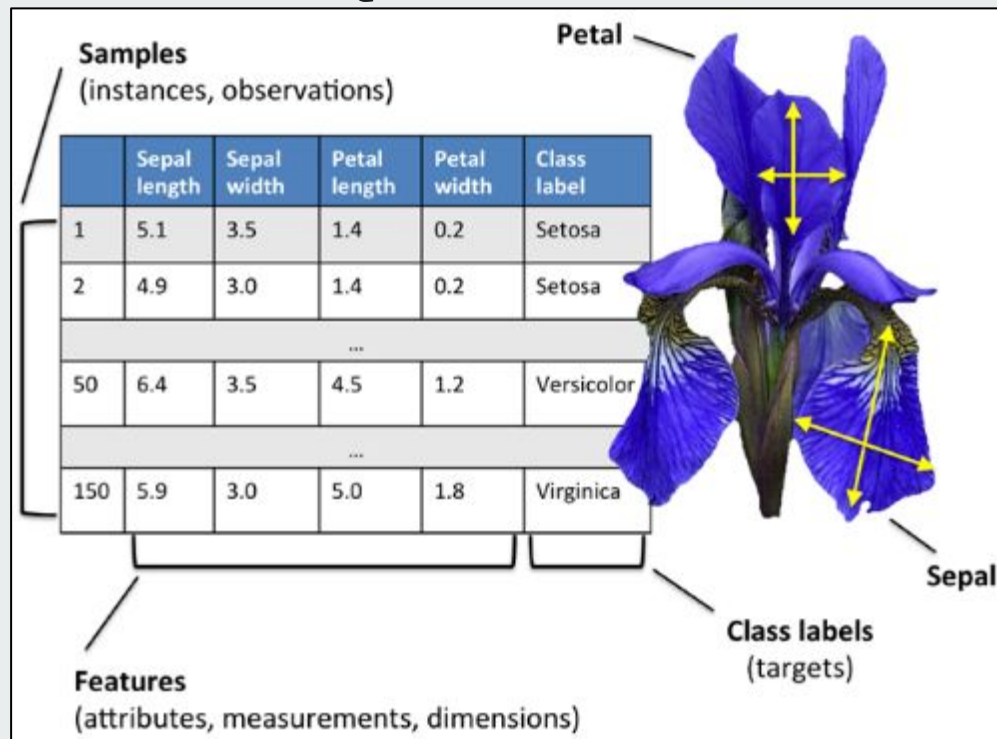
## K-Means



# Aprendizado de Máquina

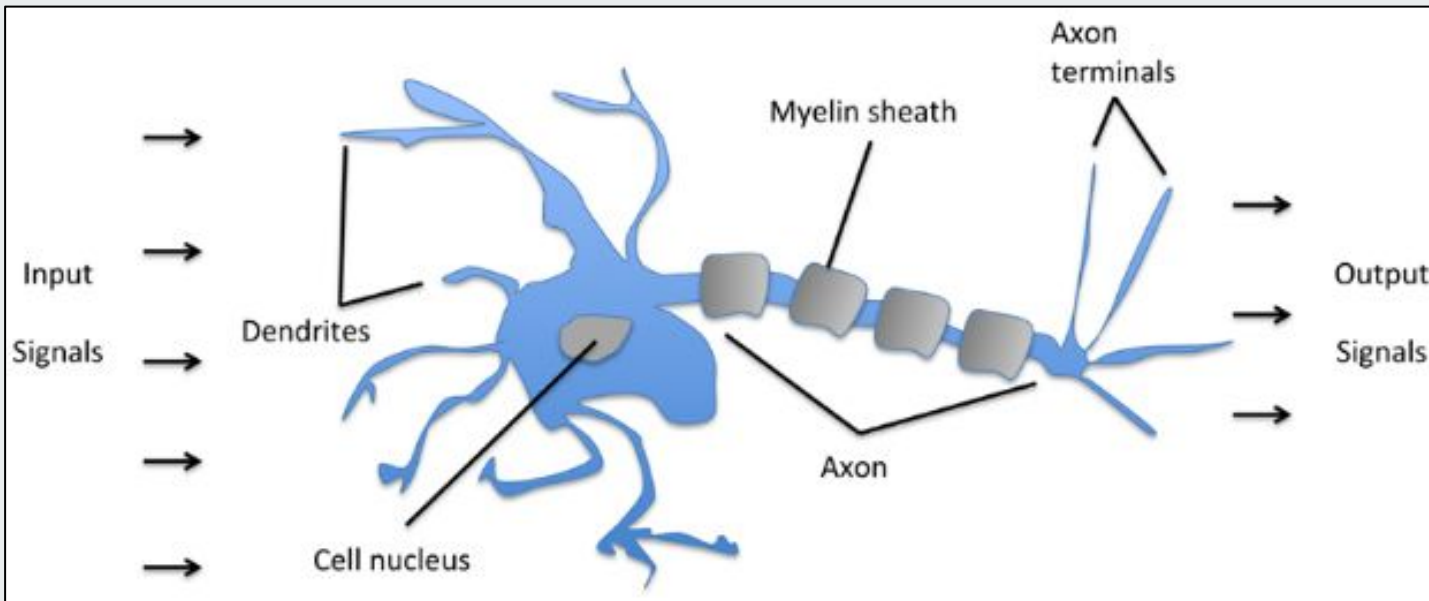
## Supervisionado

- Já se conhece a resposta correta.
- O modelo é treinado para alcançar a resposta correta (já conhecida).
- Possui um “sistema de recompensas” para que o modelo alcance a resposta correta.



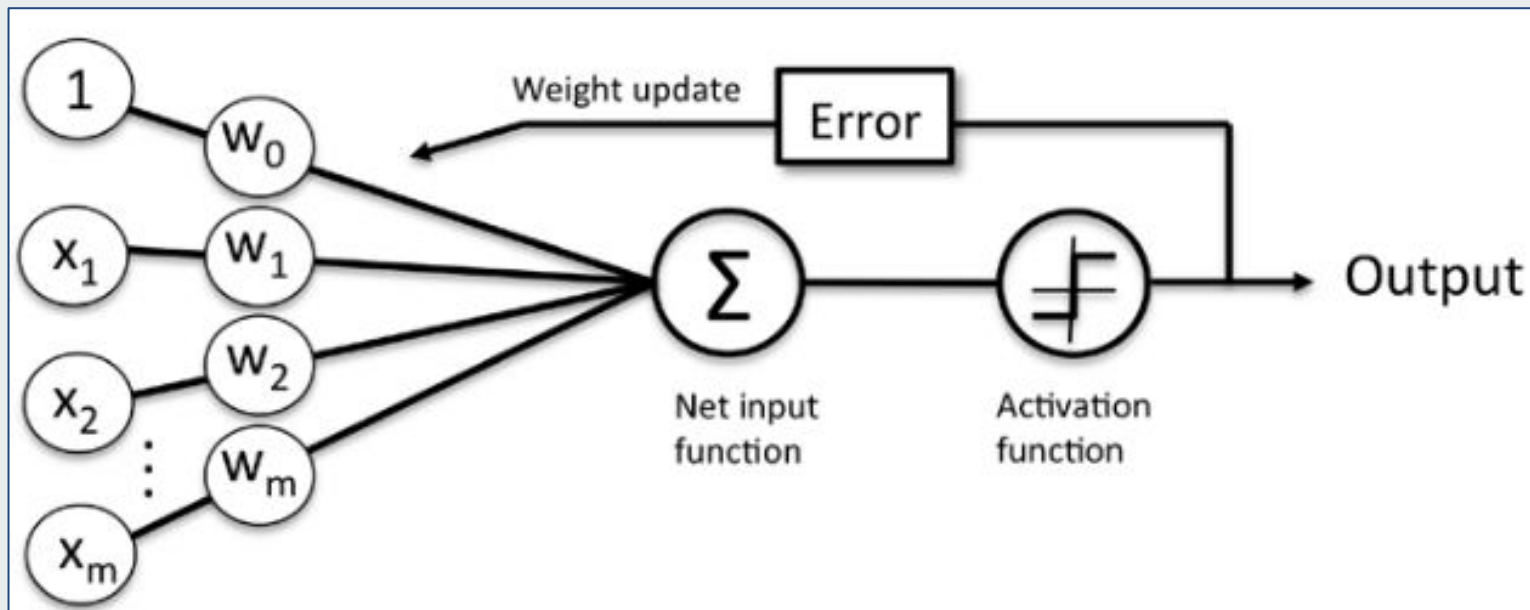
# Aprendizado de Máquina

Supervisionado perceptron e redes



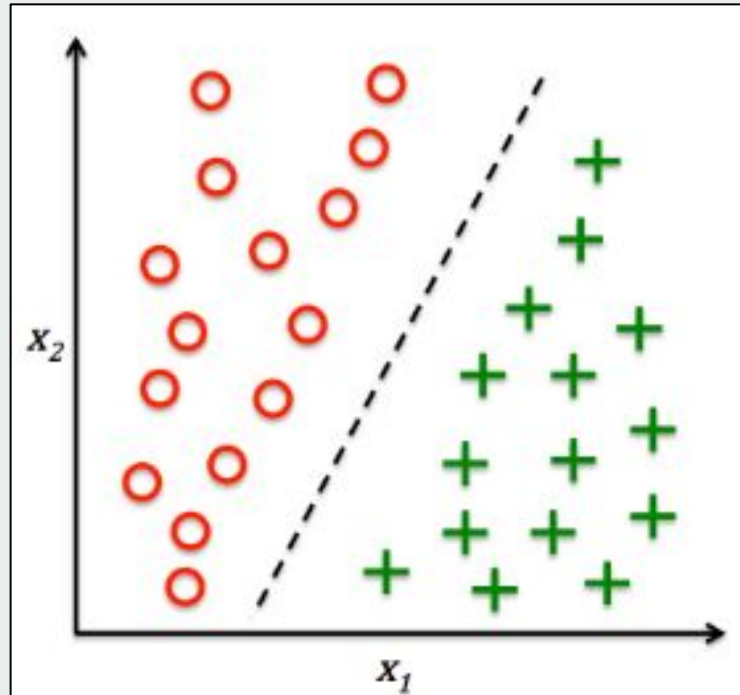
# Aprendizado de Máquina

## Supervisionado perceptron e redes



# Aprendizado de Máquina

Supervisionado perceptron e redes



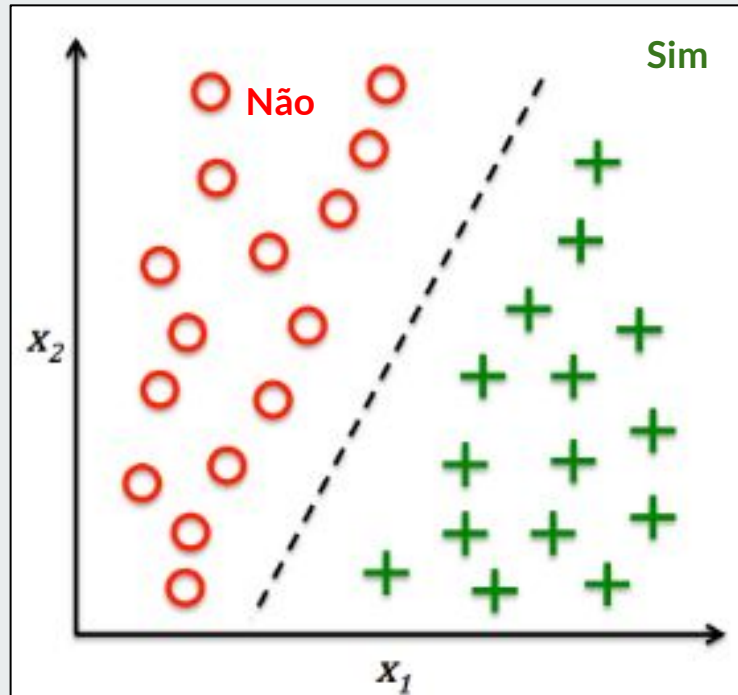
Ir pro quadro!

- SVM
- Perceptron
- Backpropagation
- etc ...



# Aprendizado de Máquina

Supervisionado perceptron e redes



Ir pro quadro!

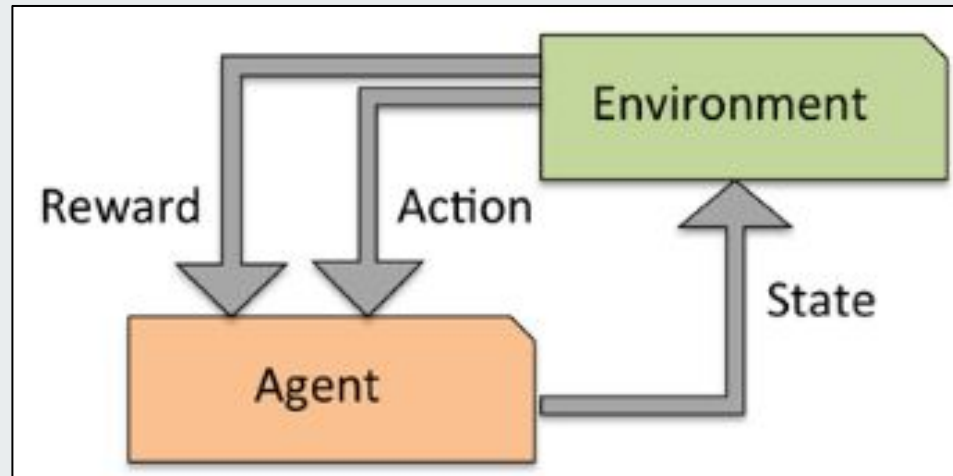
- SVM
- Perceptron
- Backpropagation
- etc ...

# Aprendizado de Máquina

## Por Reforço

O aprendizado por reforço (*reinforcement learning*) é bem similar ao aprendizado supervisionado,

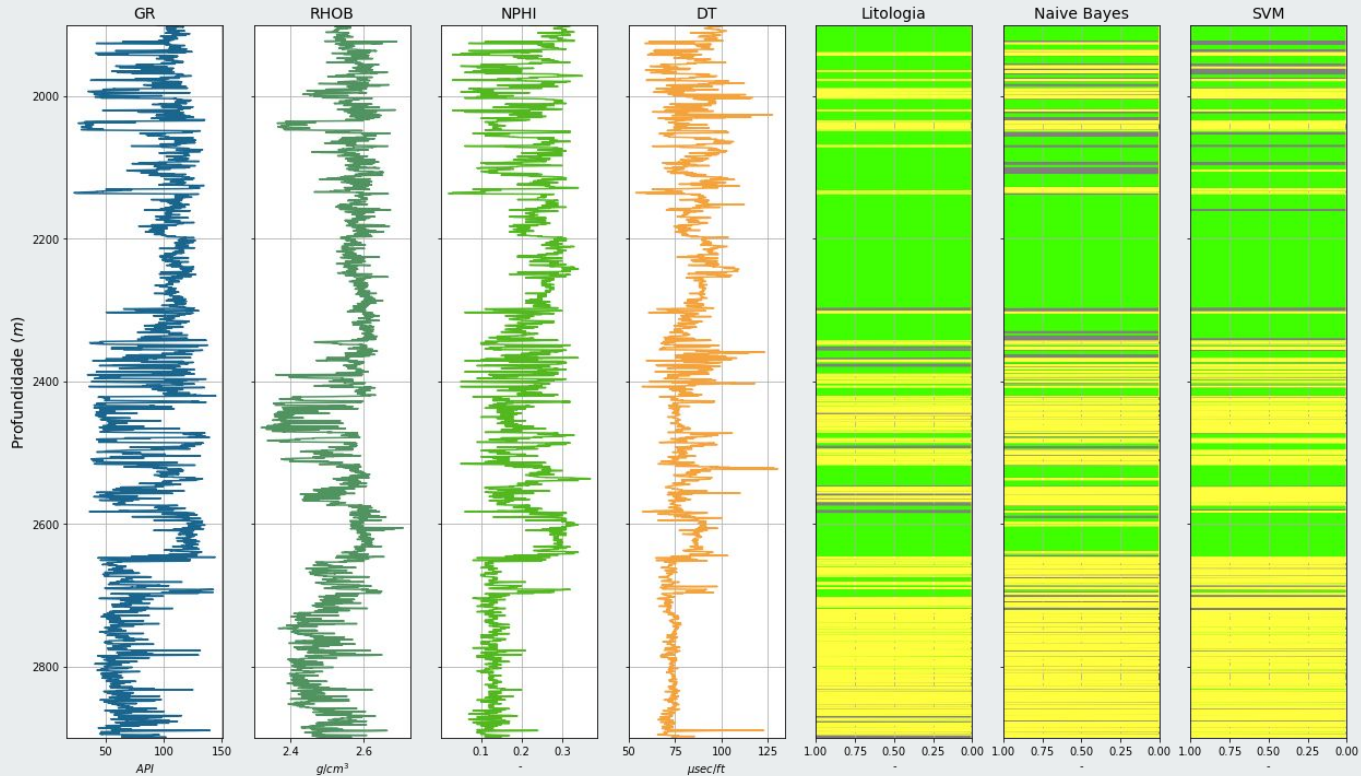
a diferença é que as decisões são tomadas de forma aleatória, pois o objetivo não é “copiar” o treinador, mas sim criar um modelo completamente distinto, que pode superar o treinador.



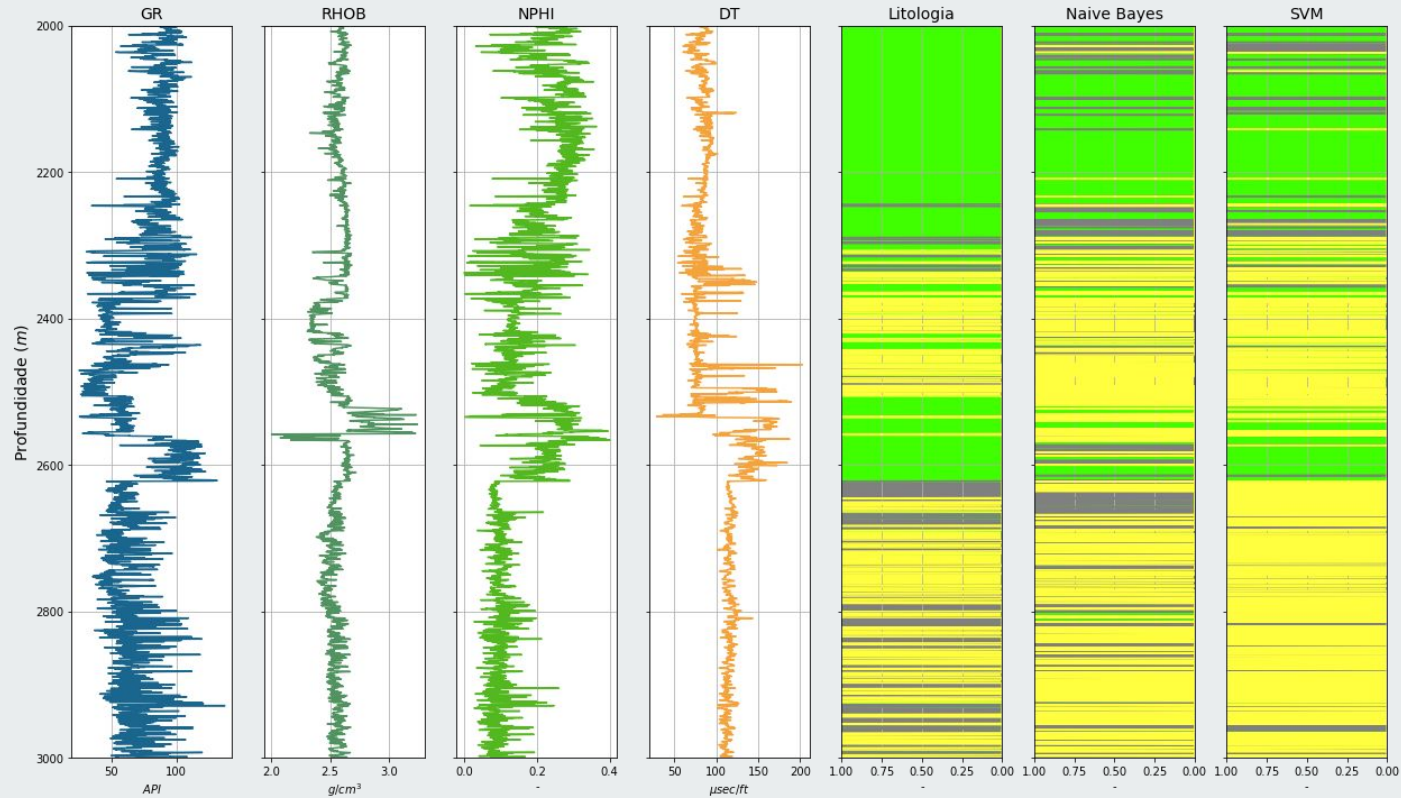
# Aplicações nas geociências

**Relacionar dados discretos, contínuos e classificatórios**

# Aplicações nas geociências



# Aplicações nas geociências



# Aplicações nas geociências

## Bayesian network classifiers for mineral potential mapping

Alok Porwal; E.J.M. Carranza; M. Halea.

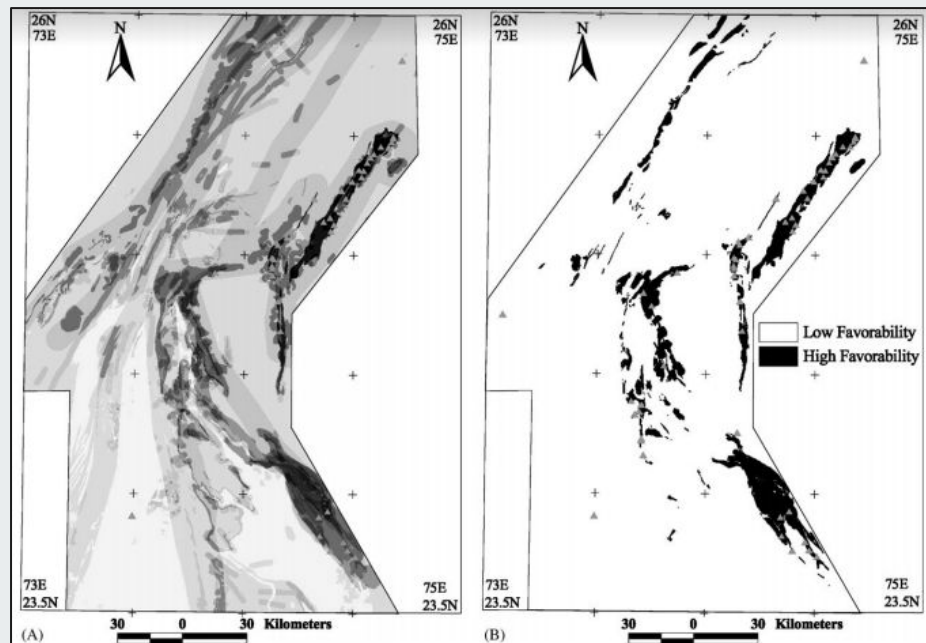
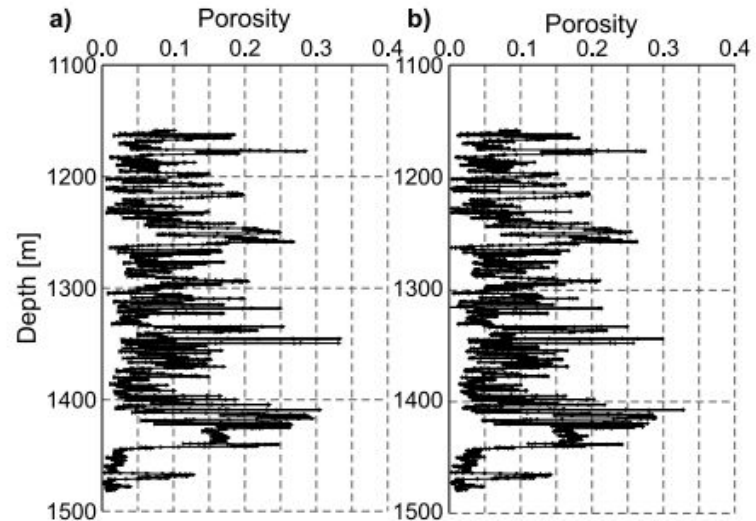


Fig. 5. Favorability maps generated using naive classifier, (A) gray-scale favorability map and (B) binary favorability map. Gray triangles are known base metal deposits.

# Aplicações nas geociências

A general approach for porosity estimation  
using artificial neural network  
method:  
a case study from Kansas gas field

SAGAR SINGH; ALI ISMET KANLI; AND  
SELCUK SEVGEN.



**Fig. 7.** a) Empirical derived combined porosity and b) ANN porosity of the studied well shown in Fig. 1.

# Aplicações nas geociências

A comparative study of artificial neural network, adaptive neuro fuzzy inference system and support vector machine for forecasting river flow in the semiarid mountain region

Zhibin He; Xiaohu Wen; Hu Liu; Jun Du;

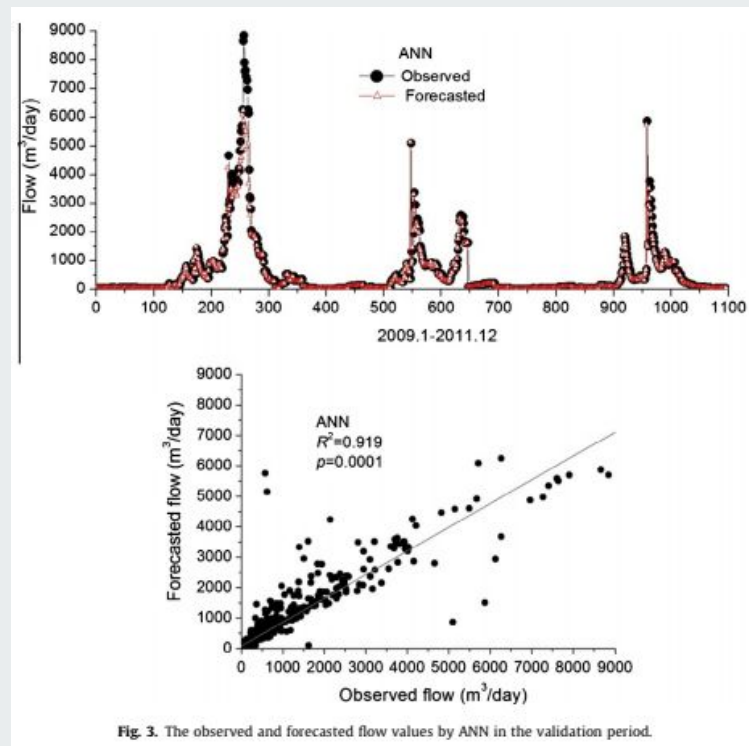


Fig. 3. The observed and forecasted flow values by ANN in the validation period.



# Aplicações nas geociências

## Geologic Log Analysis Using Computer Methods - Doveton

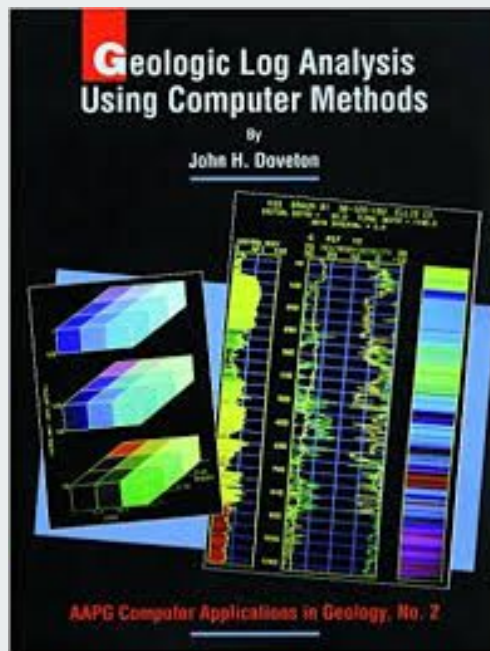


TABLE OF CONTENTS	
<b>Chapter 1</b> Statistical Methods for Log Analysis of Reservoir Properties .....	1
<b>Chapter 2</b> Graphical Techniques for the Analysis and Display of Logging Information .....	23
<b>Chapter 3</b> Compositional Analysis of Lithologies from Wireline Logs .....	47
<b>Chapter 4</b> Multivariate Pattern Recognition and Classification Methods .....	65
<b>Chapter 5</b> Theory and Applications of Time Series Analysis to Wireline Logs .....	97
<b>Chapter 6</b> Lateral Correlation and Interpolation of Logs .....	127
<b>Chapter 7</b> Applications of Artificial Intelligence to Log Analysis .....	151

# Python Machine Learning

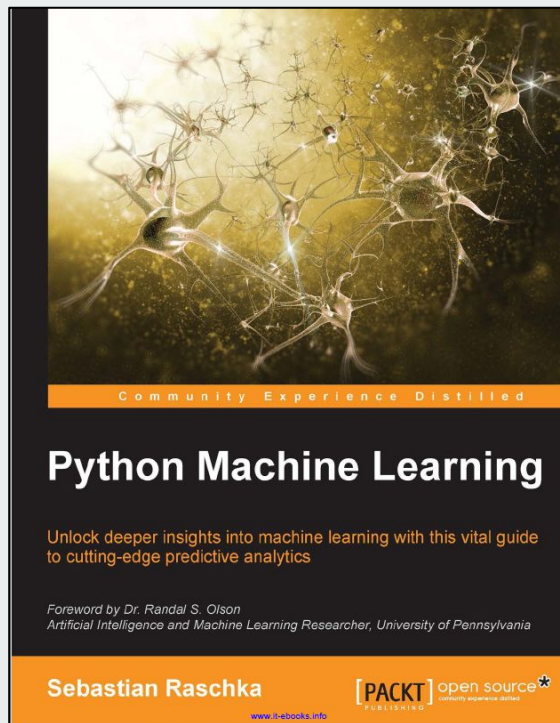
**scikits learn**

A scikit-learn é uma biblioteca de aprendizado de máquina e estatística de código aberto para a linguagem de programação Python.



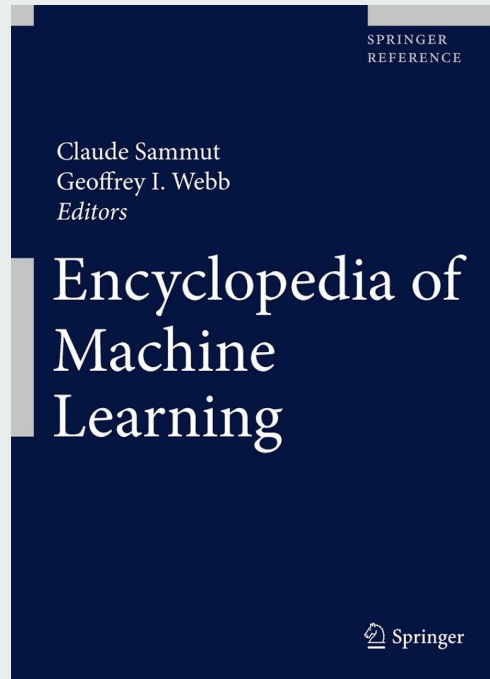
# Python Machine Learning

Python Machine Learning - Raschka



# Python Machine Learning

Encyclopedia of Machine Learning - (Sammut; Webb)



# Exemplo k-means

Ir pro script!