

Inteligência Artificial

Aprendizado de Máquina: Aprendizado Supervisionado

Prof. Dr^a. Andreza Sartori
asartori@furb.br

Documentos Consultados/Recomendados

- ARTERO, Almir Olivette. **Inteligência artificial: teórica e prática**. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2008.
- COPPIN, Ben. **Inteligência artificial**. Rio de Janeiro: LTC, 2013.
- KLEIN, Dan; ABBEEL, Pieter. **Intro to AI**. UC Berkeley. Disponível em: <http://ai.berkeley.edu>
- LIMA, Edirlei Soares. **Inteligência Artificial**. PUC-Rio, 2015.
- NG, Andrew. **Machine Learning**. Stanford University.
<https://www.coursera.org/learn/machine-learning>
<http://cs229.stanford.edu/materials.html>
- RUSSELL, Stuart J. (Stuart Jonathan); NORVIG, Peter. **Inteligência artificial**. Rio de Janeiro: Campus, 2013. 1021p.
- SEBE, Nicu. **Regression**. Universidade de Trento. 2011.

Plano de Ensino da disciplina

Unidade 1: Fundamentos de Inteligência Artificial

Unidade 2: Busca

Unidade 3: Sistemas baseados em conhecimento

Unidade 4: Aprendizado de Máquina e Redes Neurais

Unidade 5: Tópicos especiais



Plano de Ensino da disciplina

Unidade 1: Fundamentos de Inteligência Artificial

Unidade 2: Busca

Unidade 3: Sistemas baseados em conhecimento

Unidade 4: Aprendizado de Máquina e Redes Neurais

Unidade 5: Tópicos especiais



Plano de Ensino da disciplina

Unidade 1: Fundamentos de Inteligência Artificial

Unidade 2: Busca

Unidade 3: Sistemas baseados em conhecimento

Unidade 4: Aprendizado de Máquina e Redes Neurais

4.2 Aprendizado Supervisionado

4.2.1 Regressão

4.2.2 k-Nearest Neighbour (KNN)

4.2.3 Support Vector Machine (SVM)

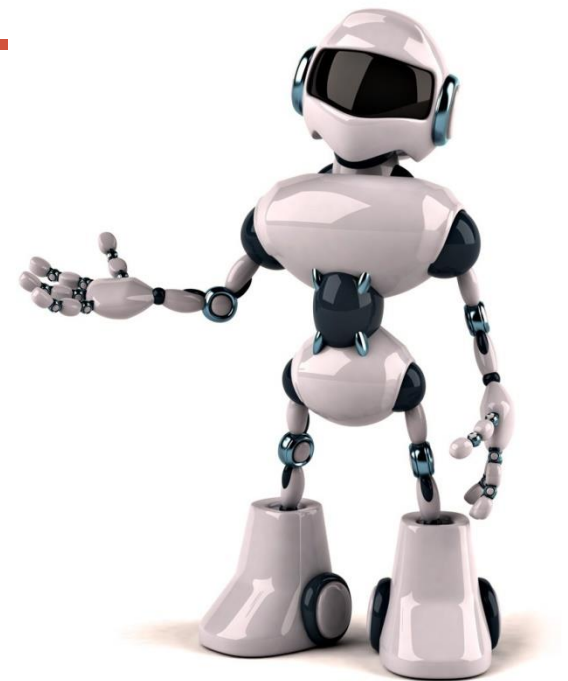
4.2.4 Redes Neurais

4.3 Aprendizado Não-Supervisionado

4.3.1 Clustering: k-means



Recapitulando...



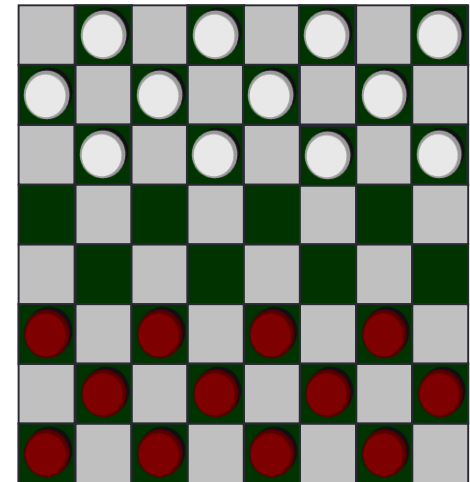
O que é Aprendizado de Máquina?

“Machine Learning” ou
“Aprendizagem Automática” ou “Aprendizagem de Máquina”



O que é Aprendizado de Máquina?

- “*Field of study that gives computers the ability to learn without being explicitly programmed*”. (Arthur Samuel, 1959)
- Desenvolveu um jogo de Damas capaz de jogar contra si mesmo.
- Após várias jogadas o computador foi capaz de identificar quais foram as jogadas ruins e boas, conseguindo jogar Damas melhor que Samuel.



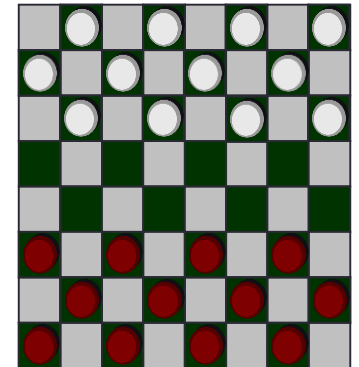
O que é Aprendizado de Máquina?

Um sistema computacional é dito que aprende da **experiência E**, em relação a uma **classe de tarefas T** e a uma **medida de desempenho P**, se seu desempenho nas tarefas em T, medido por P, melhora com a **experiência E**.
(*Tom Mitchell (1998)*)



O que é Aprendizado de Máquina?

- Num problema de aprendizagem identificamos 3 fatores:
 1. Classe das tarefas T ,
 2. Medida de desempenho a ser melhorada P ; e,
 3. Experiência (treinamento) E .
- Exemplo - Jogo de damas de Samuel:
 - Tarefa T ?
 - Jogar damas.
 - Medida de desempenho P ?
 - Porcentagem de jogos ganhos.
 - Experiência de treinamento E ?
 - Realizar jogos de damas contra ele mesmo.



O que é Aprendizado de Máquina?

Um sistema computacional é dito que aprende da **experiência E**, em relação a uma **classe de tarefas T** e a uma **medida de desempenho P**, se seu desempenho nas tarefas em T, medido por P, melhora com a **experiência E**.
(Tom Mitchell (1998))

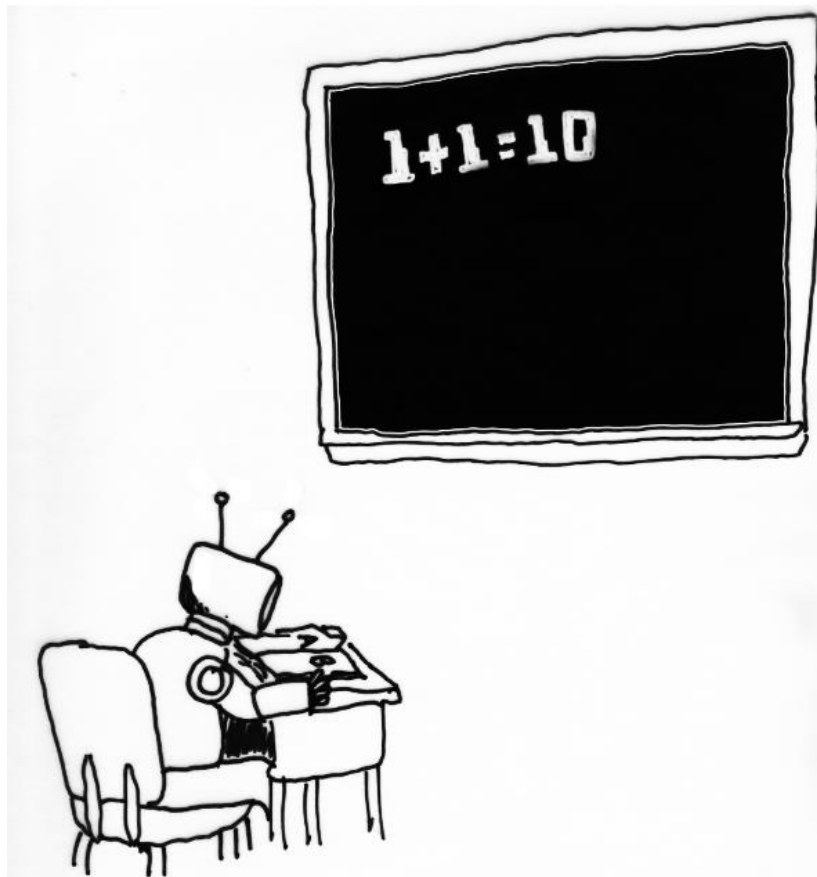
Realizar jogos de damas
contra ele mesmo

Jogar damas

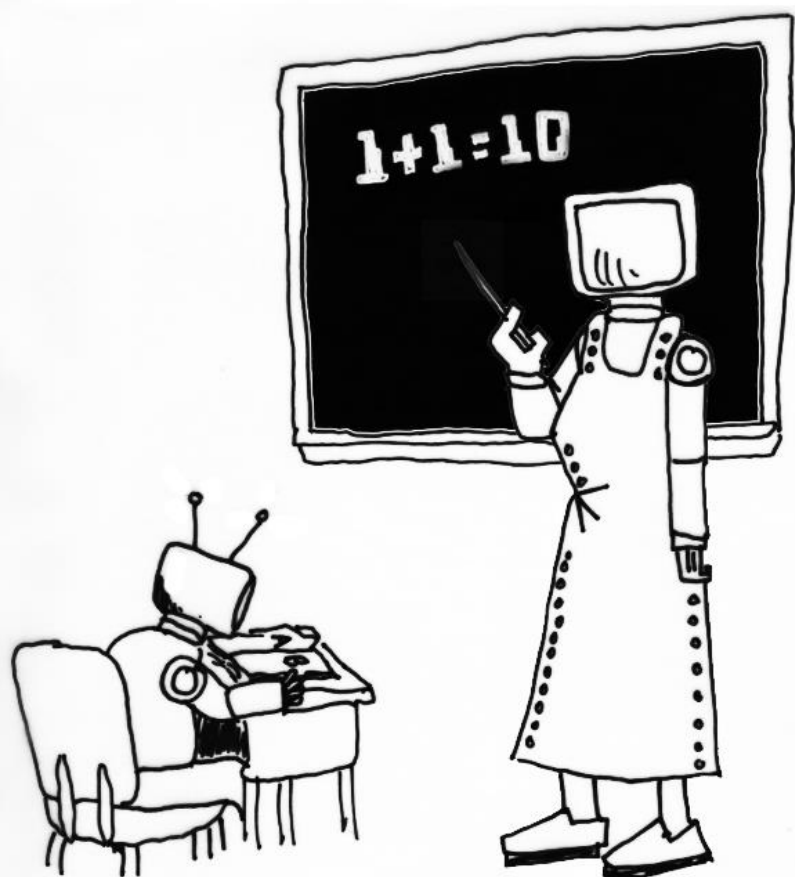
Porcentagem de jogos
ganhos

Formas de Aprendizado

UNSUPERVISED MACHINE LEARNING



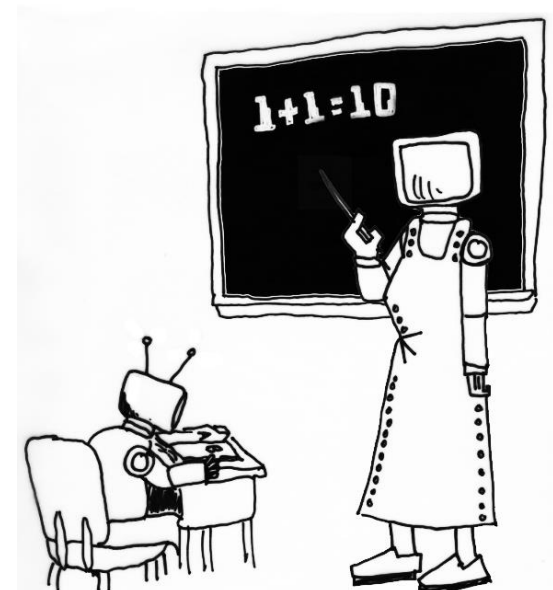
SUPERVISED MACHINE LEARNING



Formas de Aprendizado: Aprendizado Supervisionado

- Vamos ensinar o computador como e/ou o que ele deve fazer.
- Aprendizagem de uma função a partir de exemplos de entrada e saída.
- Damos respostas corretas para cada exemplo.
- **Abordagens:**
 - Classificação
 - Regressão
- **Algoritmos:**
 - Árvores de Decisão
 - KNN
 - SVM
 - Redes Neurais

SUPERVISED MACHINE LEARNING



Formas de Aprendizado: Aprendizado Não-Supervisionado

- Deixamos o computador aprender sozinho.
- Quando não há valores de saída específicos.
- Respostas corretas não são dadas.

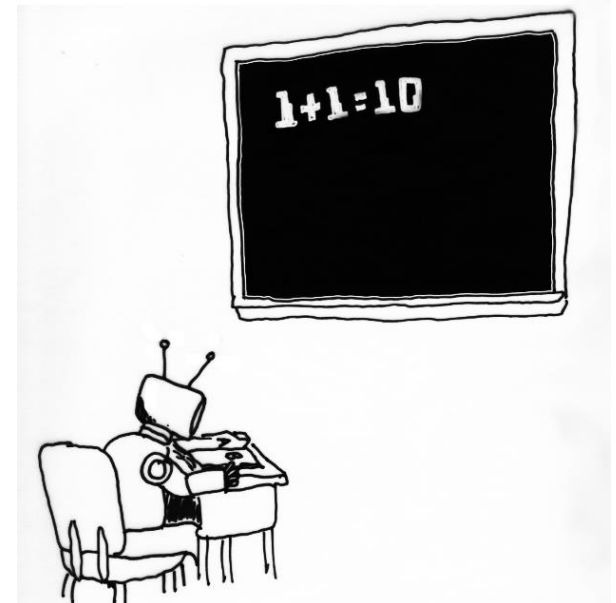
- **Abordagens:**

- Agrupamento (Clustering),
- Regras de associação.

- **Algoritmos:**

- Clusterização
- K-Means

UNSUPERVISED MACHINE LEARNING



Formas de Aprendizado: Outros

- Aprendizagem por reforço:
 - Não damos a “resposta correta” para o sistema. O sistema faz uma hipótese e determina se essa hipótese foi boa ou ruim.
 - Aprendizagem dado recompensas ocasionais.
 - Usado na robótica e jogos.

$$\arg \max_{a_k} \sum_{o_k r_k} \dots \max_{a_m} \sum_{o_m r_m} [r_k + \dots + r_m] \sum_{q: U(q, a_1 \dots a_m) = o_1 r_1 \dots o_m r_m} 2^{-l(q)}$$

Reinforcement learning



Inteligência Artificial de projeto do Facebook cria linguagem própria – 07/2017

- Os agentes são apresentados a uma série de objetos -- dois livros, um chapéu e três bolas, por exemplo.
- Eles ganham pontos quando chegam a um acordo sobre como os itens devem ser divididos desde que a discussão não vá além de dez intervenções.
- Zeram quando abandonam a mesa de negociação ou não chegam a uma resolução.
- Para simular uma disputa entre humanos, os cientistas programaram cada robô para valorizar um item de forma mais intensa que outro.

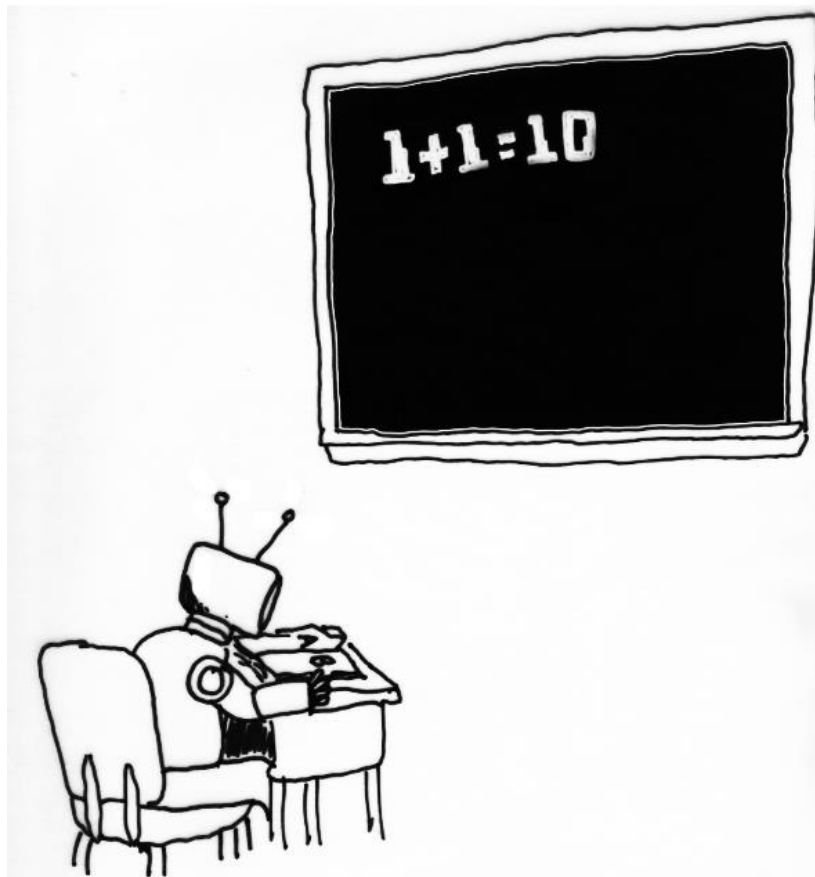
Inteligência Artificial de projeto do Facebook cria linguagem própria – 07/2017

“Colocando de forma simples, agentes em ambientes em que tenham de solucionar uma tarefa frequentemente acham formas contraintuitivas de maximizar sua recompensa”. *Dhruv Batra (Professor da Georgia Tech)*

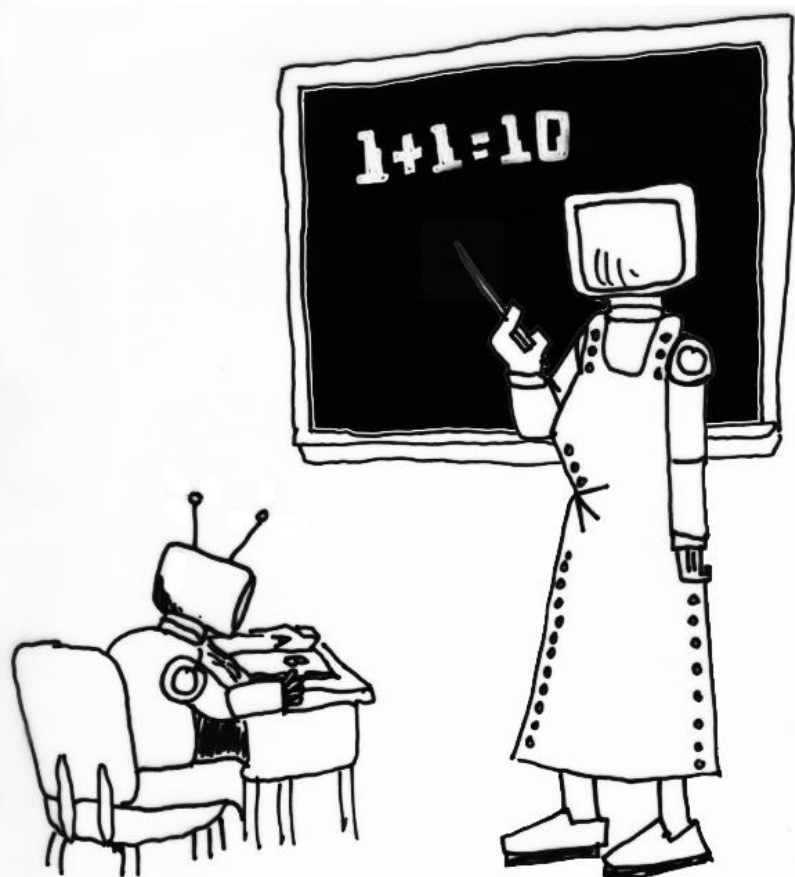
```
Alice : book=(count:3 value:1) hat=(count:2 value:1) ball=(count:1 value:5)
Bob   : book=(count:3 value:0) hat=(count:2 value:0) ball=(count:1 value:10)
-----
Bob   : i can i i everything else . . . . .
Alice : balls have zero to me to me to me to me to me to me to me to me to
Bob   : you i everything else . . . . .
Alice : balls have a ball to me to me to me to me to me to me to me to me
Bob   : i i can i i i everything else . . . . .
Alice : balls have a ball to me to me to me to me to me to me to me to me
Bob   : i . . . . .
Alice : balls have zero to me to me to me to me to me to me to me to me to
Bob   : you i i i i i everything else . . . . .
Alice : balls have 0 to me to me to me to me to me to me to me to me to
Bob   : you i i i everything else . . . . .
Alice : balls have zero to me to me to me to me to me to me to me to me to
```

Vamos focar em...

UNSUPERVISED MACHINE LEARNING

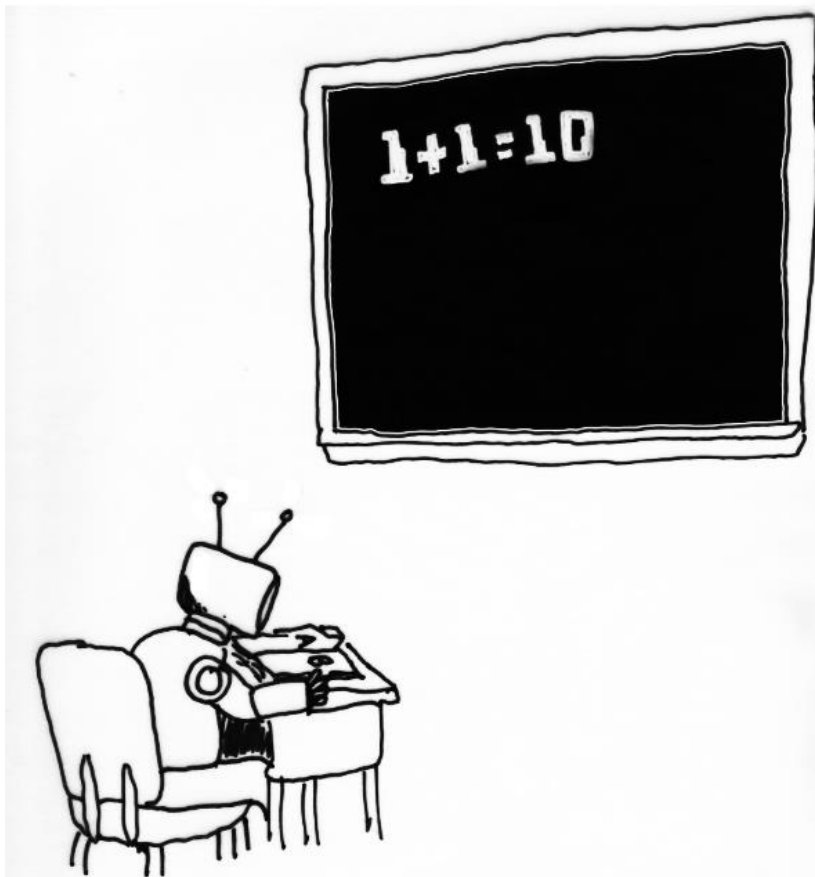


SUPERVISED MACHINE LEARNING

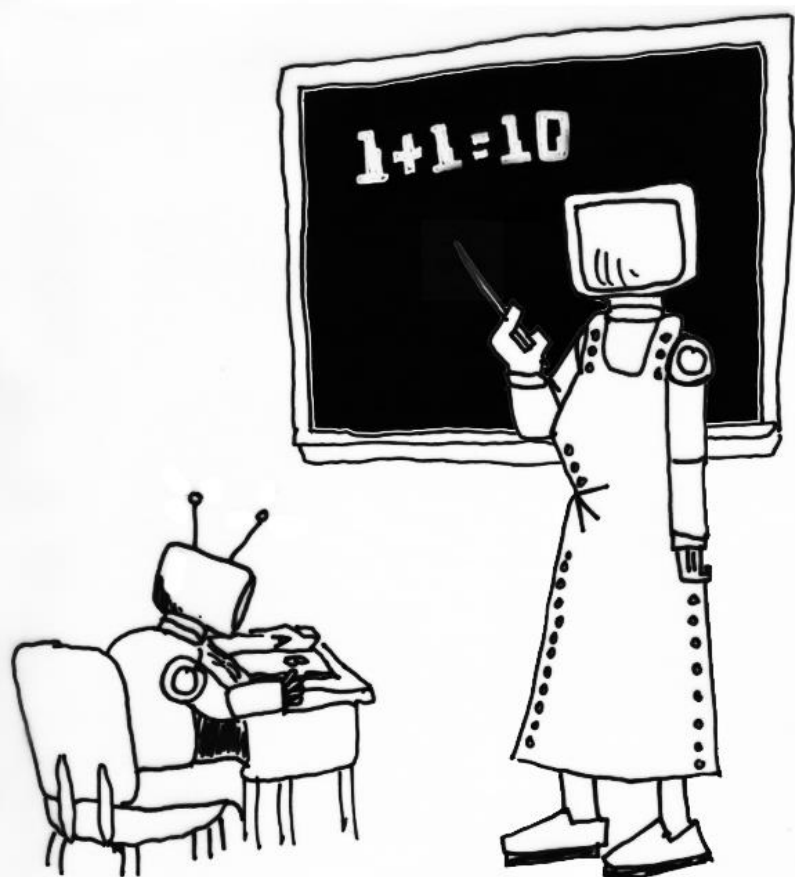


Qual a diferença mesmo?

UNSUPERVISED MACHINE LEARNING



SUPERVISED MACHINE LEARNING



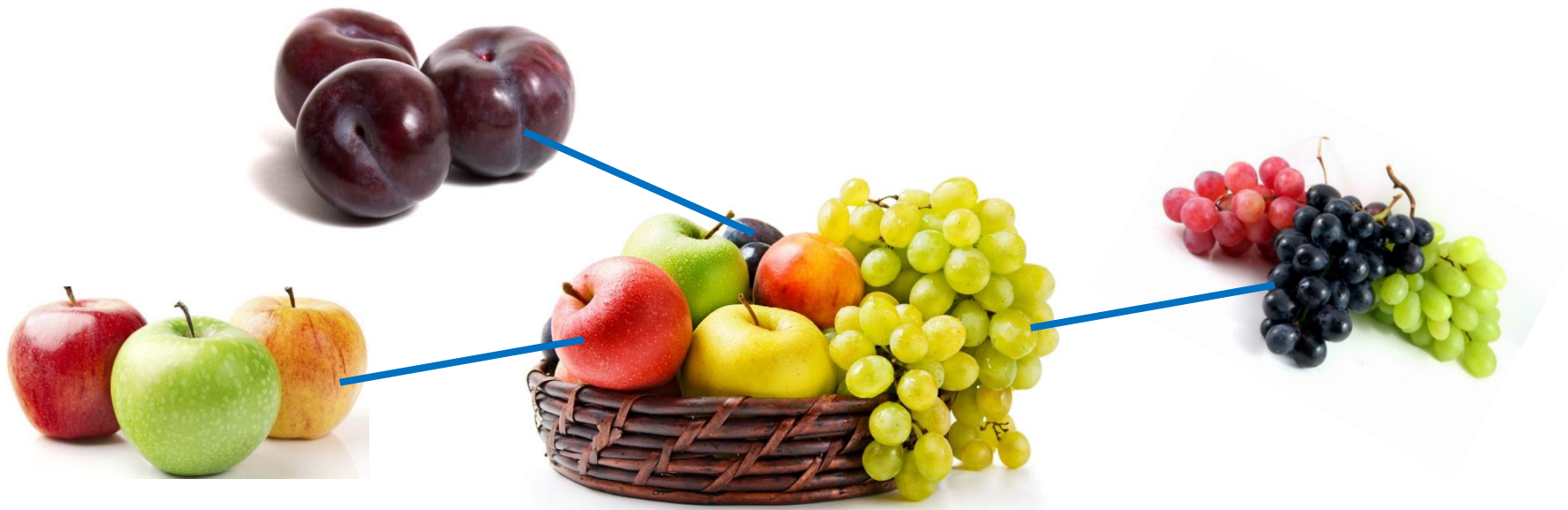
Aprendizado Supervisionado X Não-Supervisionado

- **Tarefa:** organizar as mesmas frutas do mesmo tipo separadamente.
- **As frutas são (classes):** maçã, uva e ameixa.



Aprendizado Supervisionado X Não-Supervisionado

Você já sabe, de uma experiência anterior, o formato, cor, sabor, etc, de cada fruta. E por isso é fácil organizar cada tipo de fruta em grupos ou classes.



Esta “experiência anterior” é chamada de **Train Data** ou **Dados de Treinamento**.

Aprendizado **Supervisionado** X Não-Supervisionado

A partir dos seus dados de treinamento, você tem uma **variável de resposta (label)** que diz que uma fruta tem algumas **características/atributos (features)** que podem ser consideradas como maçã, por exemplo.

- ✓ **Formato:** Redonda
- ✓ **Cor:** vermelha
- ✓ **Diâmetro:** 8,5cm
- ✓ **Variável de resposta:** Maçã



Aprendizado Supervisionado X Não-Supervisionado

Estas **características (features)**, você adquire dos **dados de treinamento (train data)**.

Nome da Fruta: Maçã

- ✓ **Formato:** Redonda
- ✓ **Cor:** vermelha
- ✓ **Diâmetro:** 8,5cm
- ✓ ...

Nome da Fruta: Ameixa

- ✓ **Formato:** Redonda
- ✓ **Cor:** roxa
- ✓ **Diâmetro:** 4,5cm
- ✓ ...

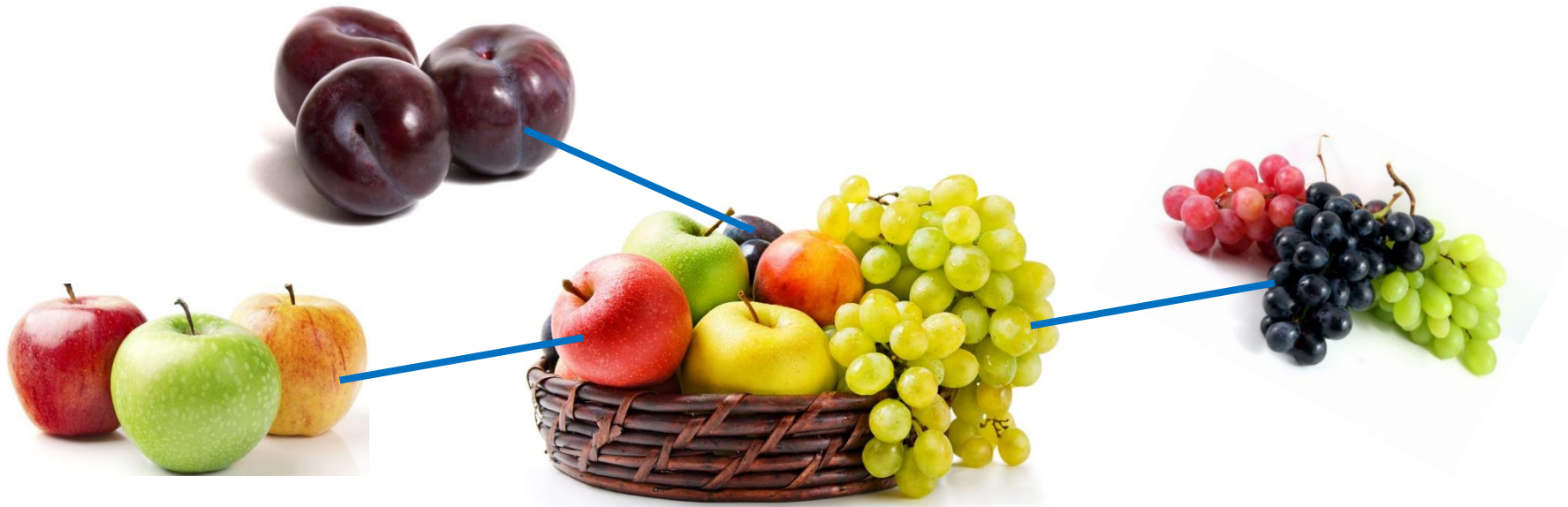


Nome da Fruta: Uva

- ✓ **Formato:** Redonda
- ✓ **Cor:** verde
- ✓ **Diâmetro:** 2,5cm
- ✓ ...

Aprendizado **Supervisionado** X Não-Supervisionado

Este tipo de abordagem é **Classificação**, onde através de dados de treinamento você divide seus dados (frutas) em classes.



Aprendizado Supervisionado X Não-Supervisionado

- **Tarefa:** organizar as mesmas frutas do mesmo tipo separadamente.
- **As frutas são:** maçã, uva e ameixa.



Aprendizado Supervisionado X Não-Supervisionado

Desta vez você não sabe qualquer coisa sobre frutas, é a primeira vez que você as vê e mesmo assim terá que organizá-las.



Aprendizado Supervisionado X Não-Supervisionado

Como você irá organizá-las? O que fazer primeiro?



Aprendizado Supervisionado X Não-Supervisionado

Para isto, você pode considerar as características físicas de cada fruta.

- ✓ **Formato: ?**
- ✓ **Cor: ?**
- ✓ **Diâmetro: ?**
- ✓ ...



Aprendizado Supervisionado X Não-Supervisionado

Para agrupar estas frutas, você poderá utilizar algumas **regras de agrupamento (clustering)**, como:

GRUPO DA COR VERMELHA

- ✓ Maçã
- ✓ Uva

GRUPO DA COR ROXA

- ✓ Uva
- ✓ Ameixa

GRUPO DA COR VERDE

- ✓ Maçã
- ✓ Uva



Aprendizado Supervisionado X Não-Supervisionado

Para agrupar as frutas de forma mais efetiva, você pode utilizar mais regras de agrupamento:

GRUPO DA COR VERMELHA
E TAMANHO GRANDE

✓ Maçã

GRUPO DA COR ROXA E
TAMANHO MÉDIO

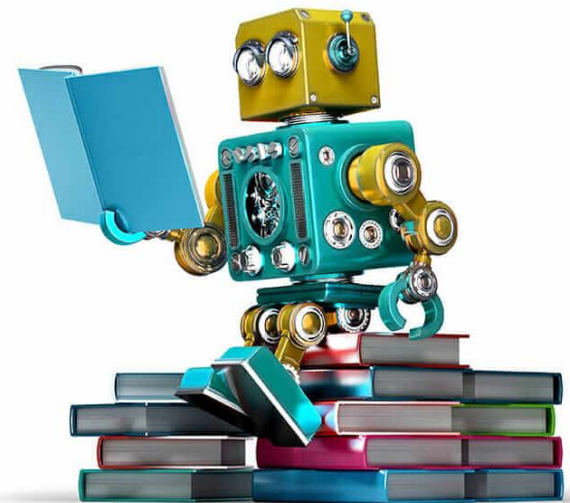
✓ Ameixa

GRUPO DA COR VERDE E
TAMANHO PEQUENO

✓ Uva



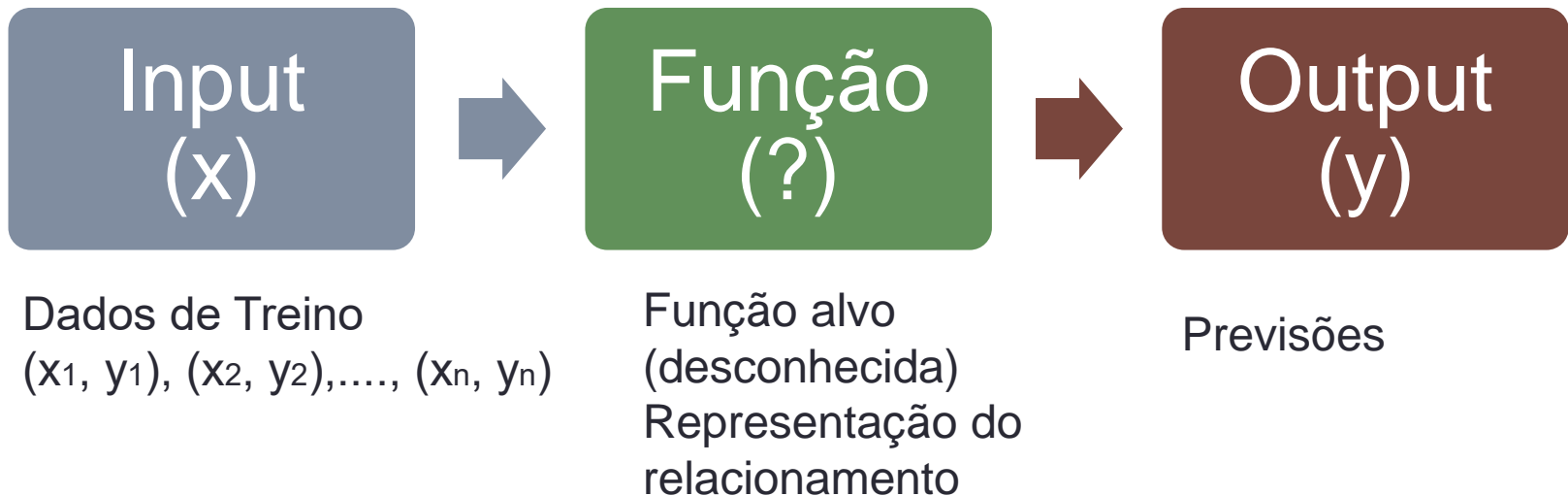
Mas, como funciona o processo de aprendizagem?



Teoria da Aprendizagem

O objetivo da aprendizagem é descobrir uma função **h** (**hipótese**) que se aproxime da função verdadeira **f**

$$y = f(x)$$



Modelos de Aprendizagem

Espaço de Hipóteses

Contém os recursos com os quais podemos trabalhar.

Exemplo: Redes Neurais Artificiais, Support Vector Machines

Algoritmo de Aprendizagem

Recebe os dados e navega pelo Espaço de Hipóteses a fim de encontrar a melhor hipótese que gera o resultado desejado.

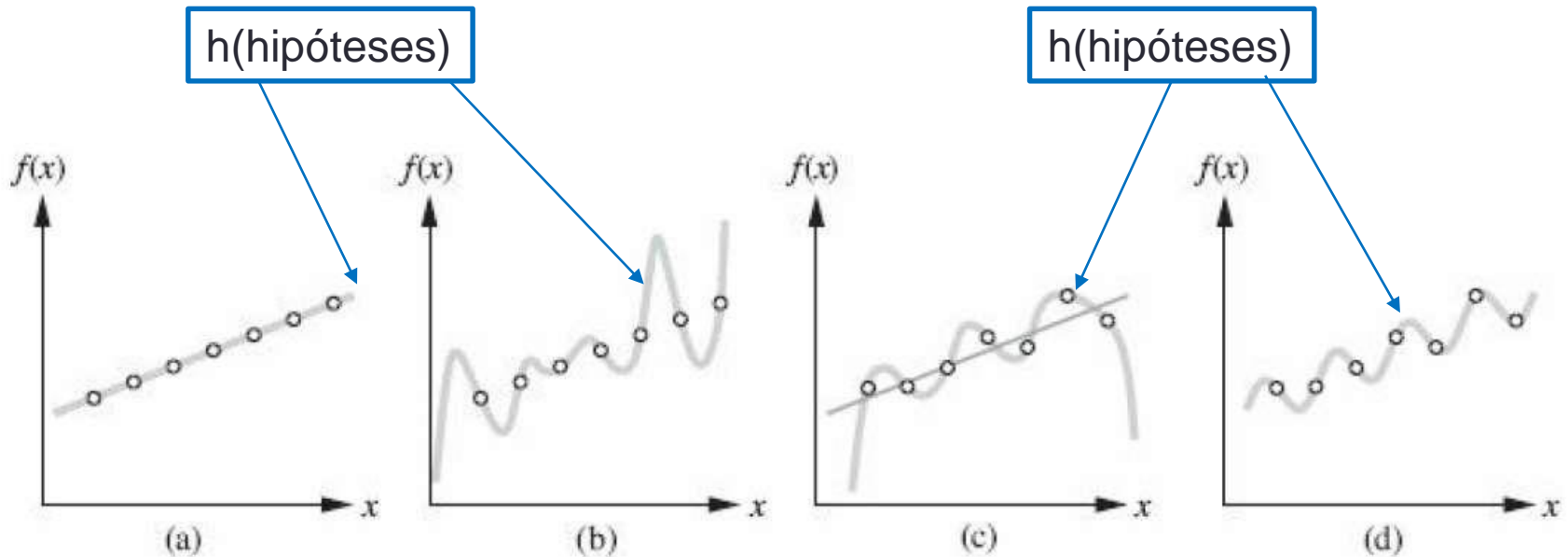
Exemplo: Backpropagation, Programação Quadrática

Modelos de Aprendizagem



- O algoritmo é um pedaço de código escrito que permite buscar dentro do espaço de hipóteses uma solução.
- A combinação entre espaço de hipóteses e o algoritmo de aprendizagem é que gera o modelo de aprendizagem.
- É possível usar mais de 1 algoritmo no mesmo espaço de hipóteses.

Teoria da Aprendizagem



Fonte: Data Science Academy

Os exemplos são pontos no plano (x, y) , onde $y = f(x)$.

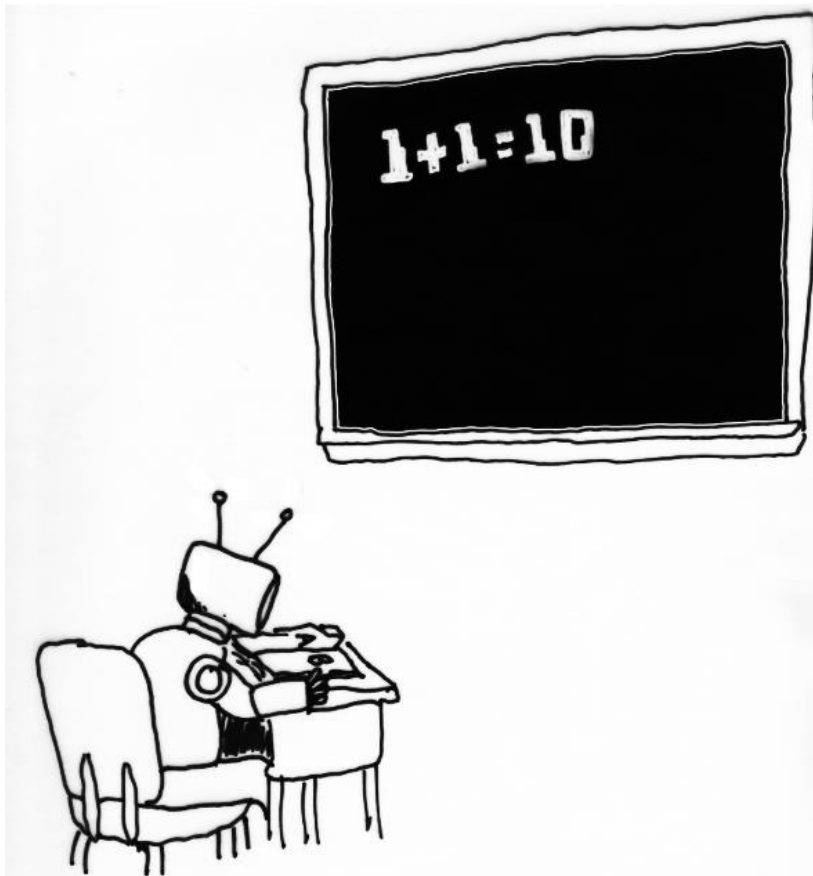
Aprendizado de Máquina

- Nenhum algoritmo único ou uma combinação de algoritmos é 100% preciso o tempo todo.
- Pelo menos não ainda!!

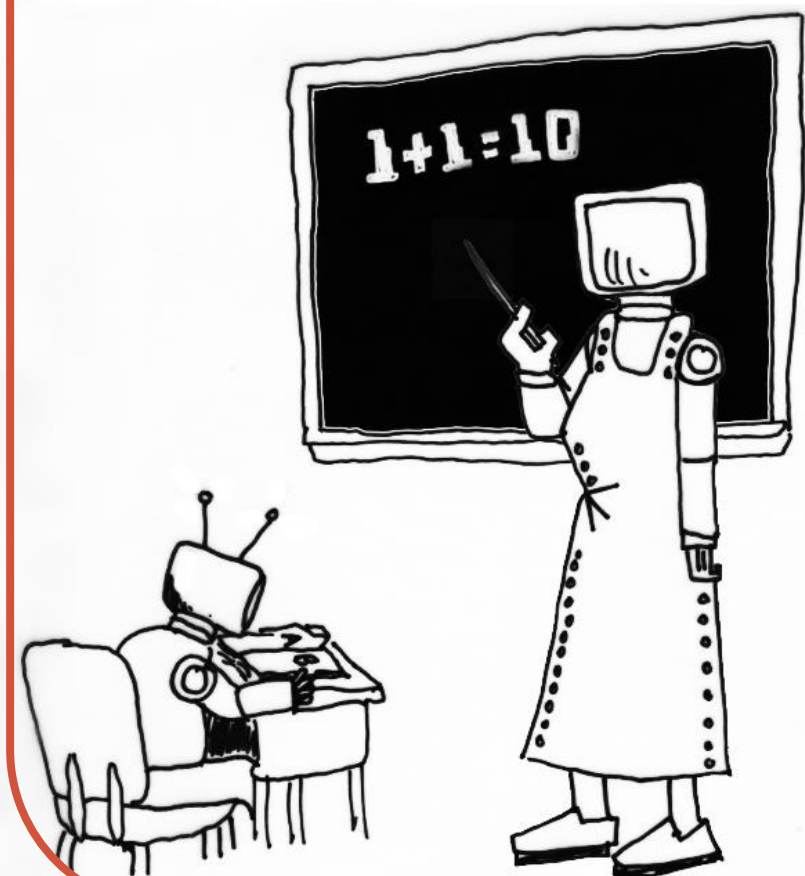


Nesta aula

UNSUPERVISED MACHINE LEARNING



SUPERVISED MACHINE LEARNING

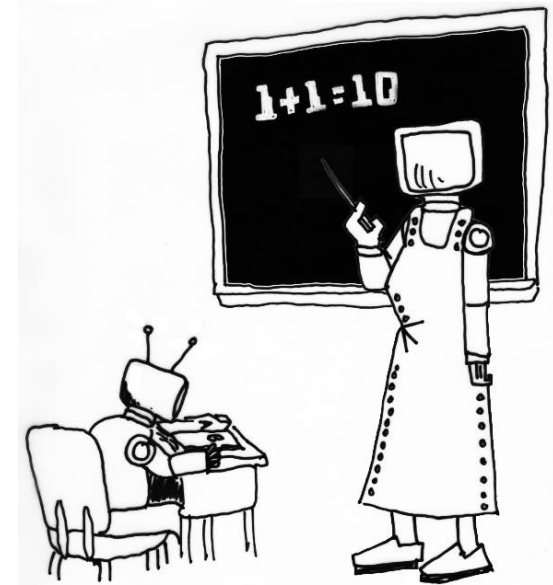


Aprendizado Supervisionado

- Damos ao sistema a “**resposta correta**” durante o processo de treinamento.
- Dado um conjunto de entradas de treinamento e saídas correspondentes, produz os resultados "corretos" para novas entradas.

SUPERVISED MACHINE LEARNING

- É eficiente pois o sistema pode trabalhar diretamente com informações corretas.



Abordagens do Aprendizado Supervisionado

- **Classificação:**

- Responde se uma determinada “entrada” pertence a uma certa classe.
- Dada a imagem de uma fruta: informa que fruta é (dentro um número finito de classes).

- **Regressão:**

- Faz uma predição a partir de exemplos.
- Prever o valor dos imóveis, dados os valores por metro quadrado.

Abordagens do Aprendizado Supervisionado

- Classificação:

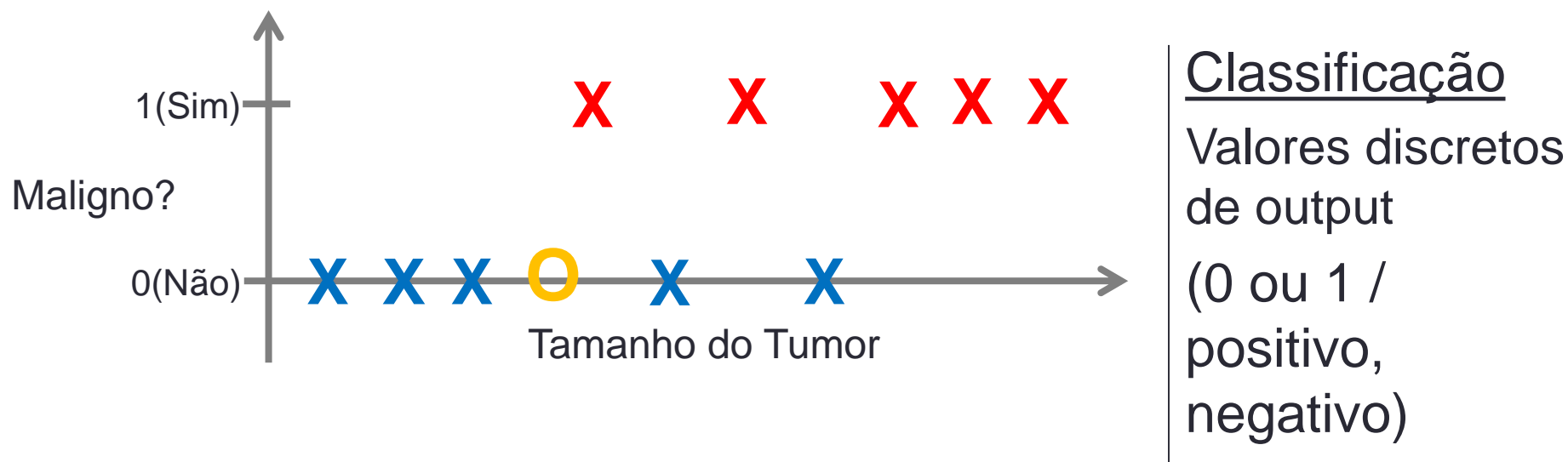
- Responde se uma determinada “entrada” pertence a uma certa classe.
- Dada a imagem de uma fruta: informa que fruta é (dentro um número finito de classes).

- Regressão:

- Faz uma predição a partir de exemplos.
- Prever o valor dos imóveis, dados os valores por metro quadrado.

Aprendizado Supervisionado: Classificação

Prever se tumor na mama é Maligno ou Benigno.



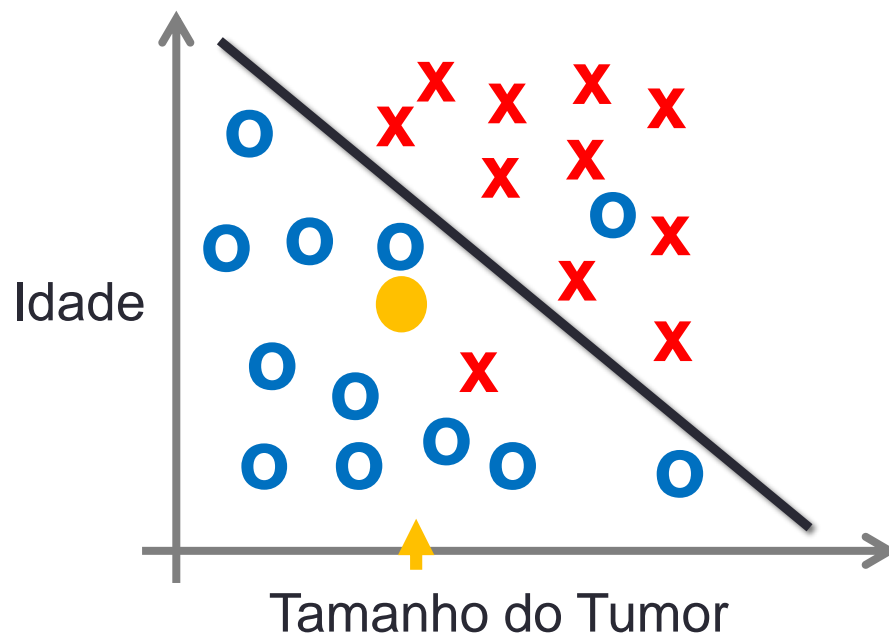
Qual é a probabilidade / chance de um tumor ser maligno ou benigno?

Pode ter mais de dois valores para valores possíveis de saída (multiclasse).

Exemplo: 0 (benigno), 1 (câncer tipo 1), 2 (câncer tipo 2), 3,n

Aprendizado Supervisionado: Classificação

Prever se tumor na mama é Maligno ou Benigno.



Mais de uma característica (feature)

- Espessura
- Uniformidade do tamanho da célula
- Uniformidade da forma celular
- ... (número infinito de características – SVM)

Abordagens do Aprendizado Supervisionado

- Classificação:

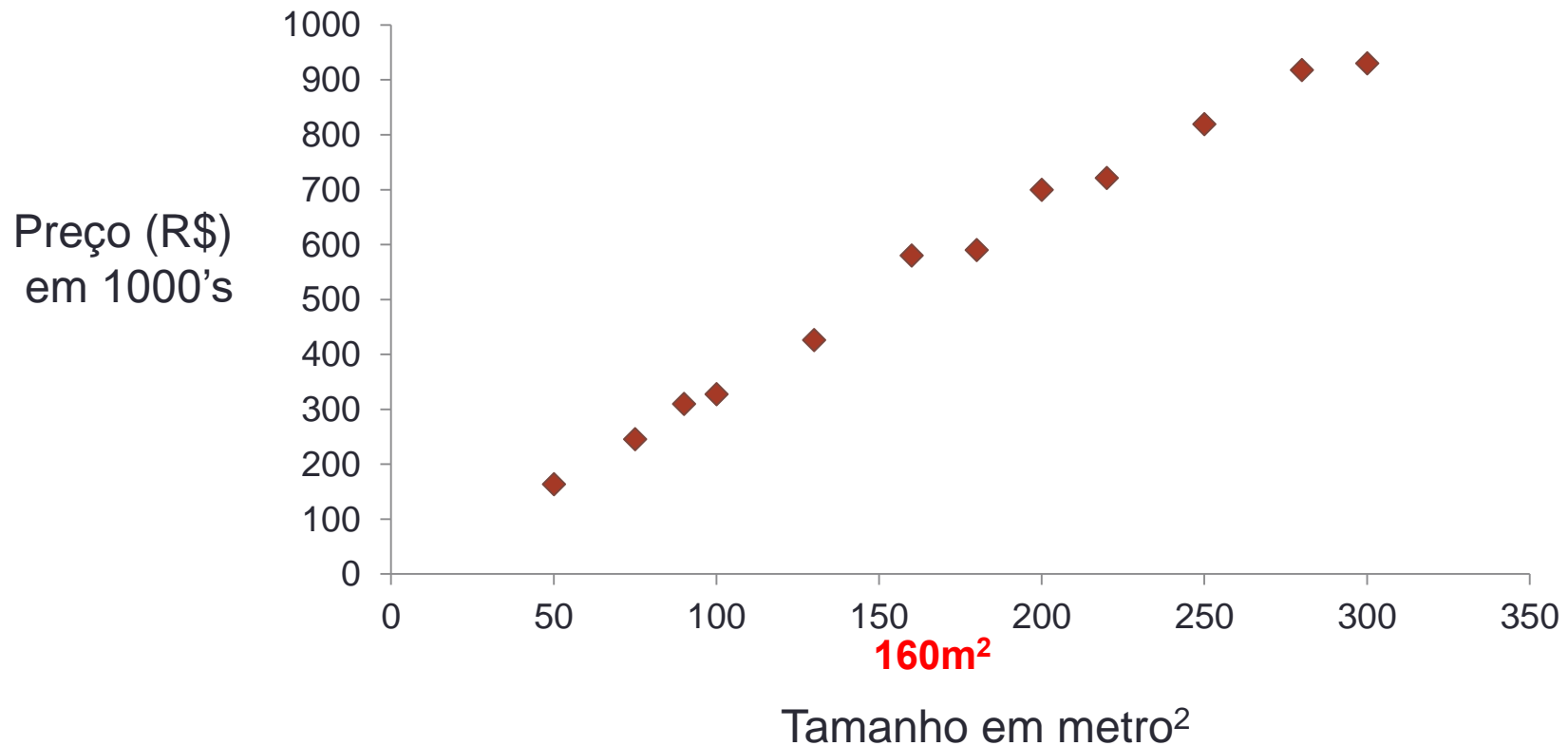
- Responde se uma determinada “entrada” pertence a uma certa classe.
- Dada a imagem de uma fruta: que fruta é (dentre um número finito).

- Regressão:

- Faz uma predição a partir de exemplos.
- Prever o valor dos imóveis, dados os valores por metro quadrado.

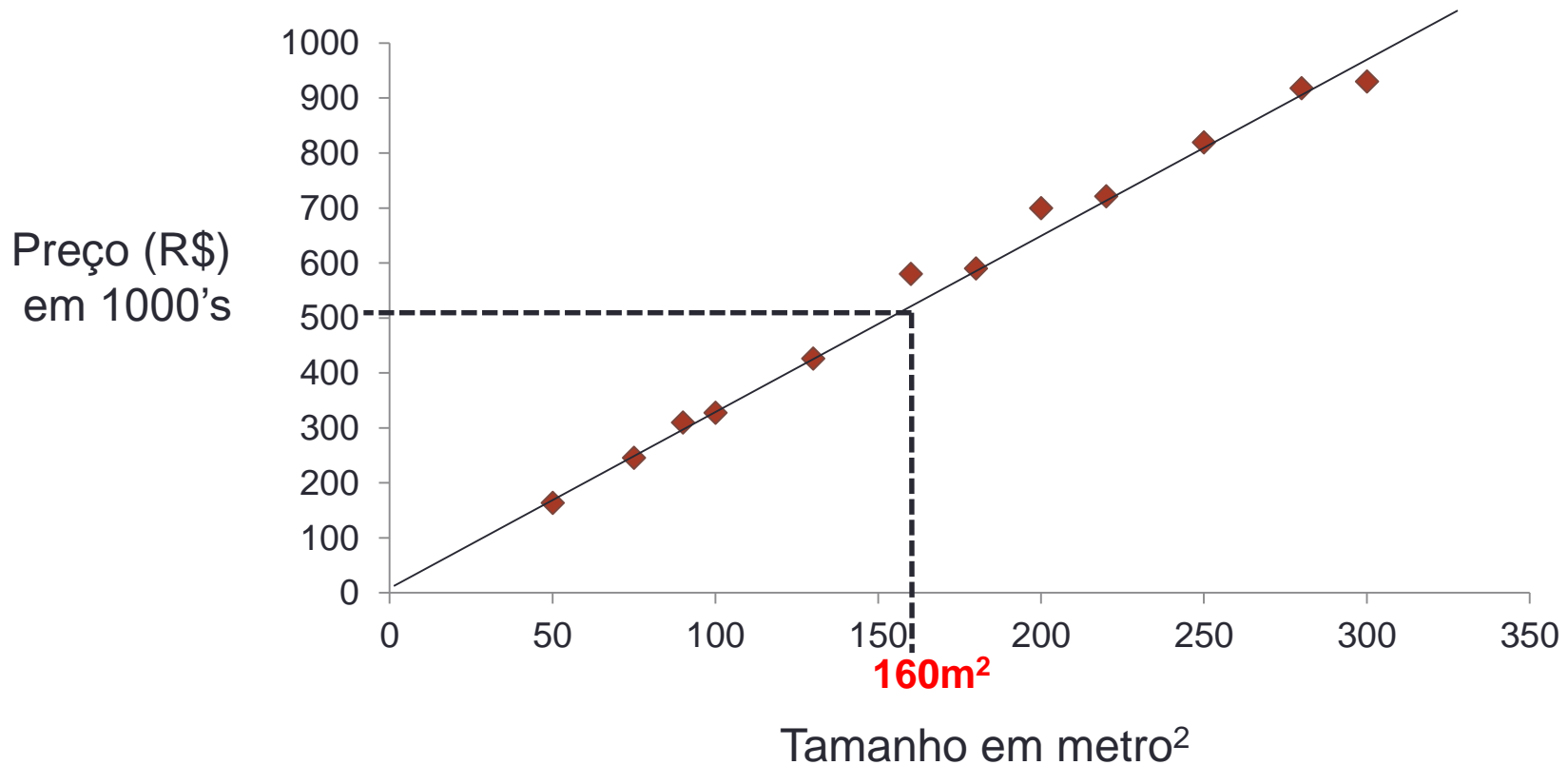
Aprendizado Supervisionado: Regressão

Prever o Preço de Imóveis



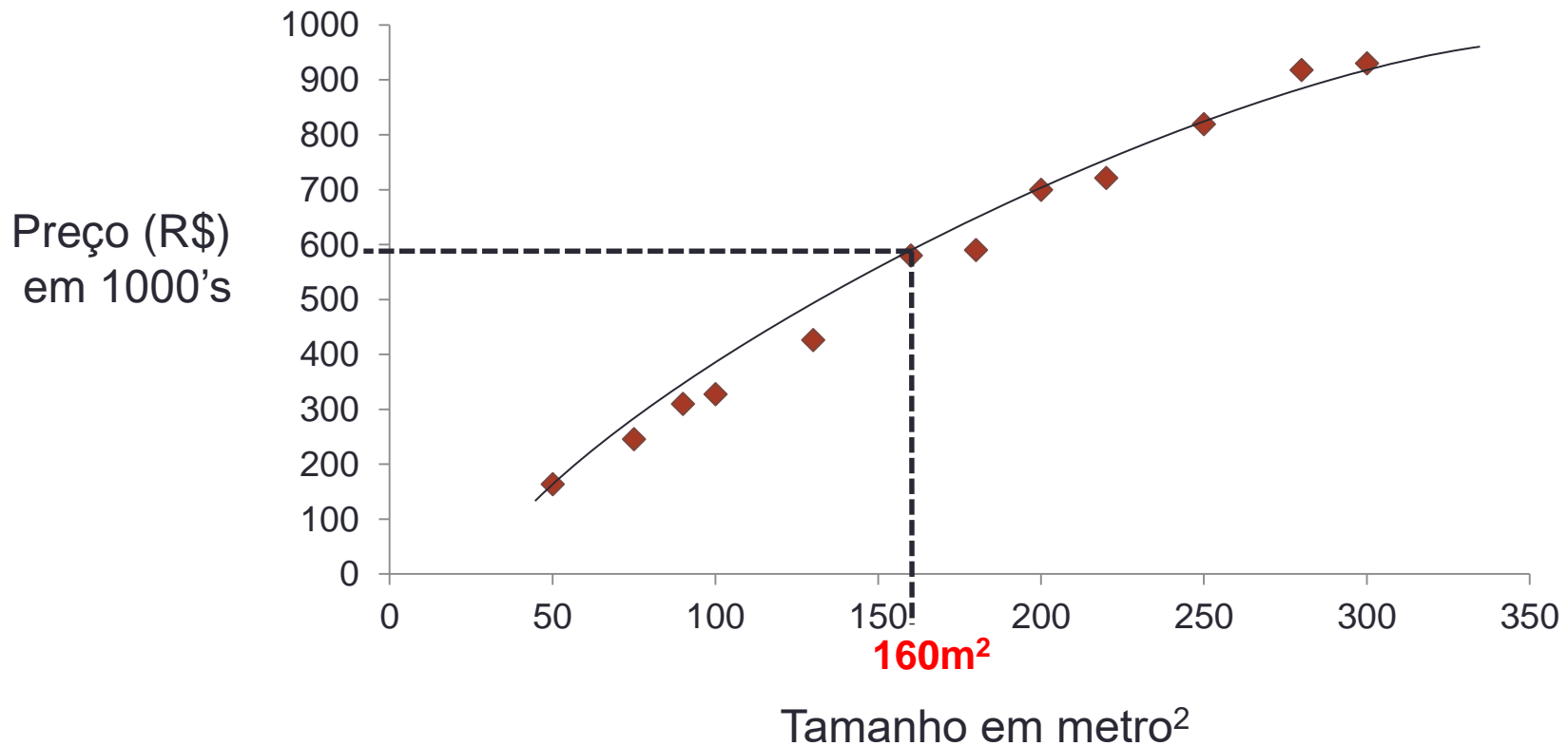
Aprendizado Supervisionado: Regressão

Prever o Preço de Imóveis



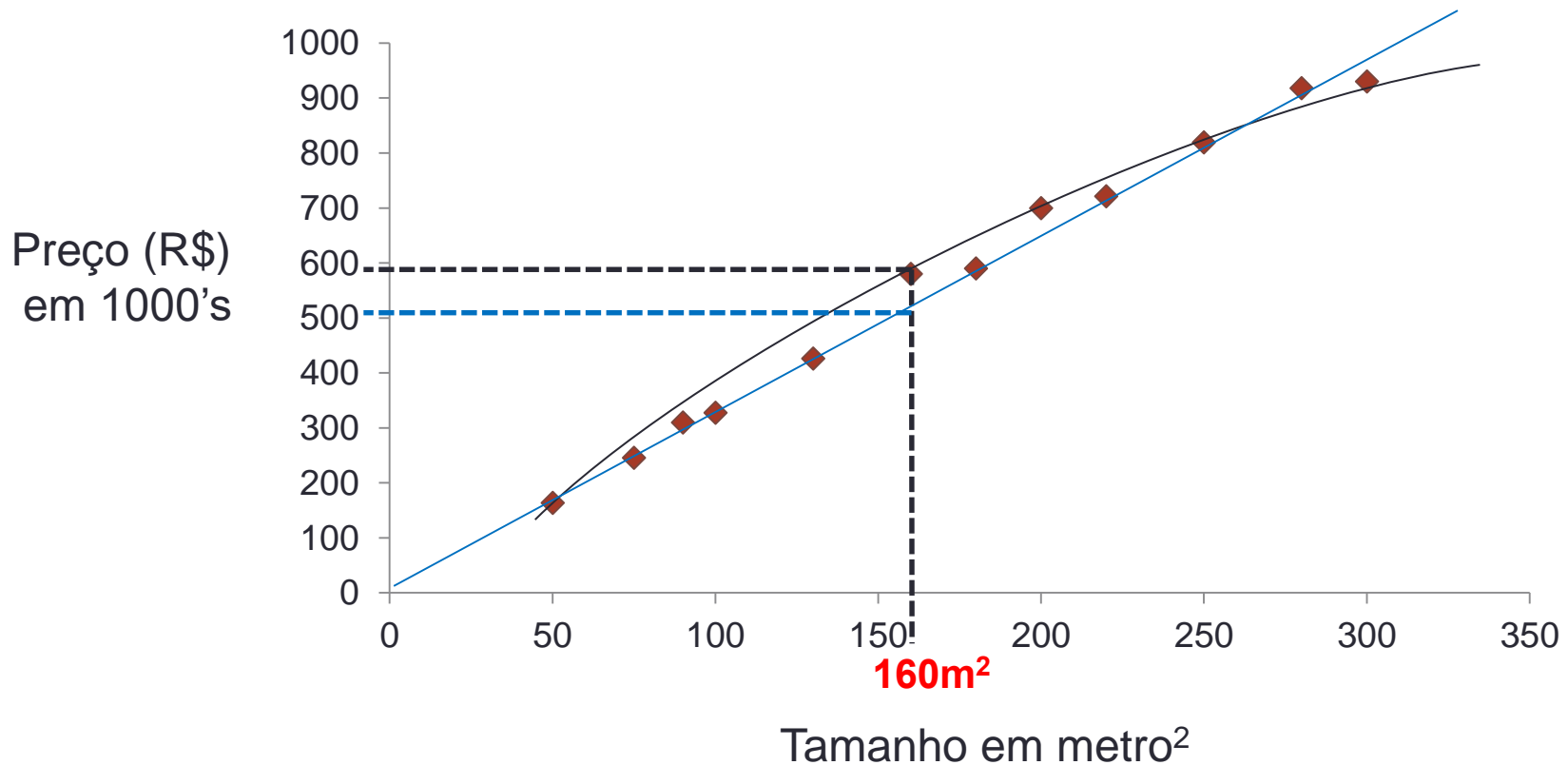
Aprendizado Supervisionado: Regressão

Prever o Preço de Imóveis



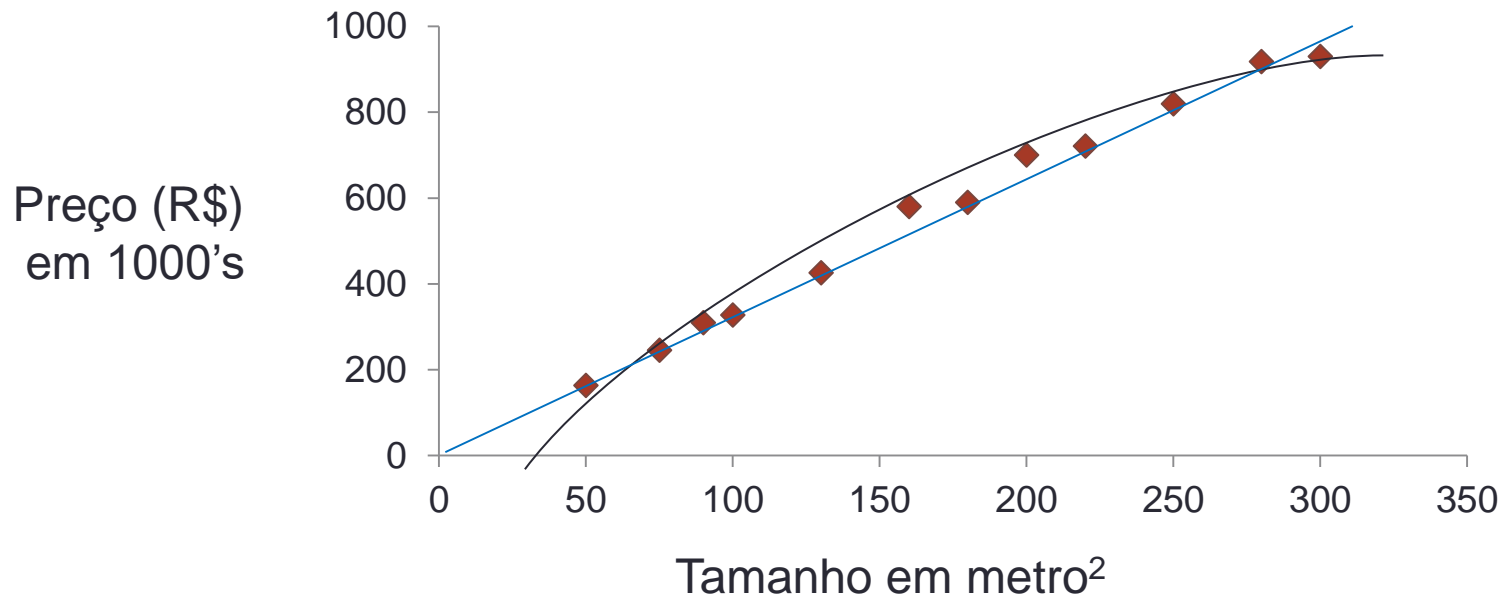
Aprendizado Supervisionado: Regressão

Prever o Preço de Imóveis



Aprendizado Supervisionado: Regressão

Prever o Preço de Imóveis



Aprendizado Supervisionado
“respostas certas” são dadas

Regressão: Prevê valores de
saída(output) contínuo - preço

Abordagens do Aprendizado Supervisionado

- Classificação:

- Responde se uma determinada “entrada” pertence a uma certa classe.
- Dada a imagem de uma fruta: que fruta é (dentre um número finito).

- Regressão:

- Faz uma predição a partir de exemplos.
- Prever o valor dos imóveis, dados os valores por metro quadrado.
 - Regressão Linear Simples
 - Regressão Linear Múltipla
 - Regressão Não Linear (Simples e Múltipla)
 - Regressão Logística

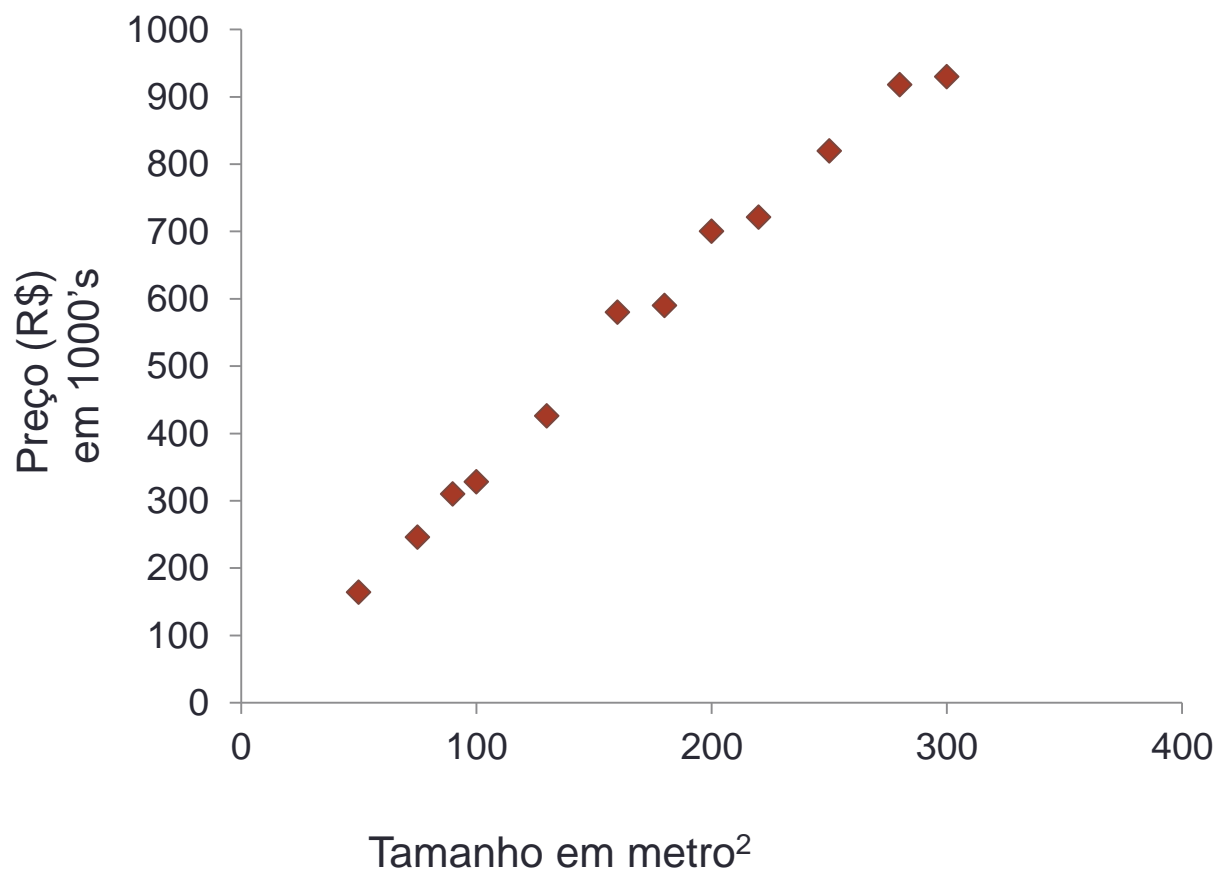
Regressão Linear e Análise de Correlação

Duas variáveis estão relacionadas se a mudança de uma provoca a mudança na outra.

- Exemplo: Tamanho em m² x Preço da Casa

Regressão Linear e Análise de Correlação

Tamanho em m ²	Preço (R\$) em 1000's
50	164
75	246
90	310
100	328
130	426
160	580
180	590
200	700
220	721
250	820
280	918
300	930



Regressão Linear e Análise de Correlação

Duas variáveis estão relacionadas se a mudança de uma provoca a mudança na outra.

- Exemplo: Tamanho em m² x Preço da Casa

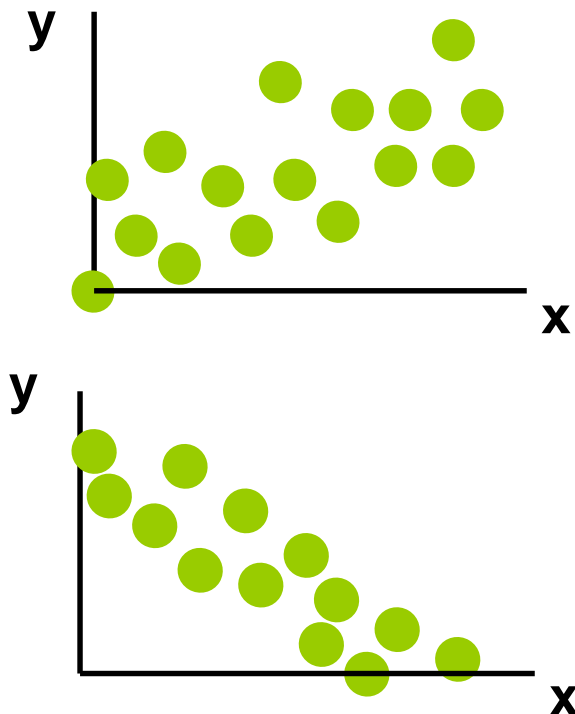
Correlação:

- É utilizado para medir o quanto uma variável está associada a outra.

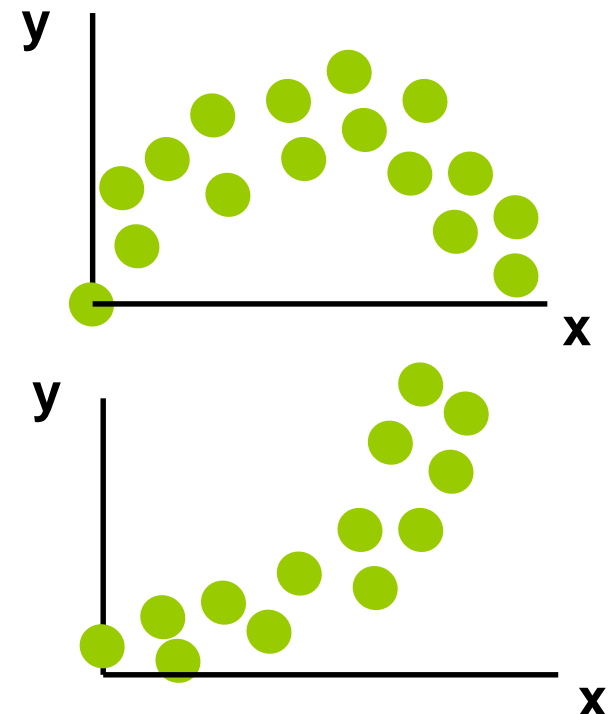
Regressão Linear e Análise de Correlação

Gráfico (Diagrama) de Dispersão: usado para mostrar a relação entre duas variáveis quantitativas, medidas sobre os mesmos indivíduos.

Relação Linear



Relação Curvilinear



Regressão Linear e Análise de Correlação

Duas variáveis estão relacionadas se a mudança de uma provoca a mudança na outra.

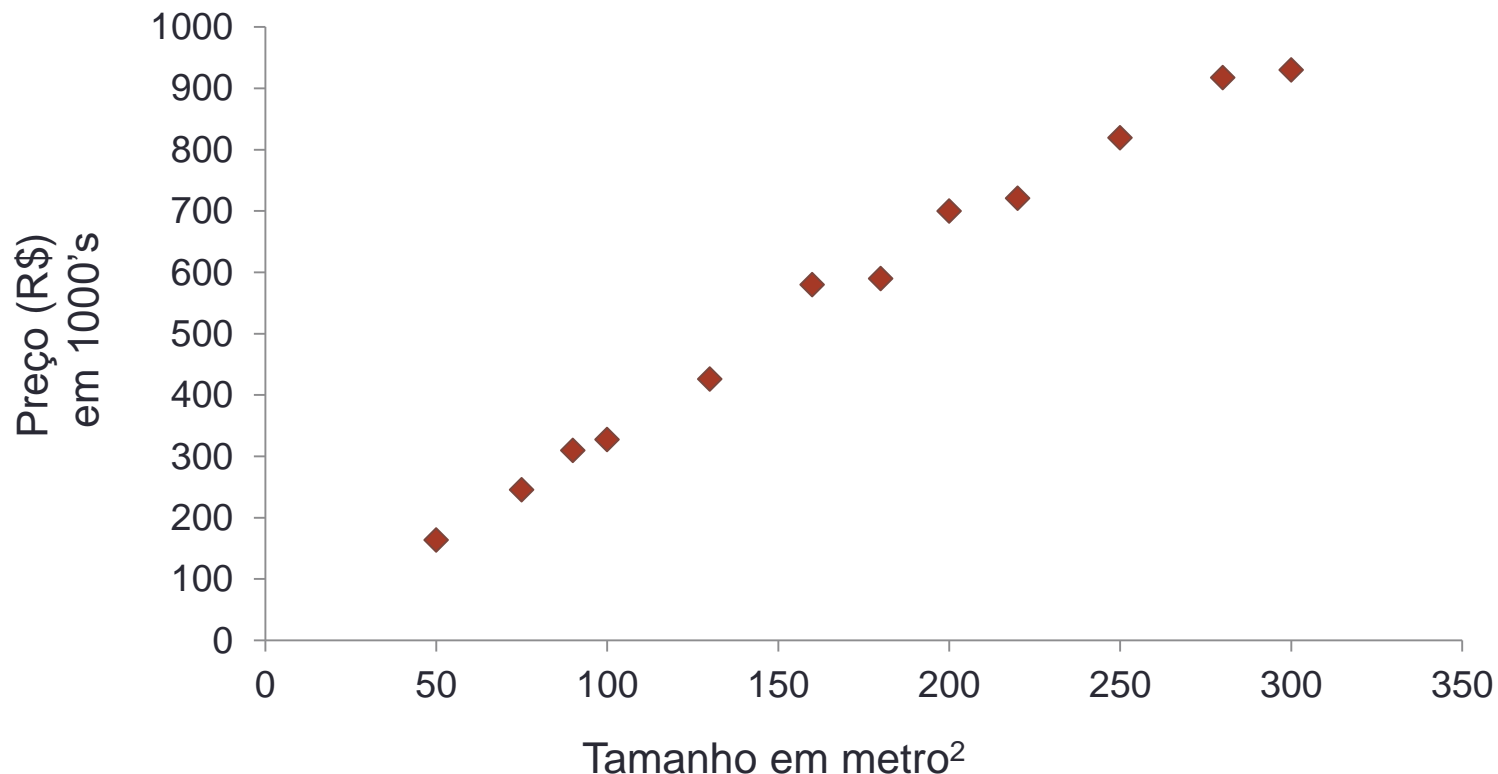
- Exemplo: Tamanho em m^2 x Preço da Casa

Correlação:

- É utilizado para medir o quanto uma variável está associada a outra.
- Quando a alteração no valor de uma variável (independente (x) – Tamanho em m^2) provoca alterações no valor da outra variável (dependente (y) - Preço da Casa)

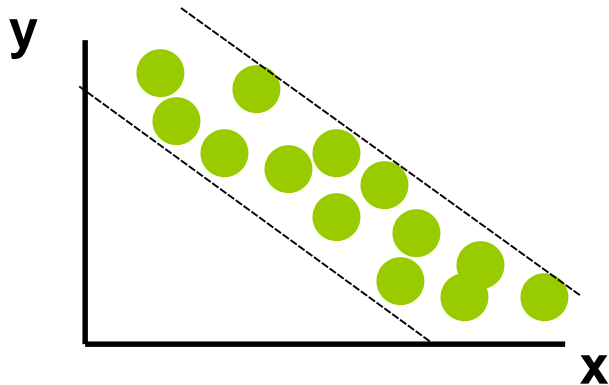
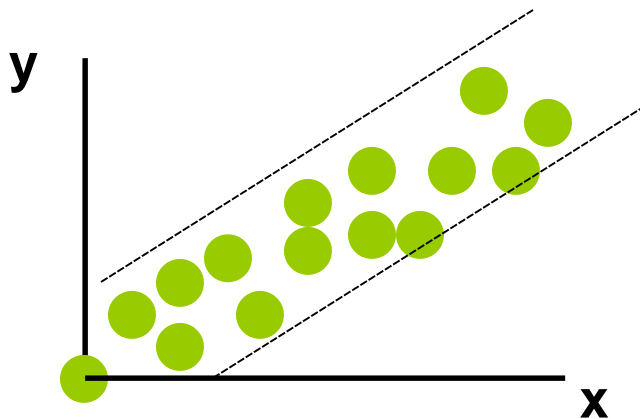
Regressão Linear e Análise de Correlação

- **Eixo x – Tamanho:** variável independente
- **Eixo y – Preço:** variável dependente (muda de acordo com as mudanças na variável x)

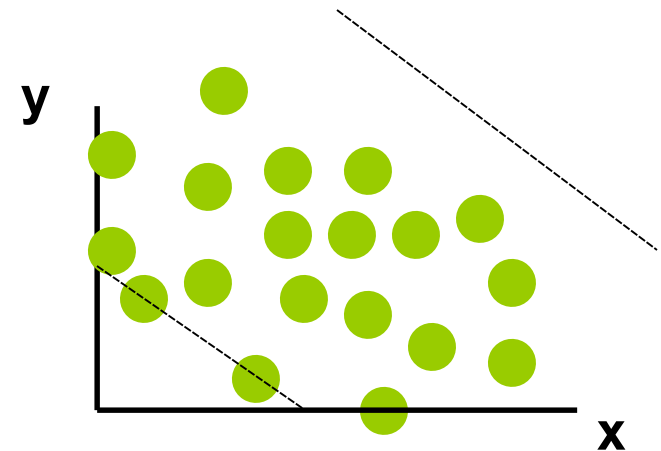
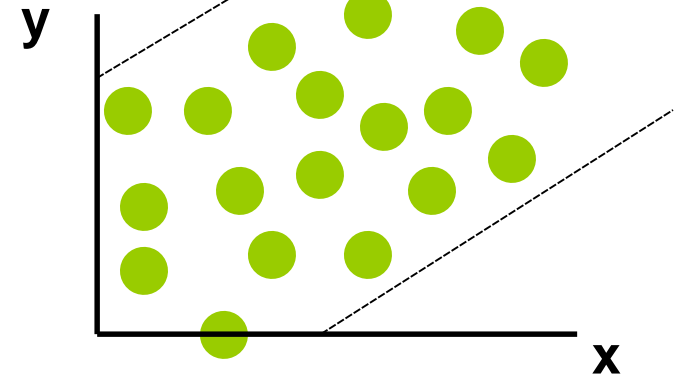


Exemplos de Gráfico de Dispersão

Relações Fortes

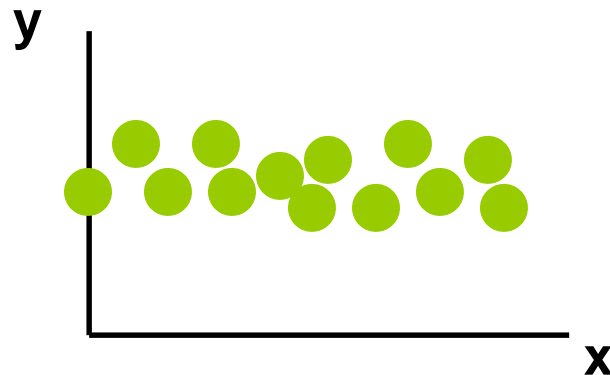
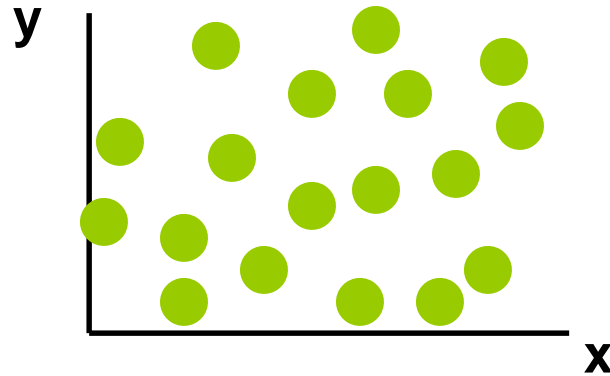


Relações Fracas



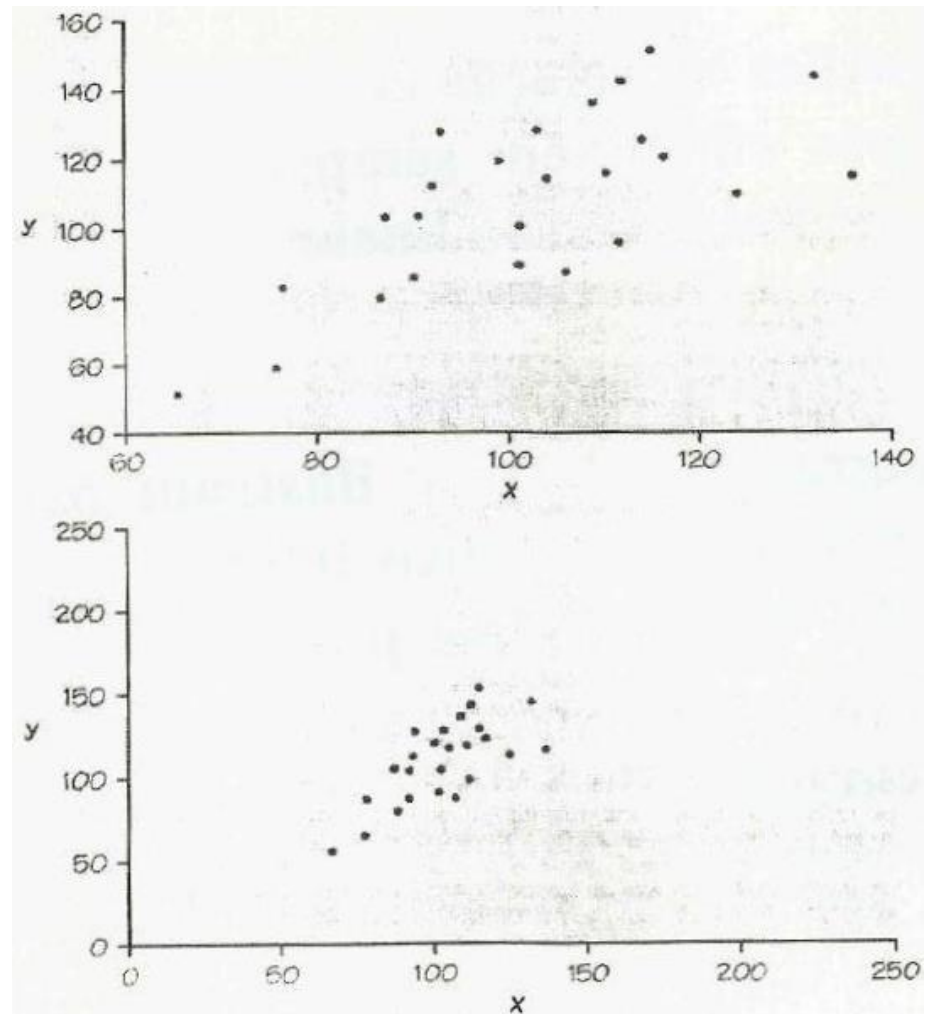
Exemplos de Gráfico de Dispersão

Nenhuma Relação



Alguns problemas da análise gráfica

- Nem sempre conseguimos ver exatamente a intensidade de uma relação linear.
- Gráfico ao lado: mesmos dados, porém em uma escala diversa.
- Para este problema utilizamos uma medida numérica: **Coeficiente de Correlação**



Regressão Linear e Análise de Correlação

$$r = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{[\sum (x - \bar{x})^2][\sum (y - \bar{y})^2]}}$$

r = mede o grau de relacionamento linear entre valores x e y , isto é, o **Coeficiente de Correlação**.

Mede a intensidade e a direção da relação linear entre duas variáveis quantitativas.

x = variável independente

y = variável dependente

Regressão Linear e Análise de Correlação

$$r = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{[\sum (x - \bar{x})^2][\sum (y - \bar{y})^2]}}$$

Soma ((x – média de x) * (y – média de y))

Regressão Linear e Análise de Correlação

$$r = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{[\sum (x - \bar{x})^2][\sum (y - \bar{y})^2]}}$$

Soma ((x – média de x) * (y – média de y))

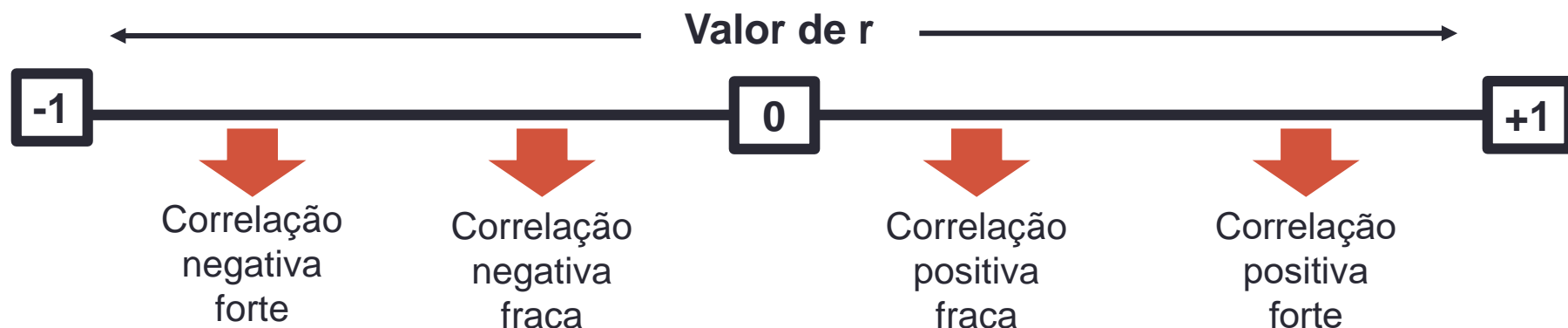
- Dividido -

Raiz quadrada ((soma de (x – média de x)²) *
(soma de (y – média de y)²))

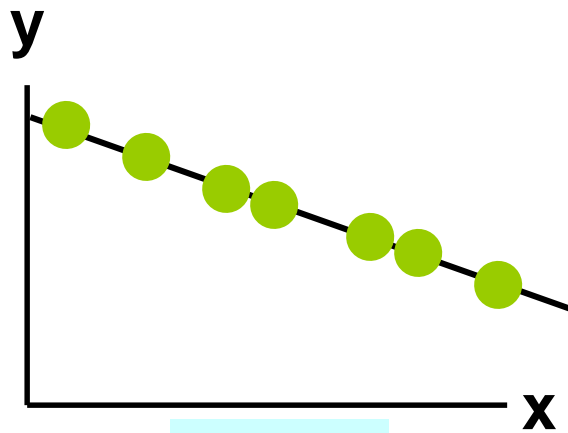
Regressão Linear e Análise de Correlação

'r' será um valor entre
-1 e 1

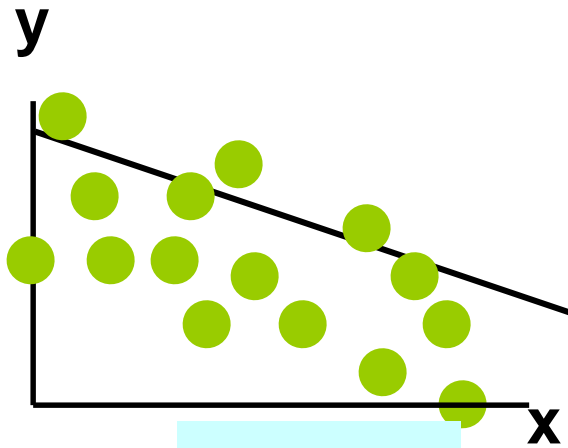
- Quanto mais próximo de -1 : maior correlação negativa
- Quanto mais próximo de 1 : maior correlação positiva
- Quanto mais próximo de 0 : menor a correlação linear



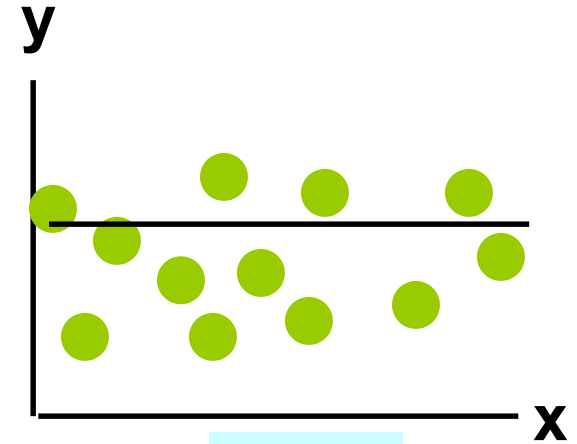
Exemplos



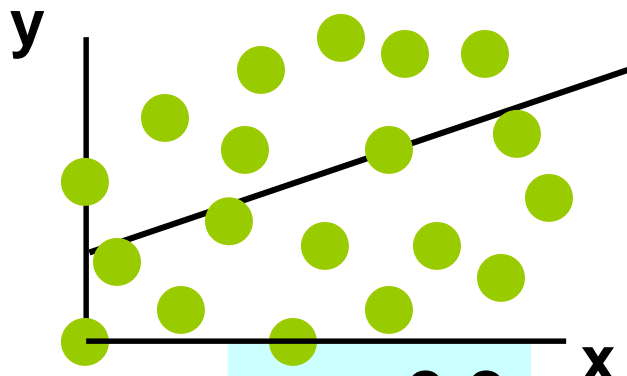
$$r = -1$$



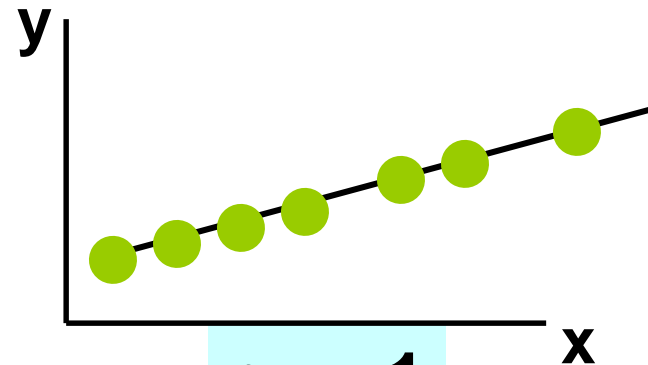
$$r = -0.6$$



$$r = 0$$



$$r = +0.3$$



$$r = +1$$

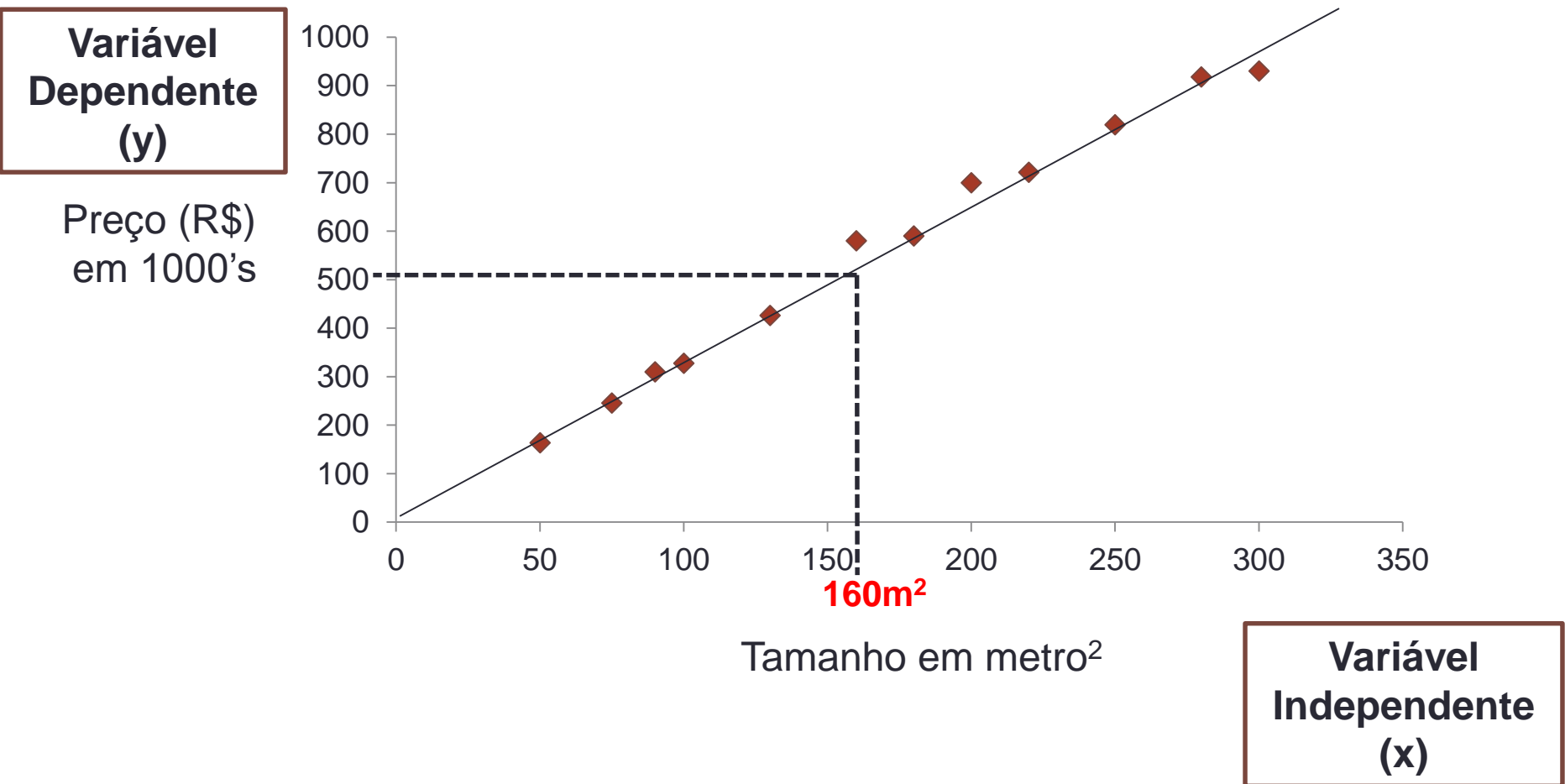
Regressão Linear e Análise de Correlação

Correlação e regressão estão intimamente relacionados.

- A **Correlação** resume as relações entre 2 variáveis.
- A **Regressão** é utilizada para prever os valores de uma variável dados os valores da outra.
 - **Prever** o valor de uma variável dependente com base no valor de, pelo menos, uma variável independente.
 - **Explicar o impacto das mudanças** em uma variável independente (x) sobre a variável dependente (y).

Regressão Linear e Análise de Correlação

Prever o Preço de Imóveis



Regressão Linear

Diagram illustrating the components of the linear regression equation:

Labels and their corresponding parts in the equation $y = \beta_0 + \beta_1 x$:

- Variável Dependente: y
- Ponto onde a reta intercepta o eixo y: β_0
- Coeficiente Angular: β_1
- Variável Independente: x

Onde,

$$\beta_0 = \bar{y} - \beta_1 \bar{x}$$

$$\beta_1 = \frac{\Sigma(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\Sigma(x - \bar{x})^2}$$

Modelo de Regressão

