

Tera

# AULA 27

Unsupervised Learning:  
Clustering

Instrutor: [Raphael Ballet](#)

## Background:

- Engenheiro de Controle e Automação (IMT)
- Mestre em Sistemas Aeroespaciais e Mecatrônica (ITA)
- Lead Data Scientist - Elo7

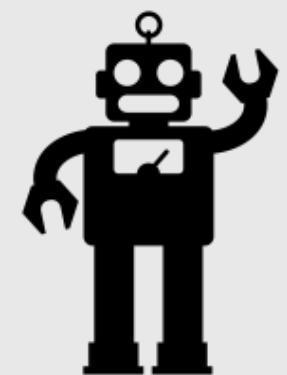
## Interesses:



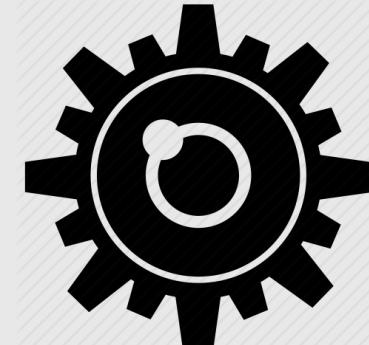
Drones



Aprendizado  
de Máquina



Robótica



Visão  
Computacional



Processamento de  
Linguagem Natural



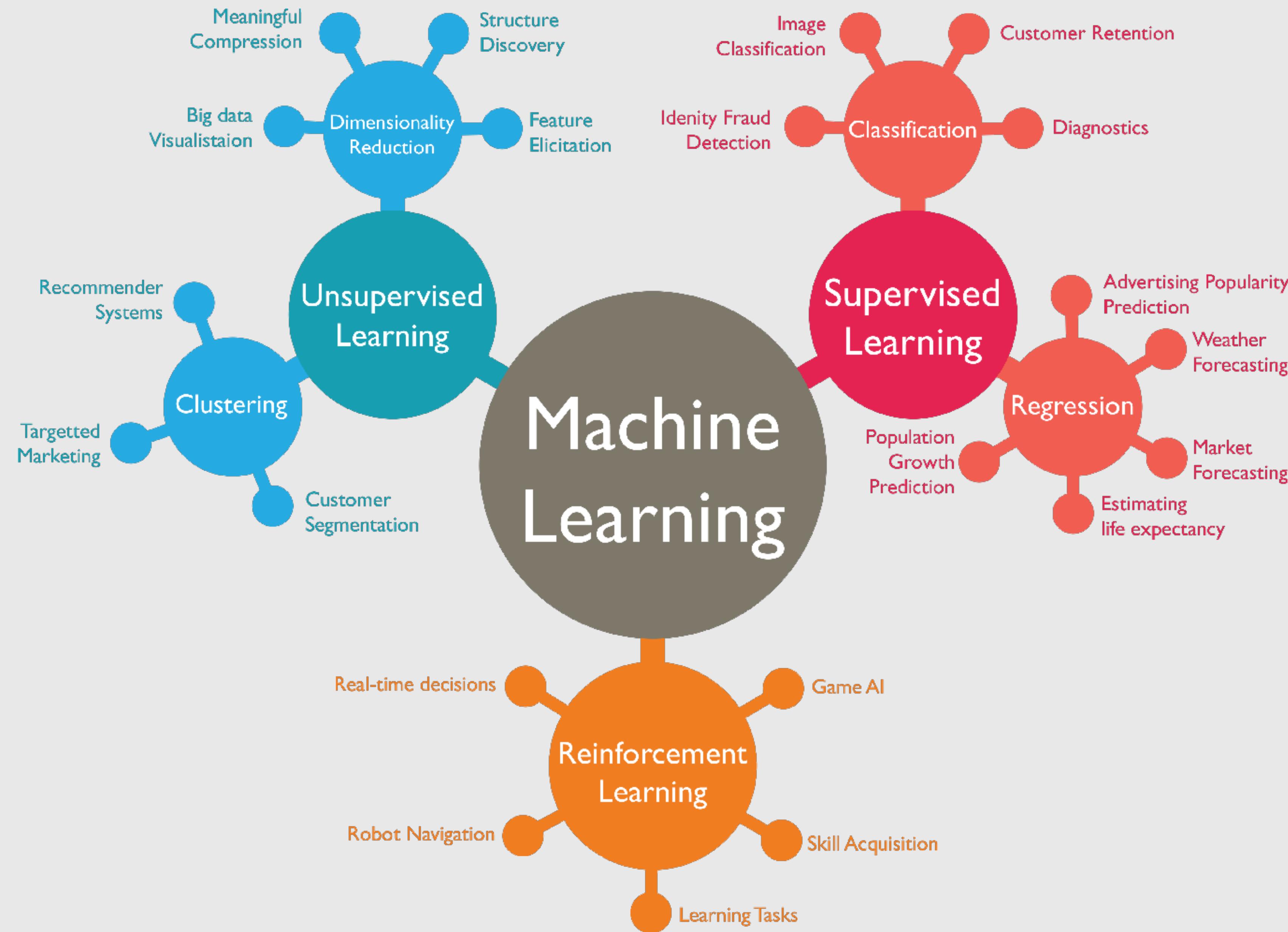
Sistemas de  
recomendação

# Planejamento:

1. Introdução a clustering
2. Clustering: K-Means
3. Clustering: DBSCAN
4. Clustering: Hierarchical Clustering
5. Clustering em NLP
6. Case Final

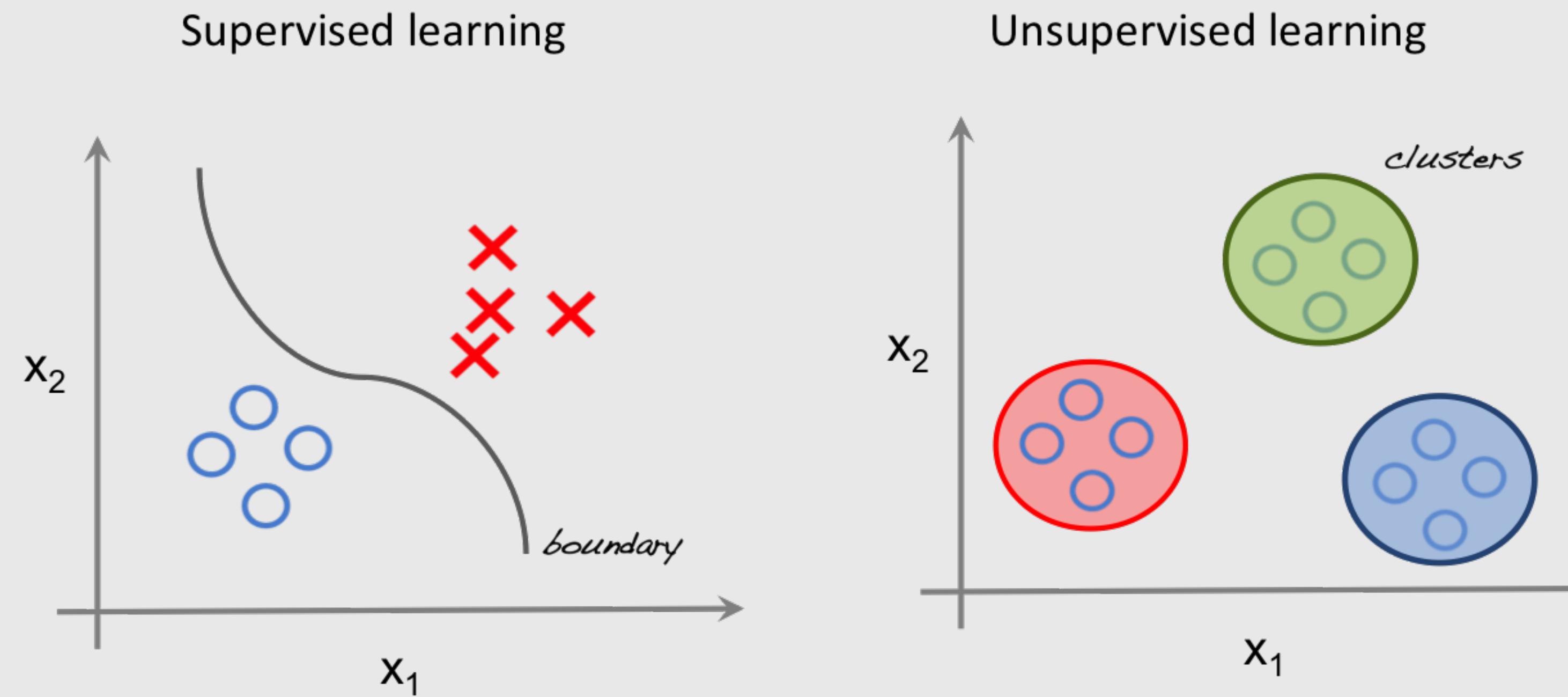
# T

# 1. INTRODUÇÃO



# 1. INTRODUÇÃO:

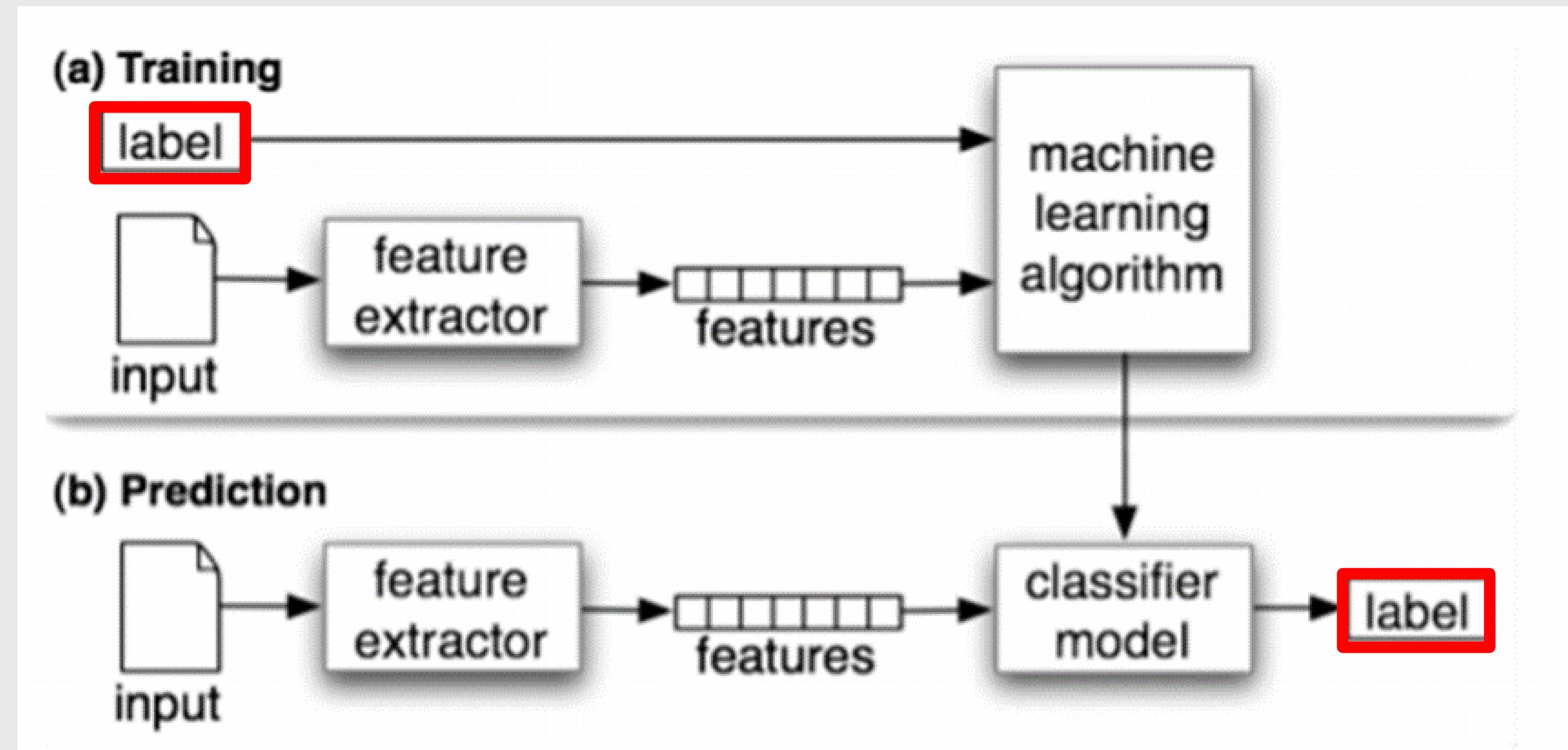
- Aprendizagem supervisionada vs.  
Aprendizagem não supervisionada



# I

## Aprendizagem supervisionada:

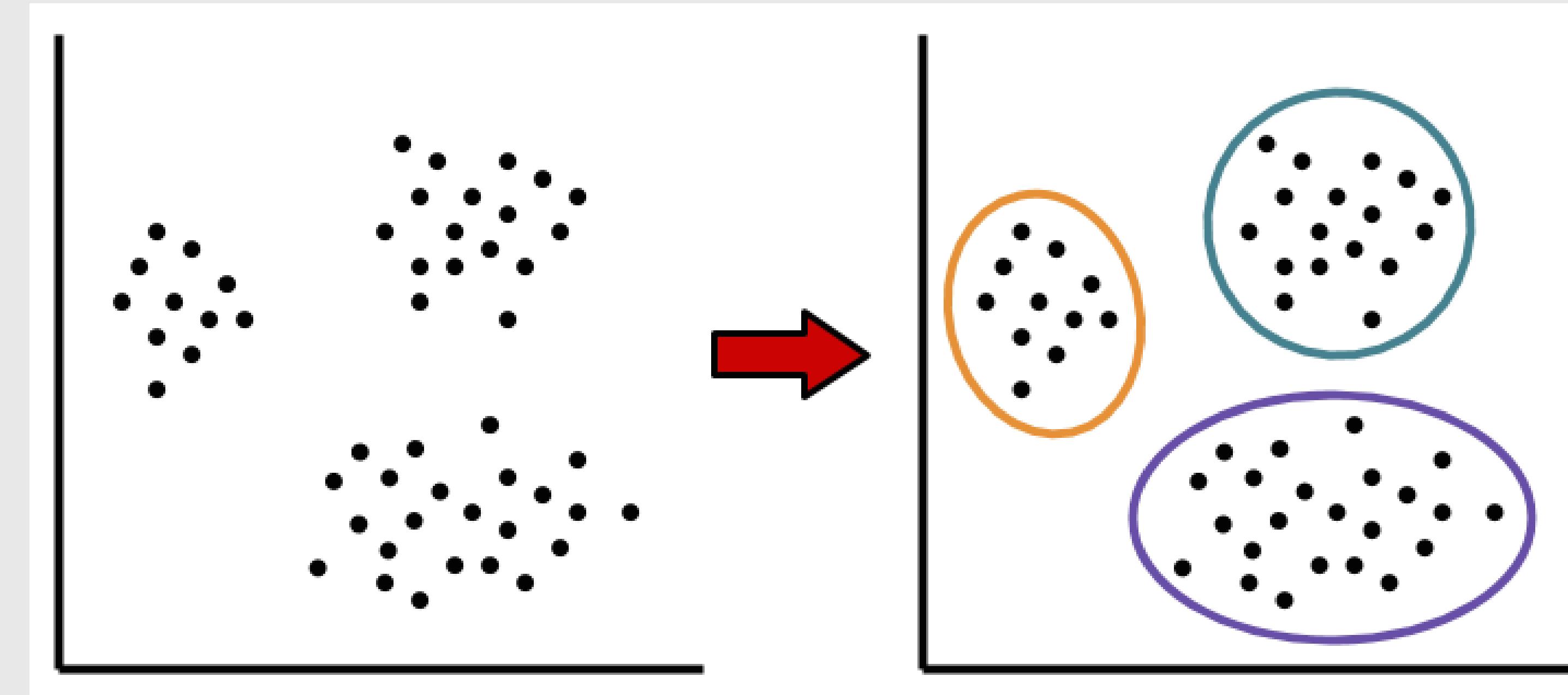
- Dados possuem **rótulo** (label)
- Treinamento com rótulo = Supervisão
- Métodos: Classificação / Regressão



# T

## Aprendizagem não supervisionada:

- Dados não rotulados (sem supervisão)
- Métodos: Clustering / density estimation
- Análises exploratórias
- Métricas de sucesso qualitativas e não global
- Ex: padrões de usuários, cluster de produtos / clientes etc.



# INTRODUÇÃO:

- **Objetivos:**
  - Análise exploratória
  - Encontrar padrões nos dados
  - Resumir dados



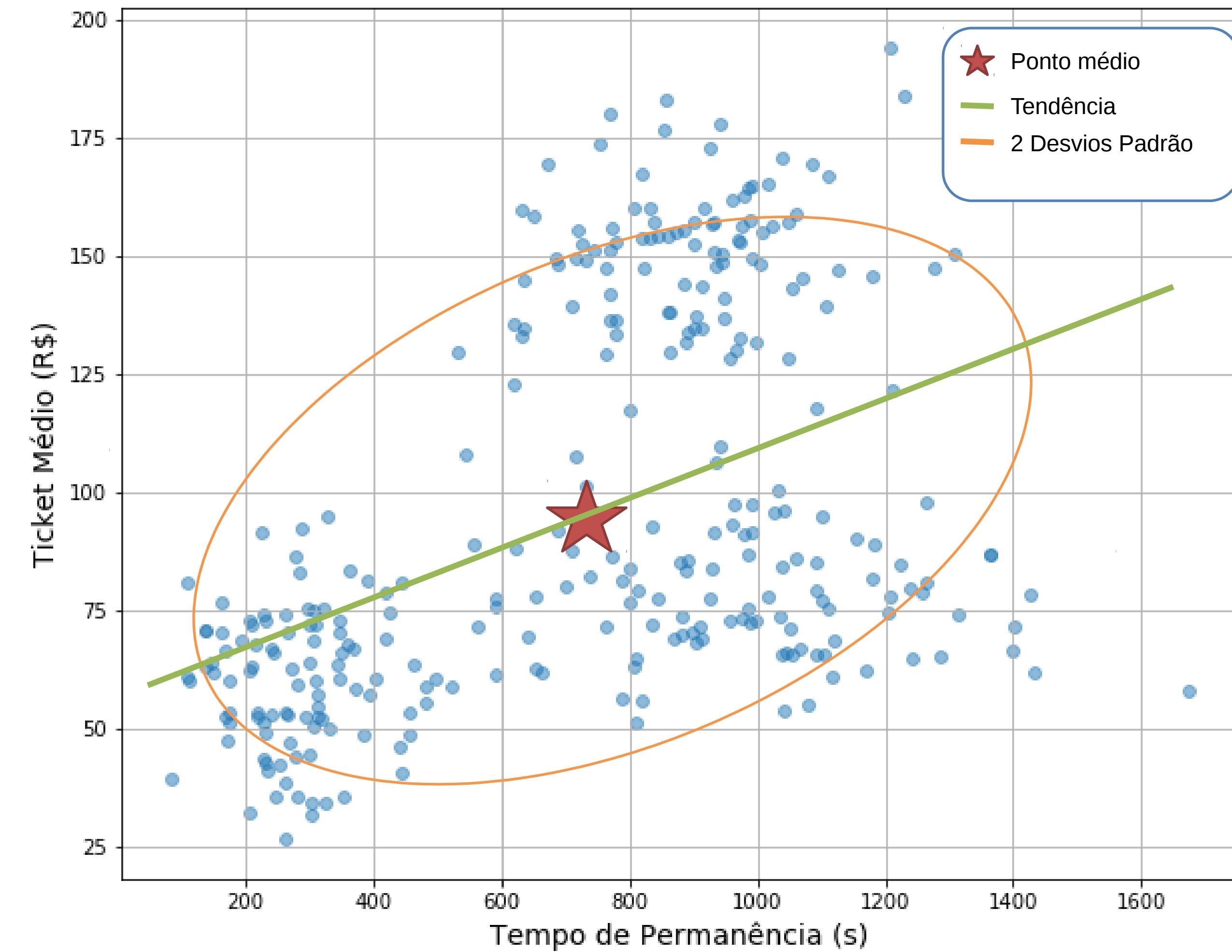
T

## Exemplo:

- **Exemplo real Elo7:**
  - Análise exploratória (Notebook)

## Exemplo Elo7:

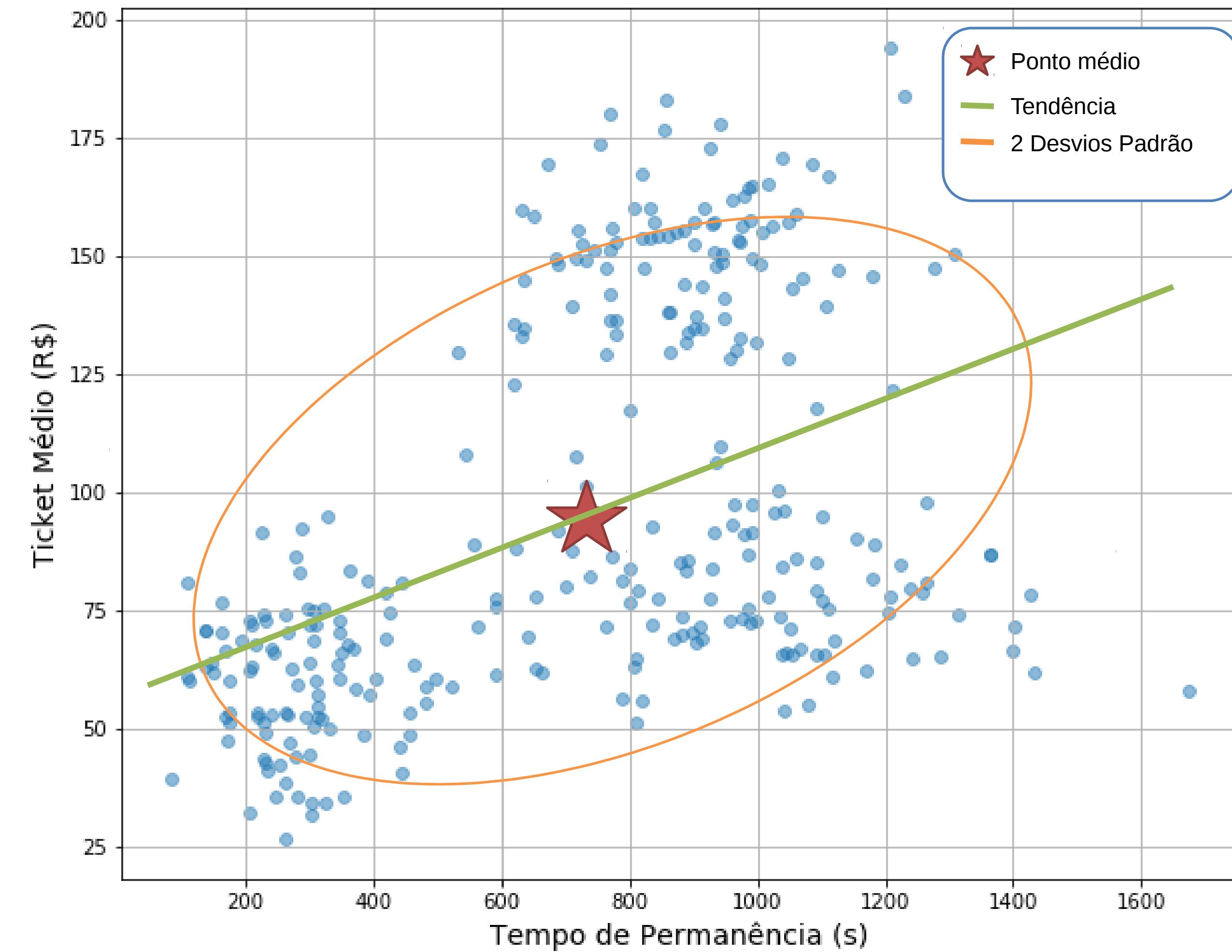
- **Análise exploratória:**
  - Medidas centrais
  - Tendência



## Exemplo Elo7:

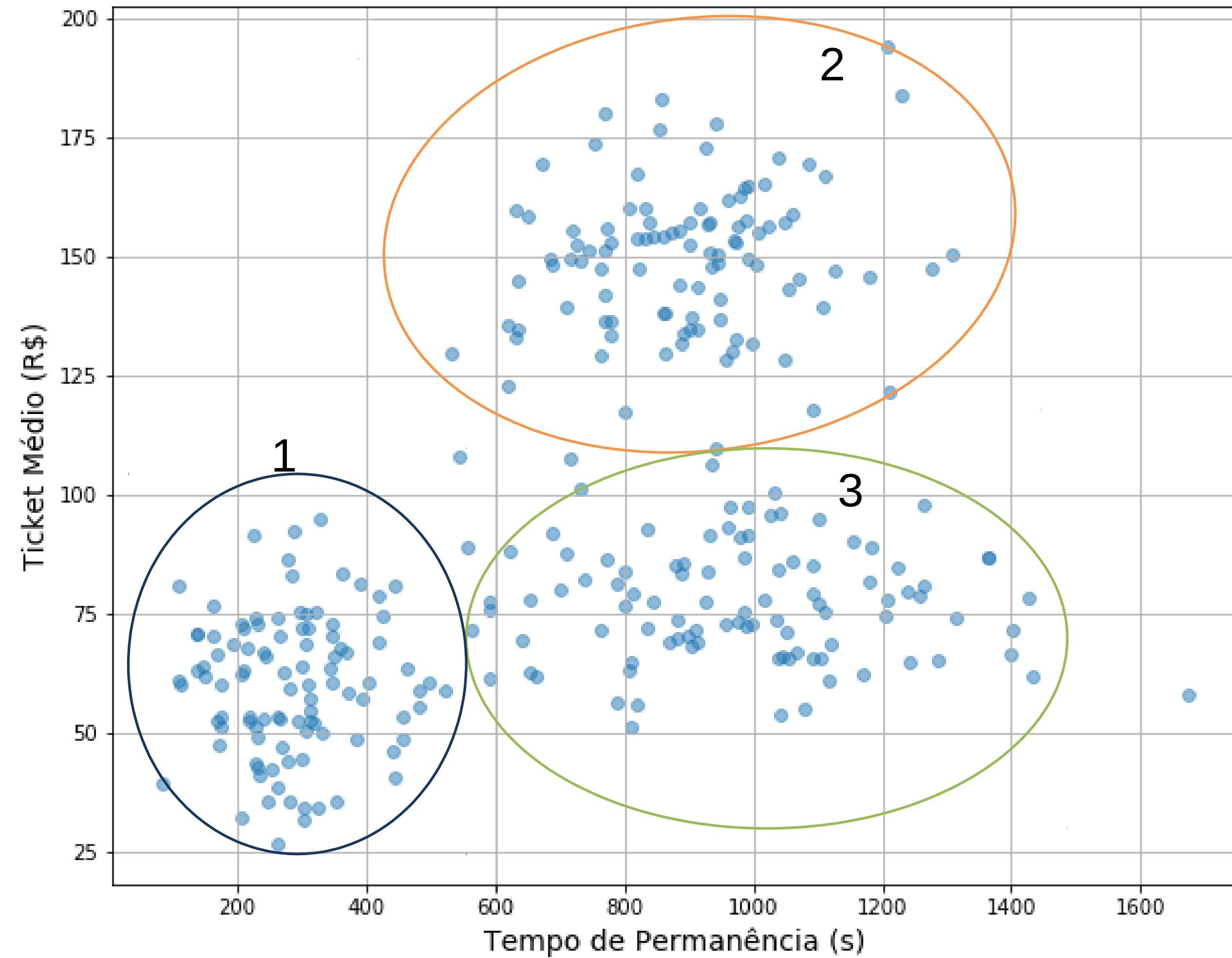
- **Análise exploratória:**
  - Medidas centrais
  - Tendência

**Há algo de errado nessa análise?**



## Exemplo Elo7:

- Análise exploratória:
  - Medidas centrais
  - Tendência
  - Segmentação / Clustering
    - Separa (ou agrupa) fontes dos dados



## Exemplo Elo7:

- **Segmentação usuários:**

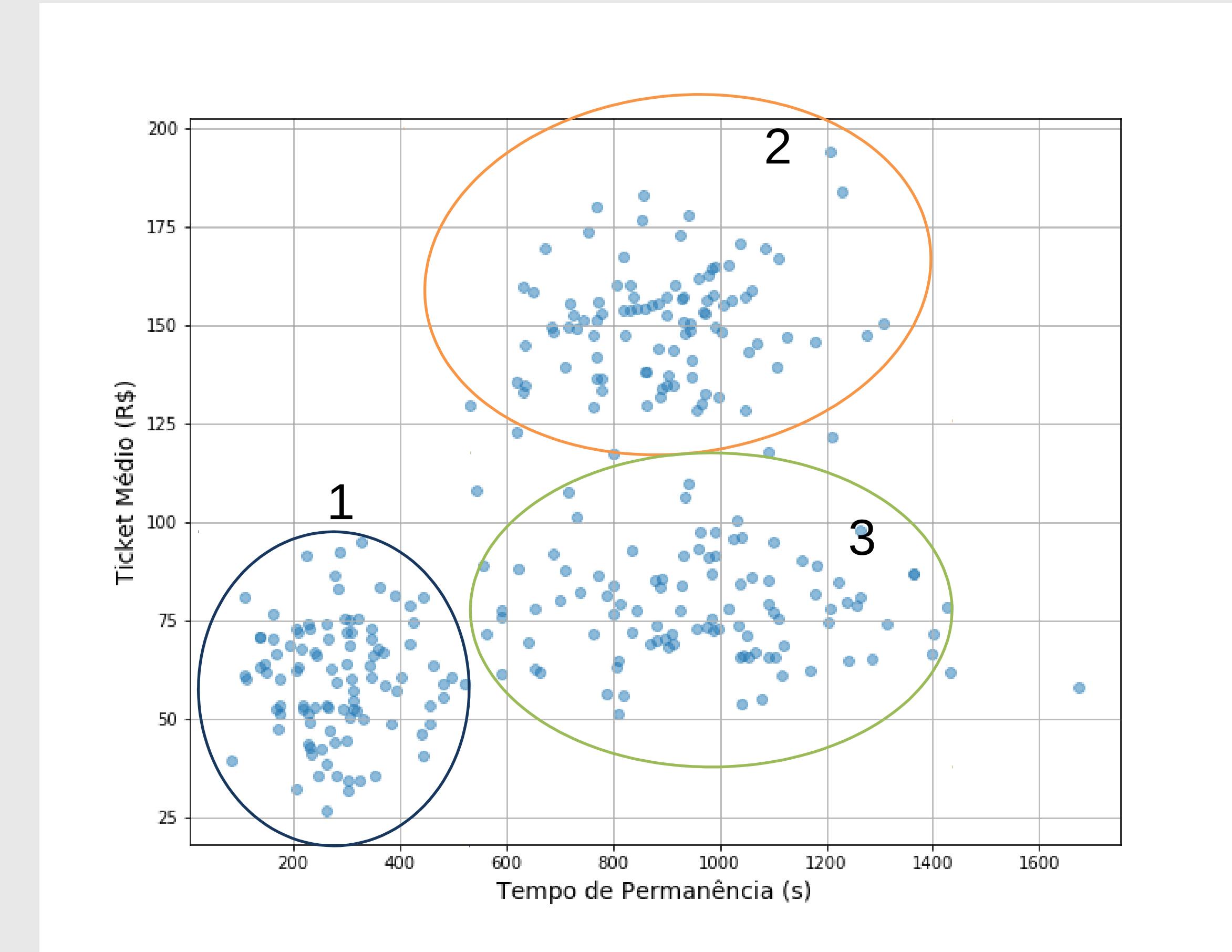
**1:** Compras específicas

(Ex: compras para bebês)

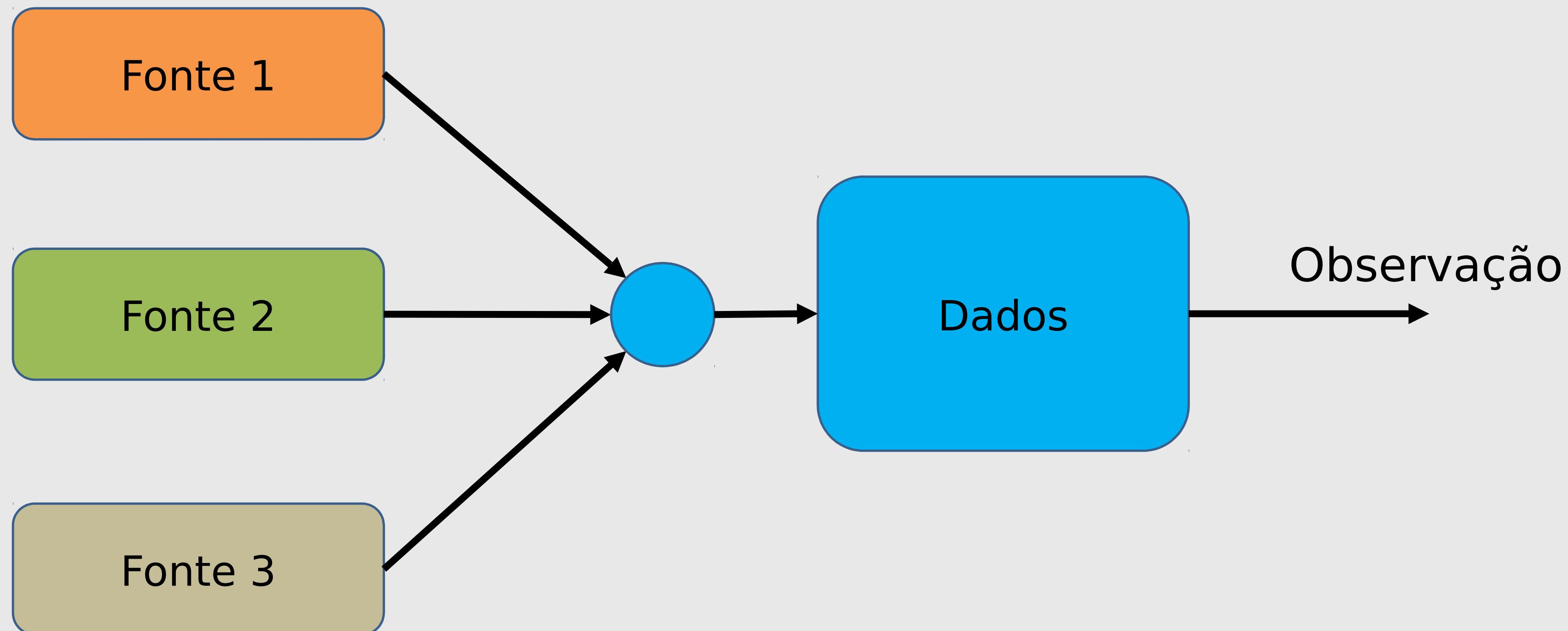
**2:** Compras para eventos

(Ex: preparação de casamento)

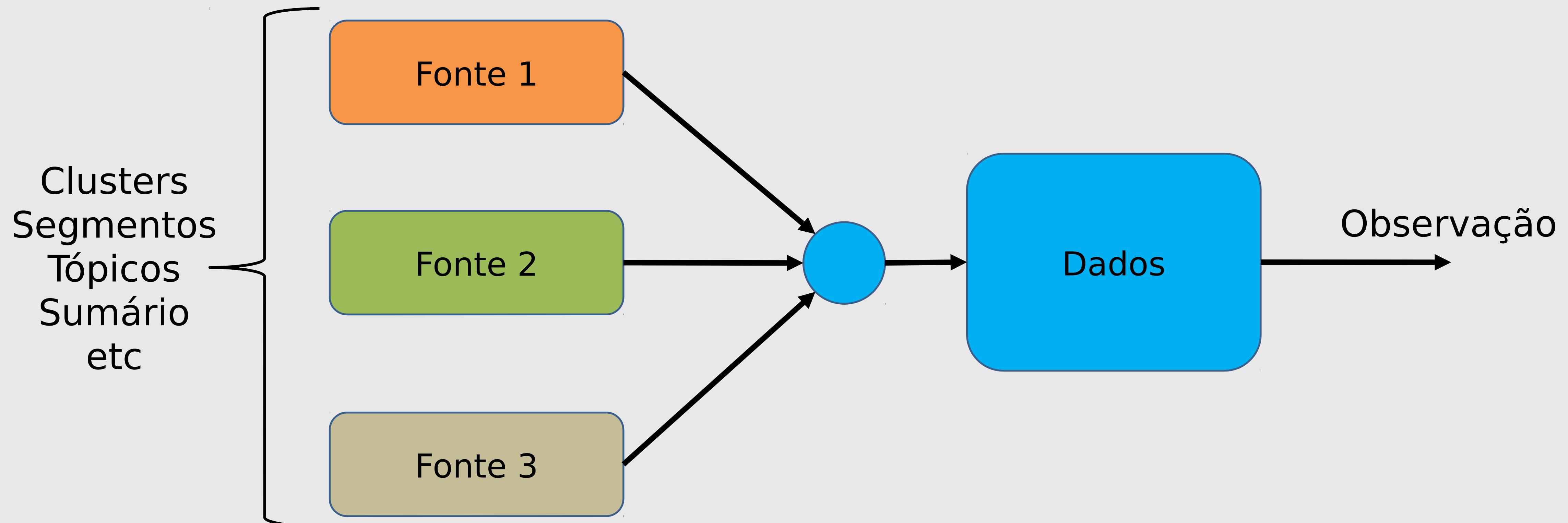
**3:** Navegação exploratória



# Clustering

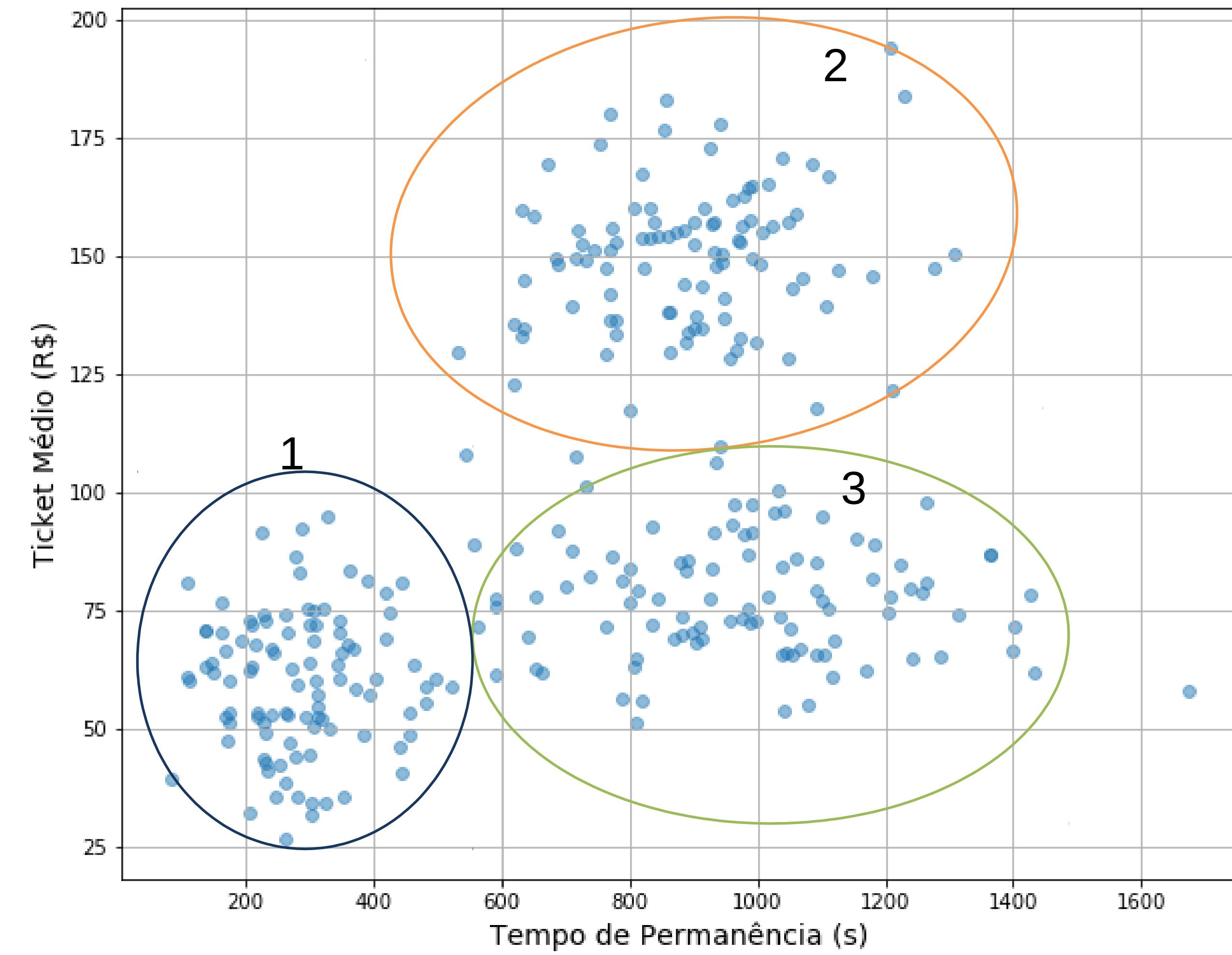


# Clustering



## Exemplo Elo7:

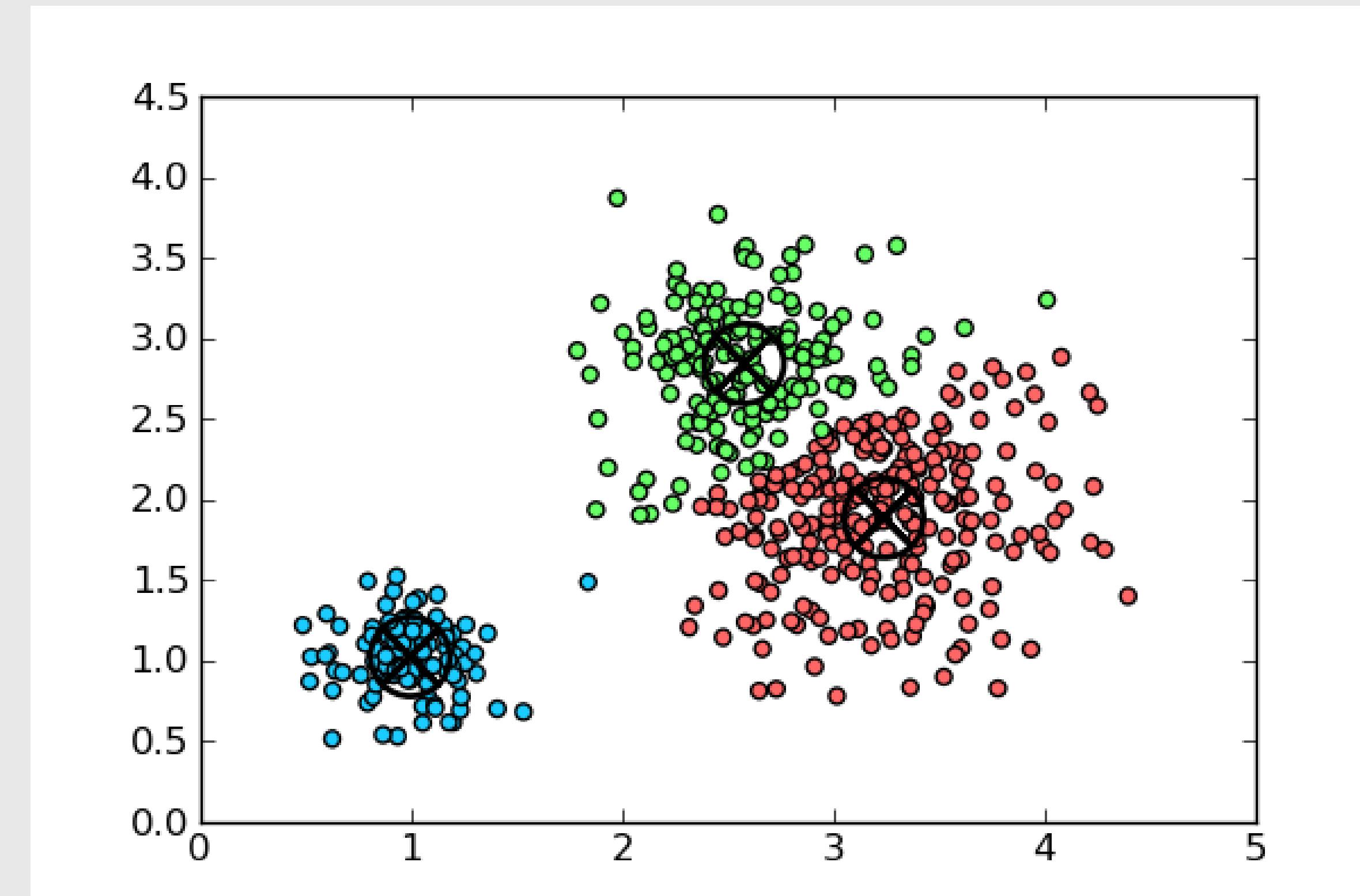
- Clustering:
  - Notebook



## T

## 2. Clustering: K-Means

- Gera clusters iterativamente
- Precisa escolher o número de clusters
- Agrupa dados pela distância do centroide



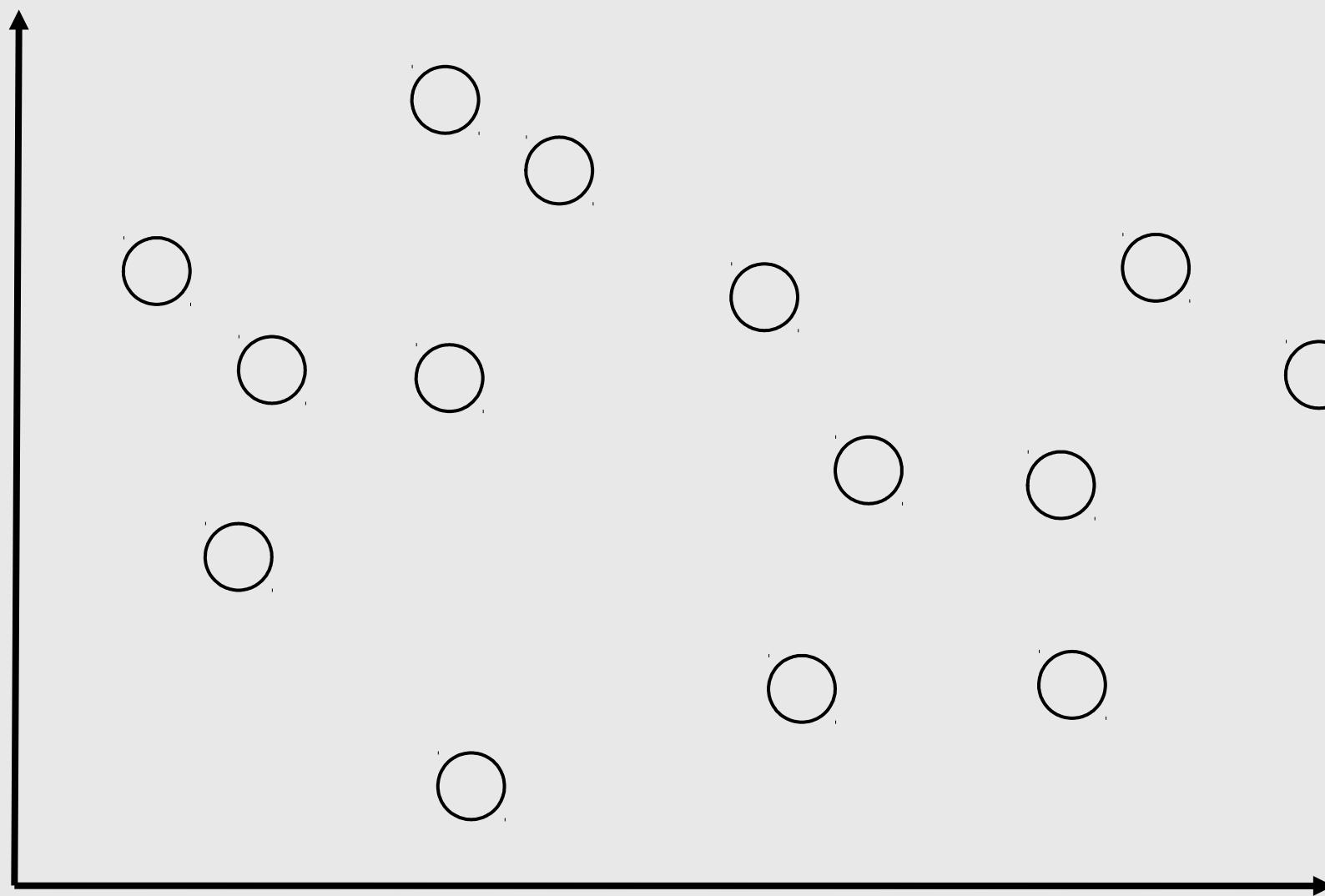
## 2. K-Means

- Algoritmo:
  - **Passo 1:** Defina o número de clusters
  - **Passo 2:** Escolha aleatoriamente a posição dos centroides
  - **Passo 3:** Para cada ponto, encontre o centroide mais próximo e atribua aquele cluster
  - **Passo 4:** Para cada cluster, calcule o novo centroide a partir dos pontos atribuídos anteriormente
  - **Passo 5:** Repita os passos 3-4 até não haver mais variação

## I

# 2. K-Means

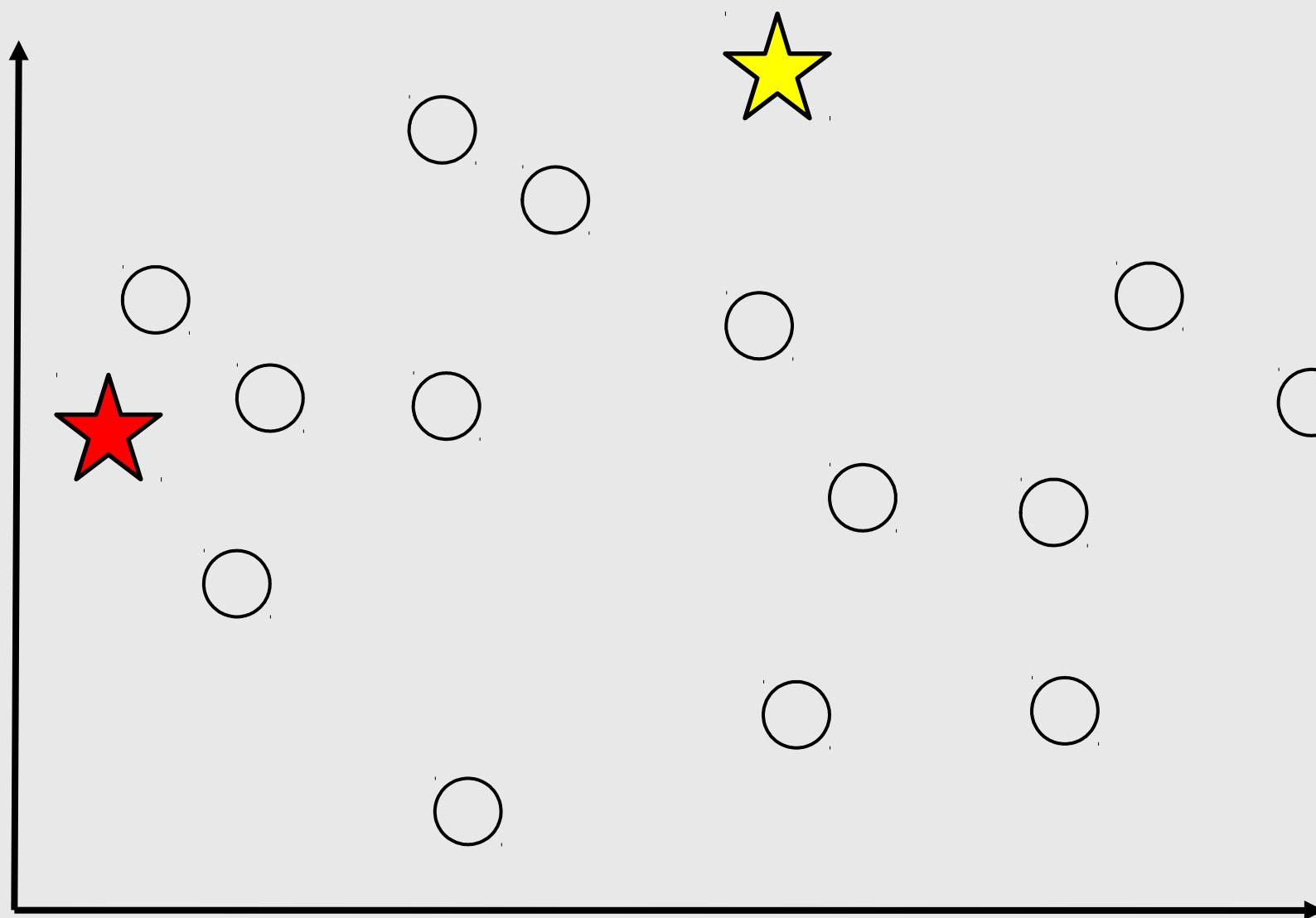
- **Passo 1:** Defina o número de clusters ( $k = 2$ )



## I

# 2. K-Means

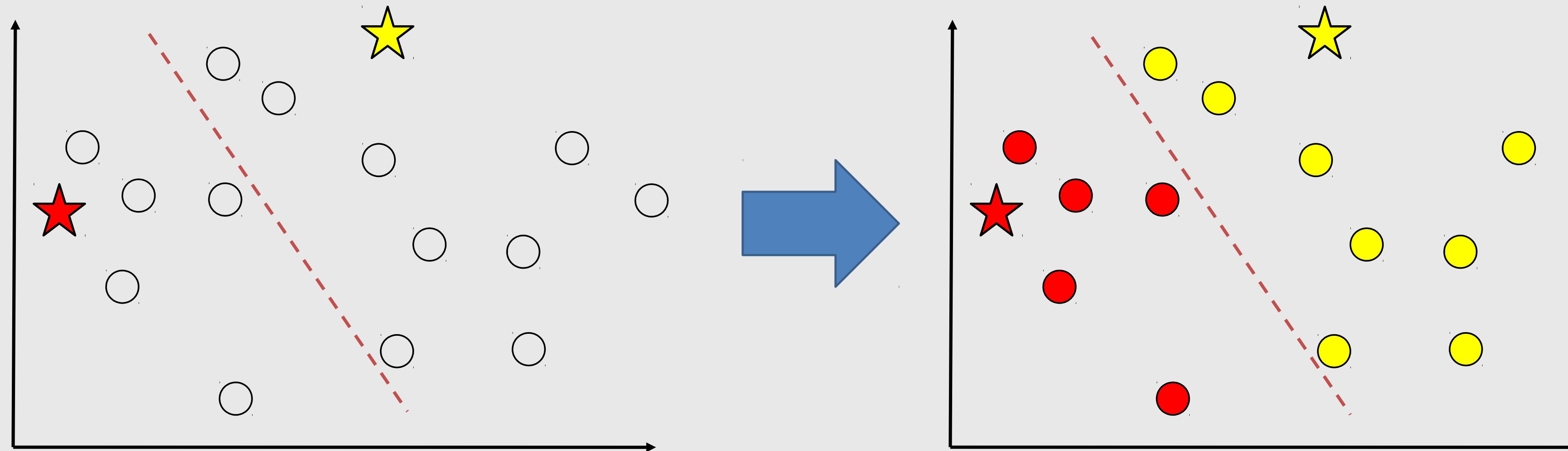
- **Passo 2:** Escolha aleatoriamente a posição dos centroides



## I

## 2. K-Means

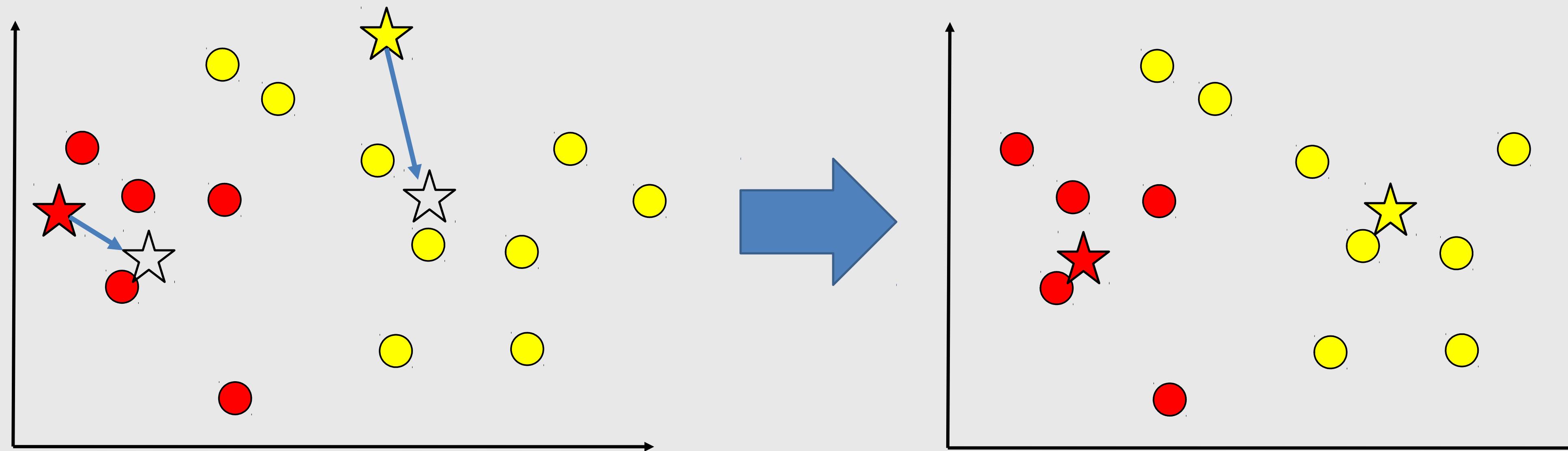
- **Passo 3:** Para cada ponto, encontre o centroide mais próximo e atribua àquele cluster



## I

## 2. K-Means

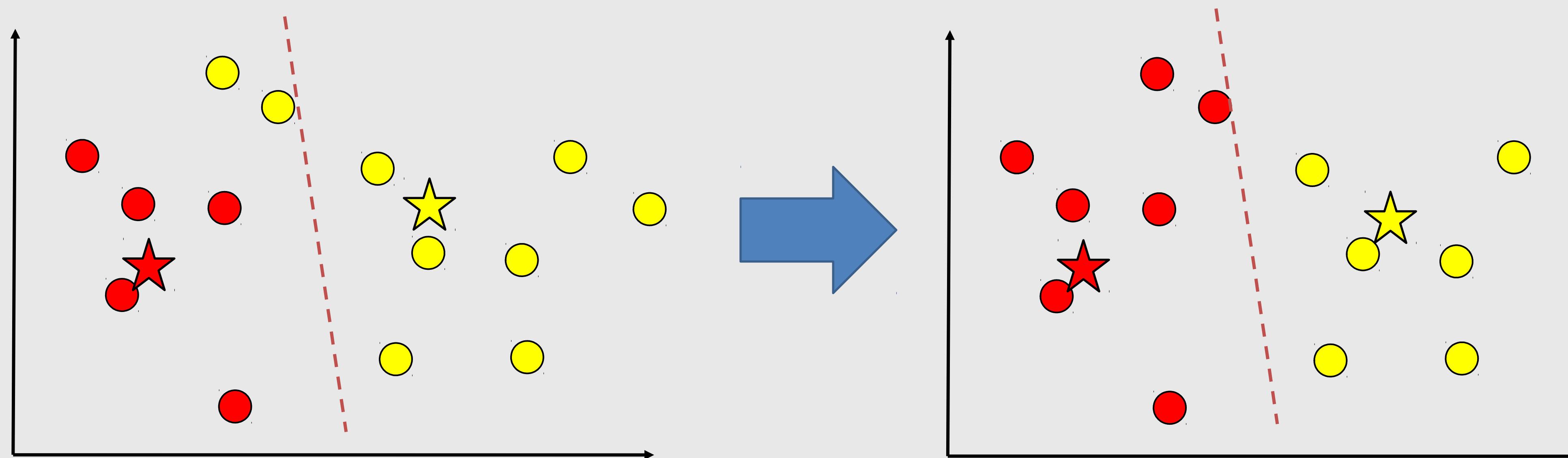
- **Passo 4:** Para cada cluster, calcule o novo centroide a partir dos pontos atribuídos anteriormente



## I

## 2. K-Means

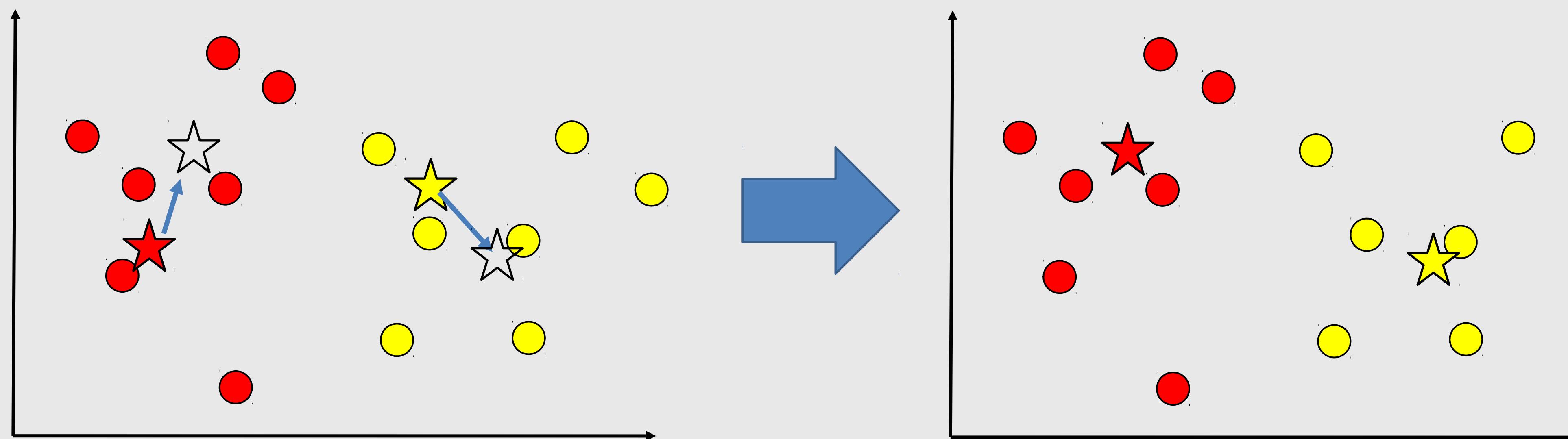
- **Passo 3:** Para cada ponto, encontre o centroide mais próximo e atribua aquele cluster



## I

## 2. K-Means

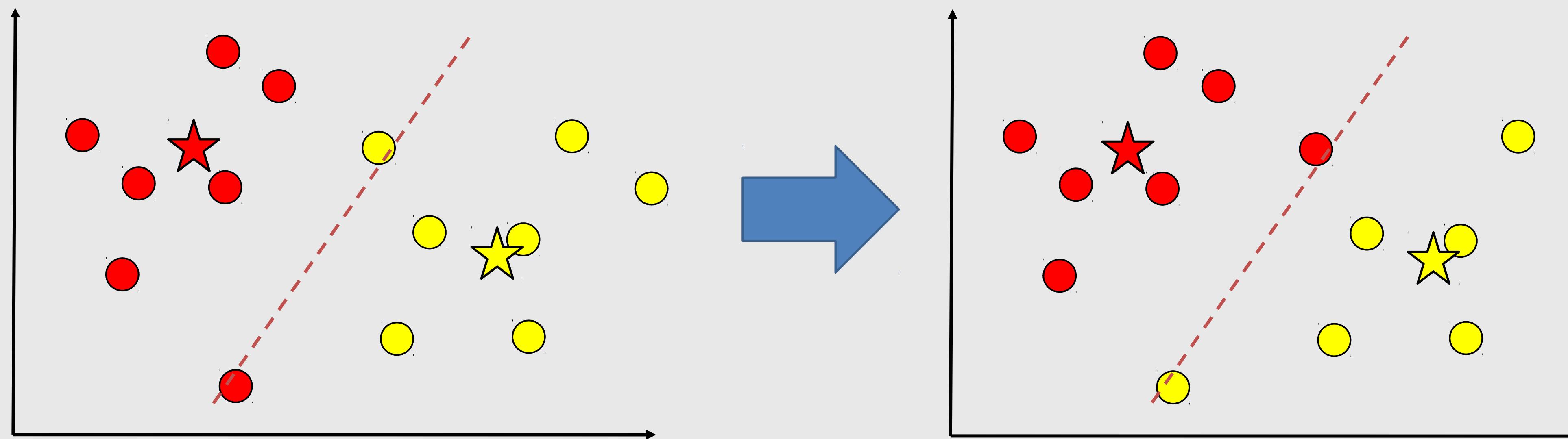
- **Passo 4:** Para cada cluster, calcule o novo centroide a partir dos pontos atribuídos anteriormente



## I

# 2. K-Means

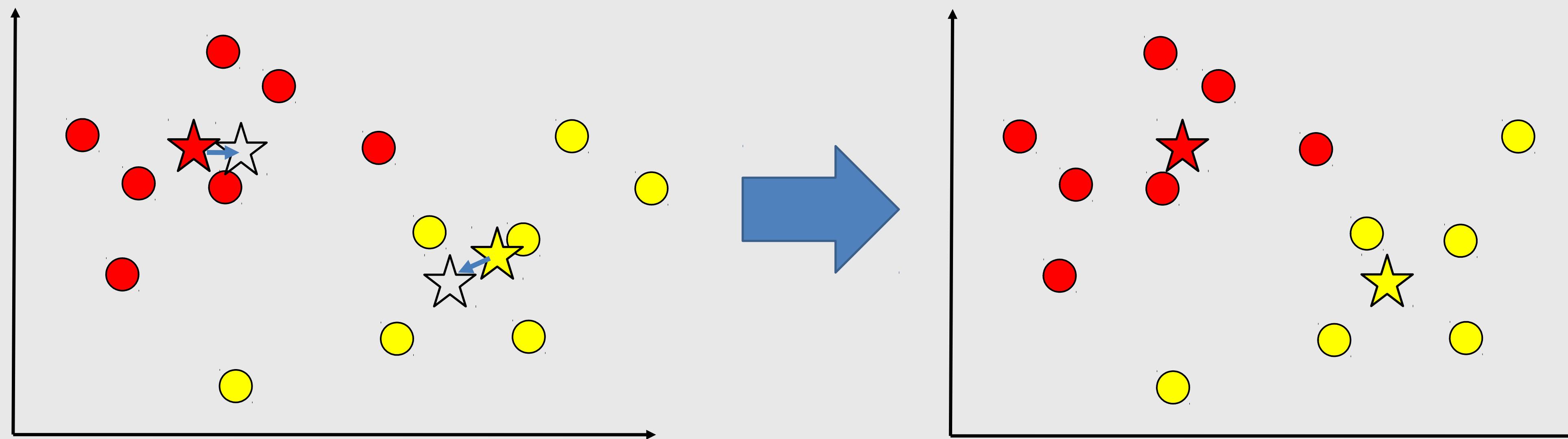
- **Passo 3:** Para cada ponto, encontre o centroide mais próximo e atribua aquele cluster



## I

## 2. K-Means

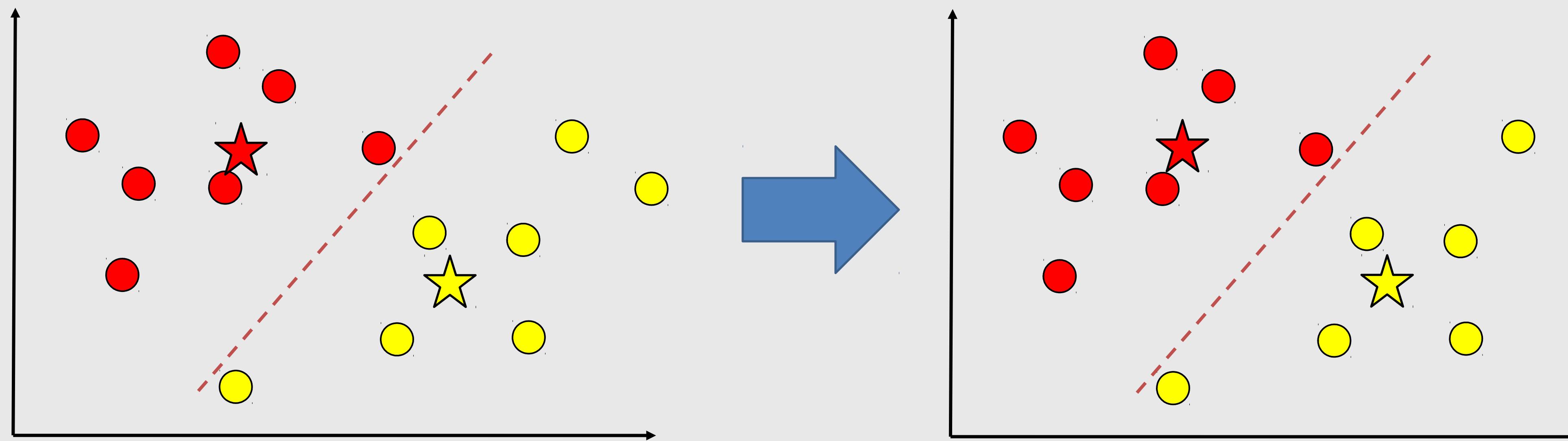
- **Passo 4:** Para cada cluster, calcule o novo centroide a partir dos pontos atribuídos anteriormente



## I

## 2. K-Means

- **Passo 3:** Para cada ponto, encontre o centroide mais próximo e atribua aquele cluster

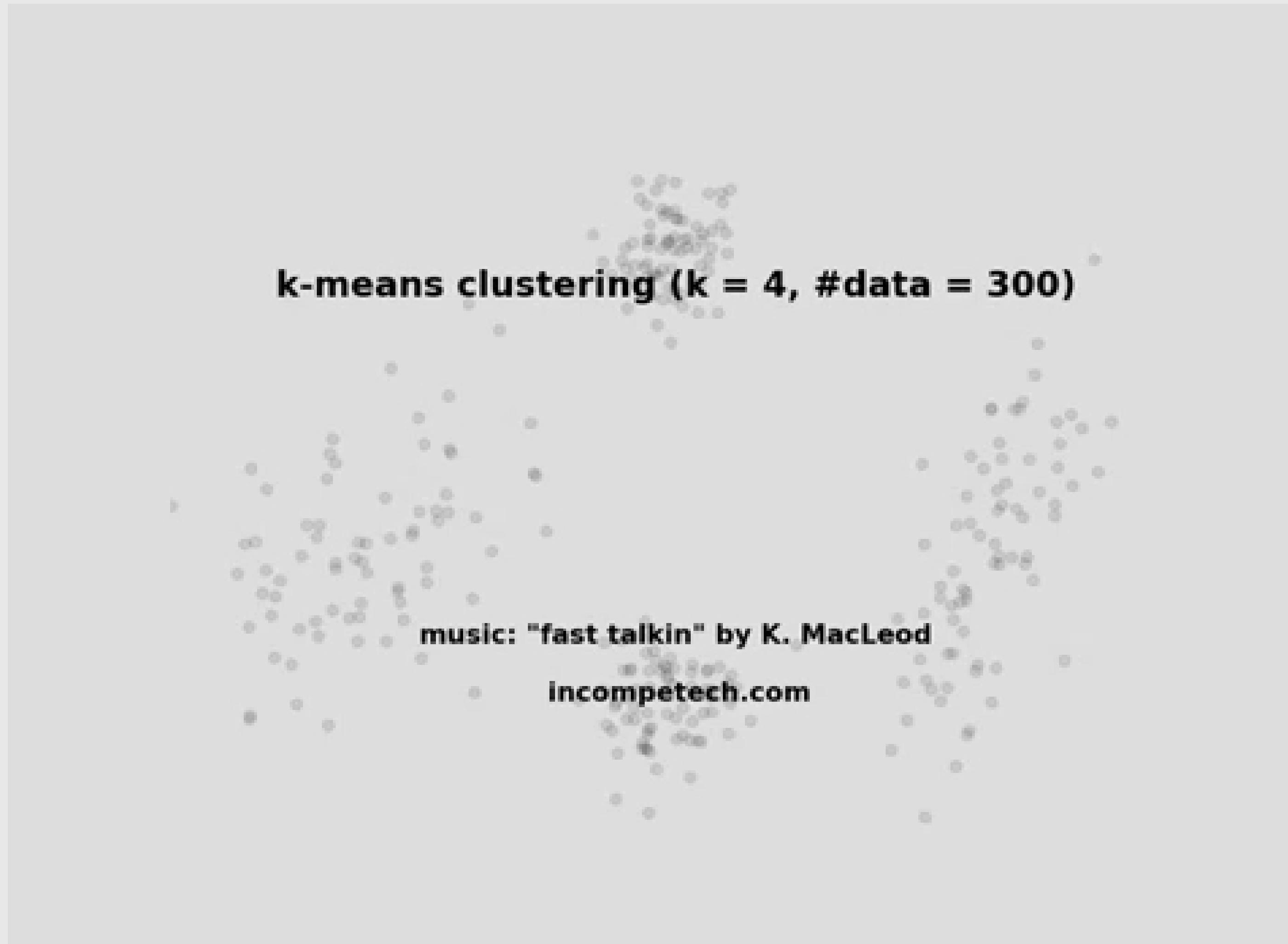


- **Finalizado! Não há mais variação**

# I

## 2. K-Means

- Exemplo:



## 2. K-Means

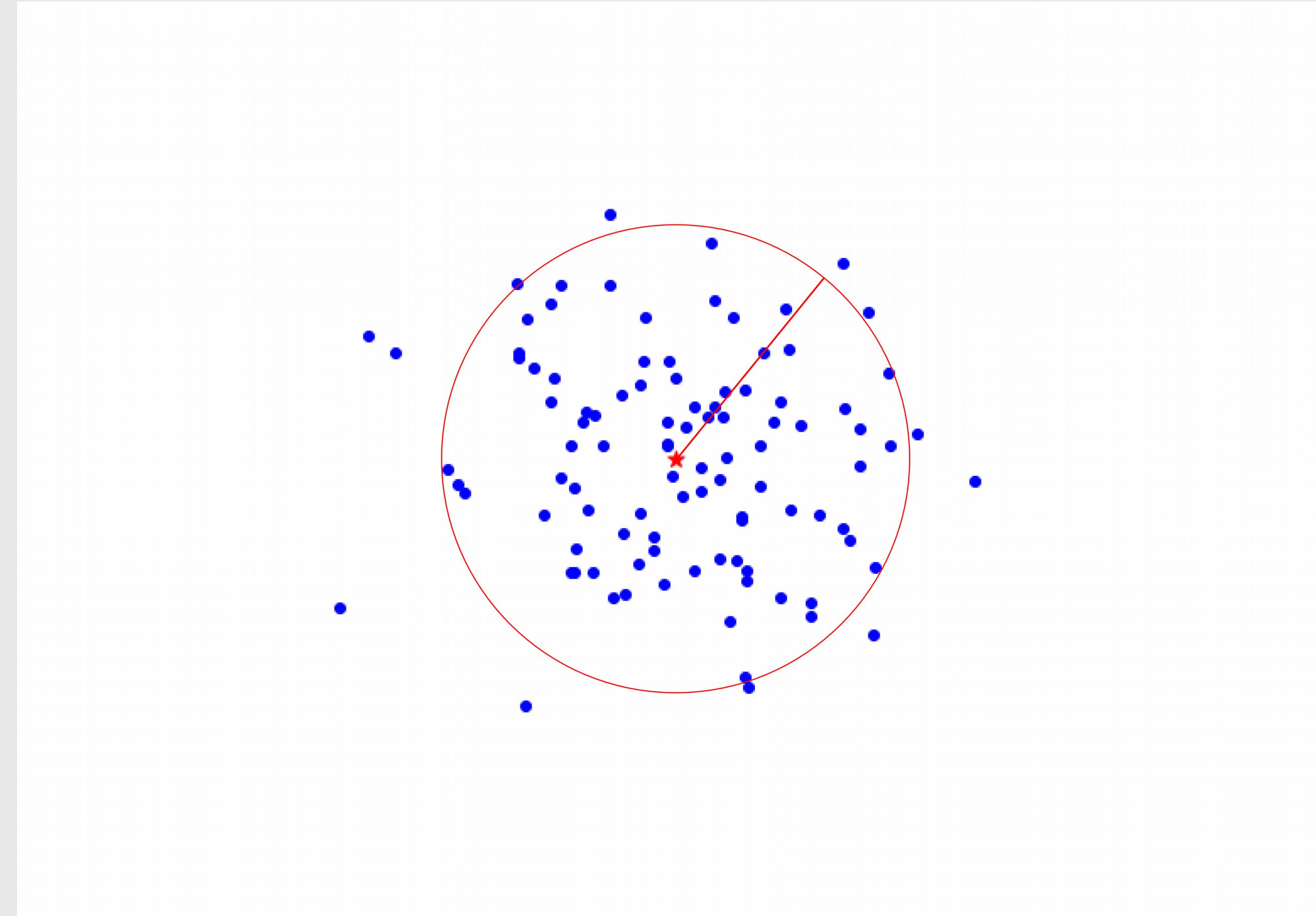
- **Avaliar um bom cluster:**
  - Dados dentro do cluster possuem perfil semelhante
  - Dados bem distribuídos nos clusters (balanceados)
  - Não muito disperso



**Inércia**

## 2. K-Means

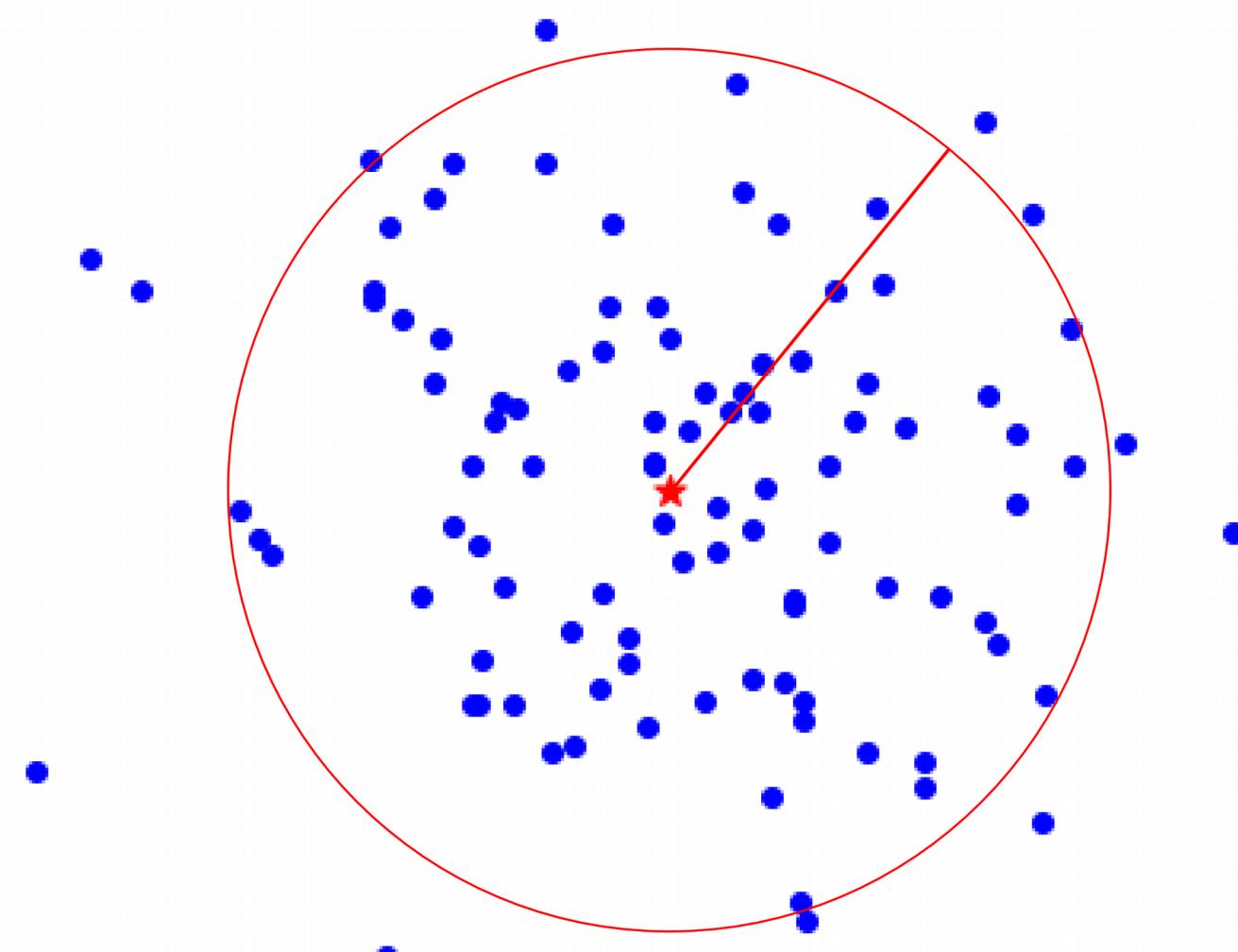
- **Inércia:**
  - Nível de dispersão dos pontos em relação ao centroide



# I

## 2. K-Means

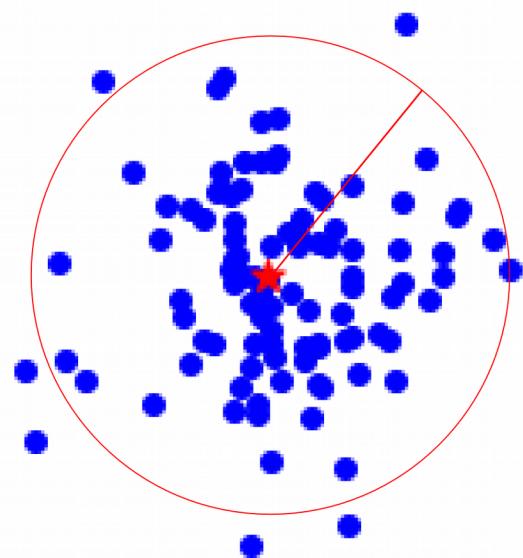
- Inércia:
  - Elevada



# I

## 2. K-Means

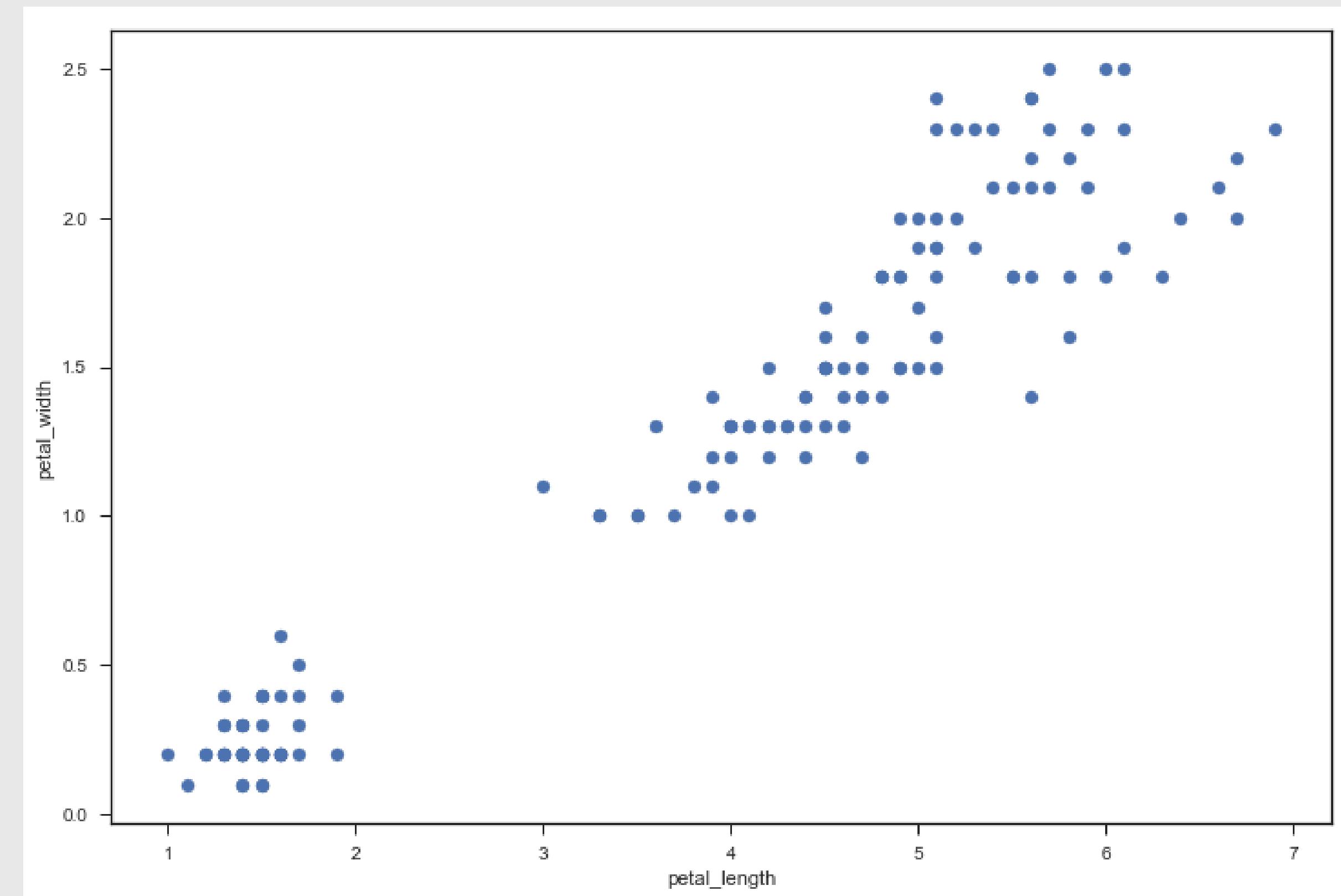
- Inércia:
  - Baixa



I

## 2. K-Means: Inércia

- Tem relação com o número de clusters
- Ex:  $k=1$
- Inércia alta

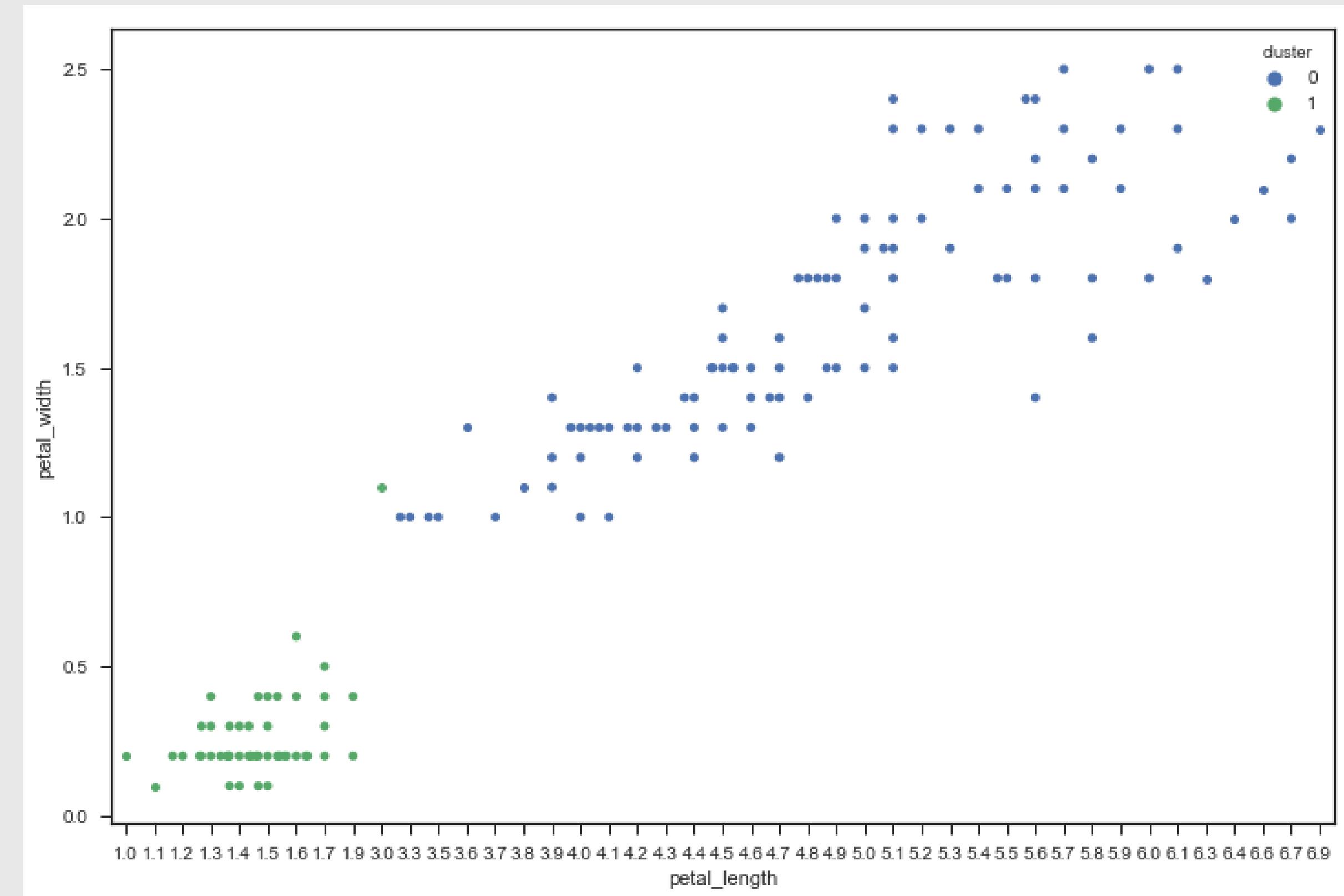


Inércia = 550

**T**

## 2. K-Means: Inércia

- Tem relação com o número de clusters
- Ex: k=2
- Inércia média

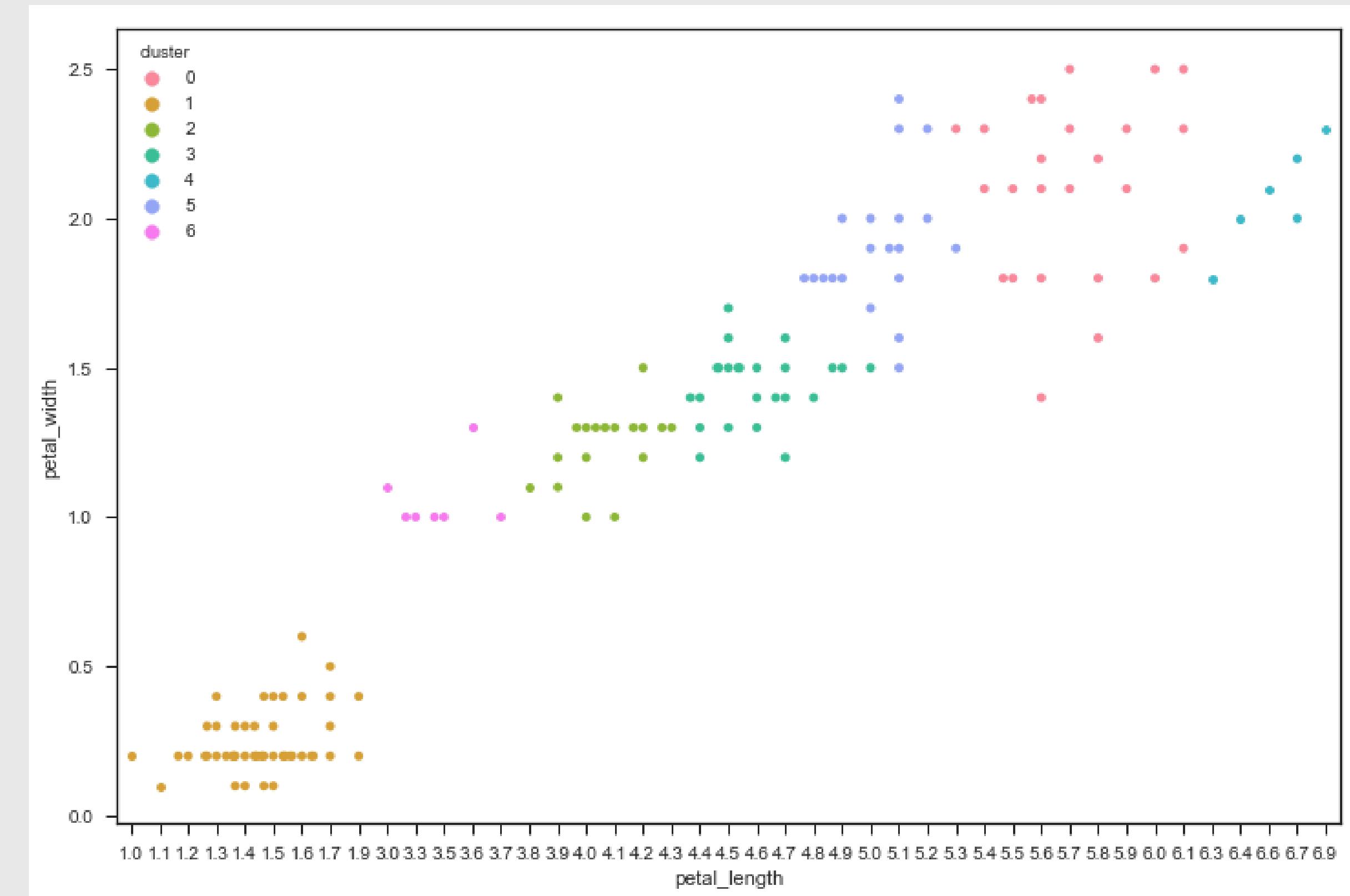


Inércia = 86

## T

## 2. K-Means: Inércia

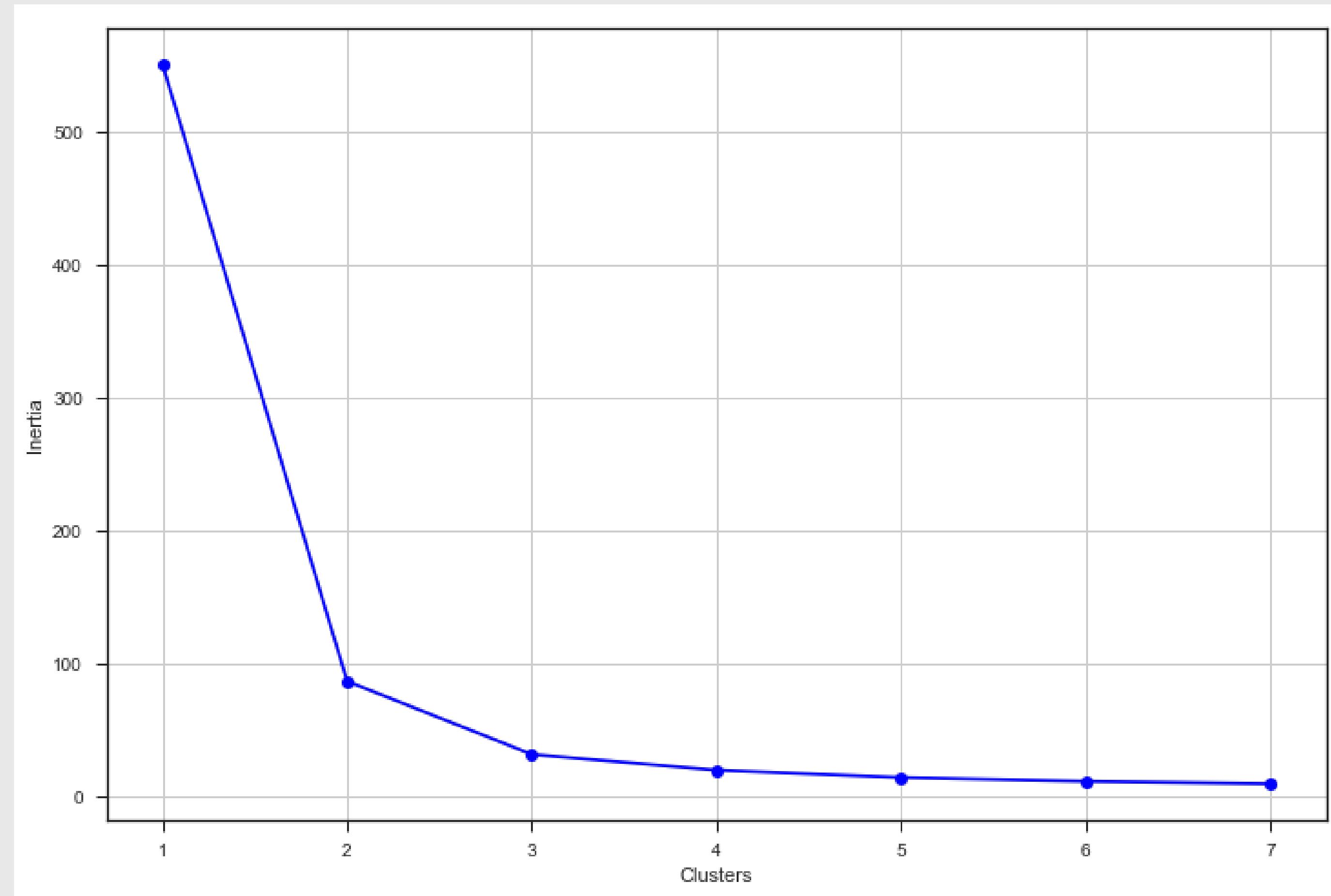
- Tem relação com o número de clusters
- Ex: k=7
- Inércia baixa



Inércia = 9

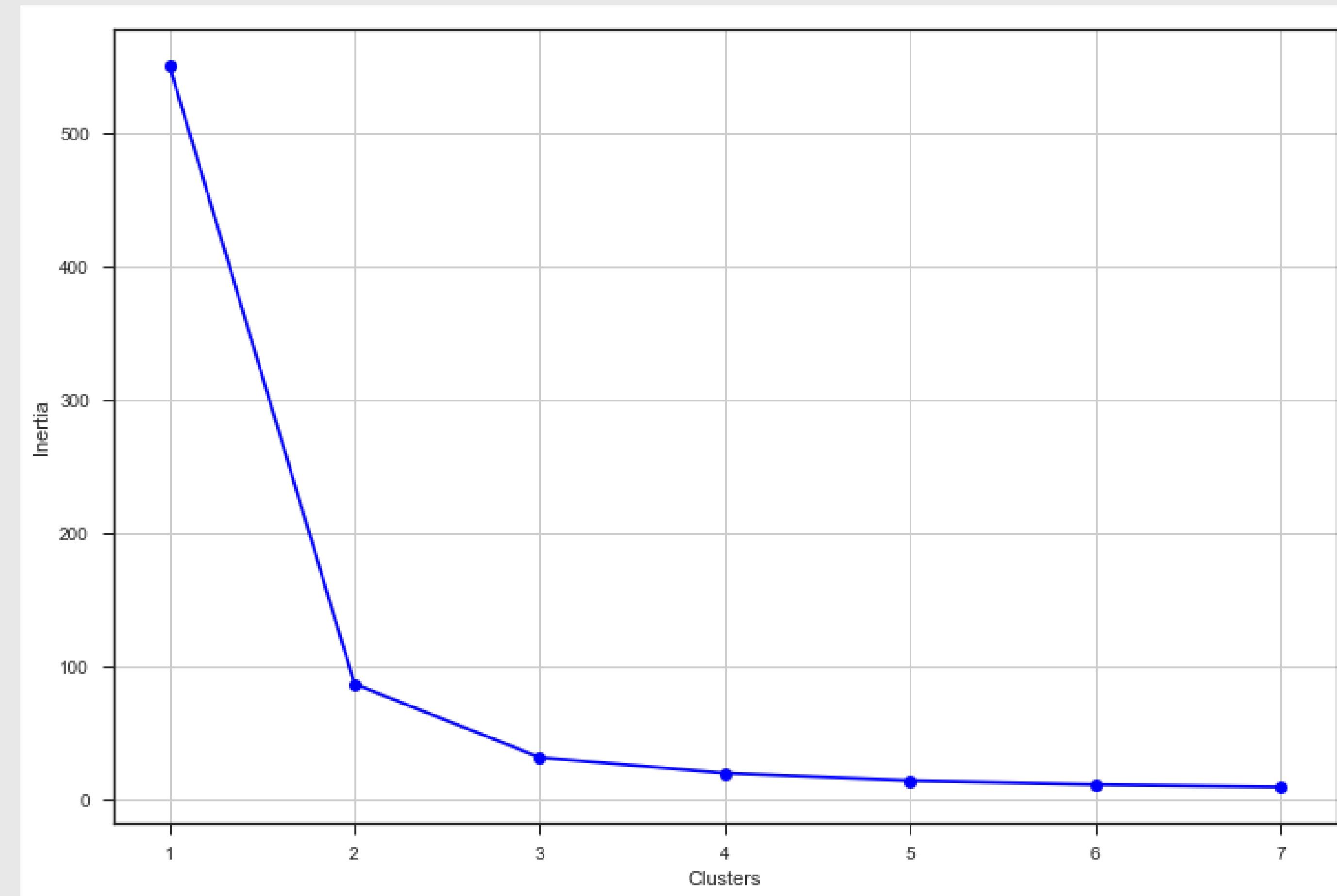
## 2. K-Means: Inércia

- Inércia em função do número de clusters



## 2. K-Means: Inércia

- Número ideal:
  - Primeiro ponto de menor angulação - 3

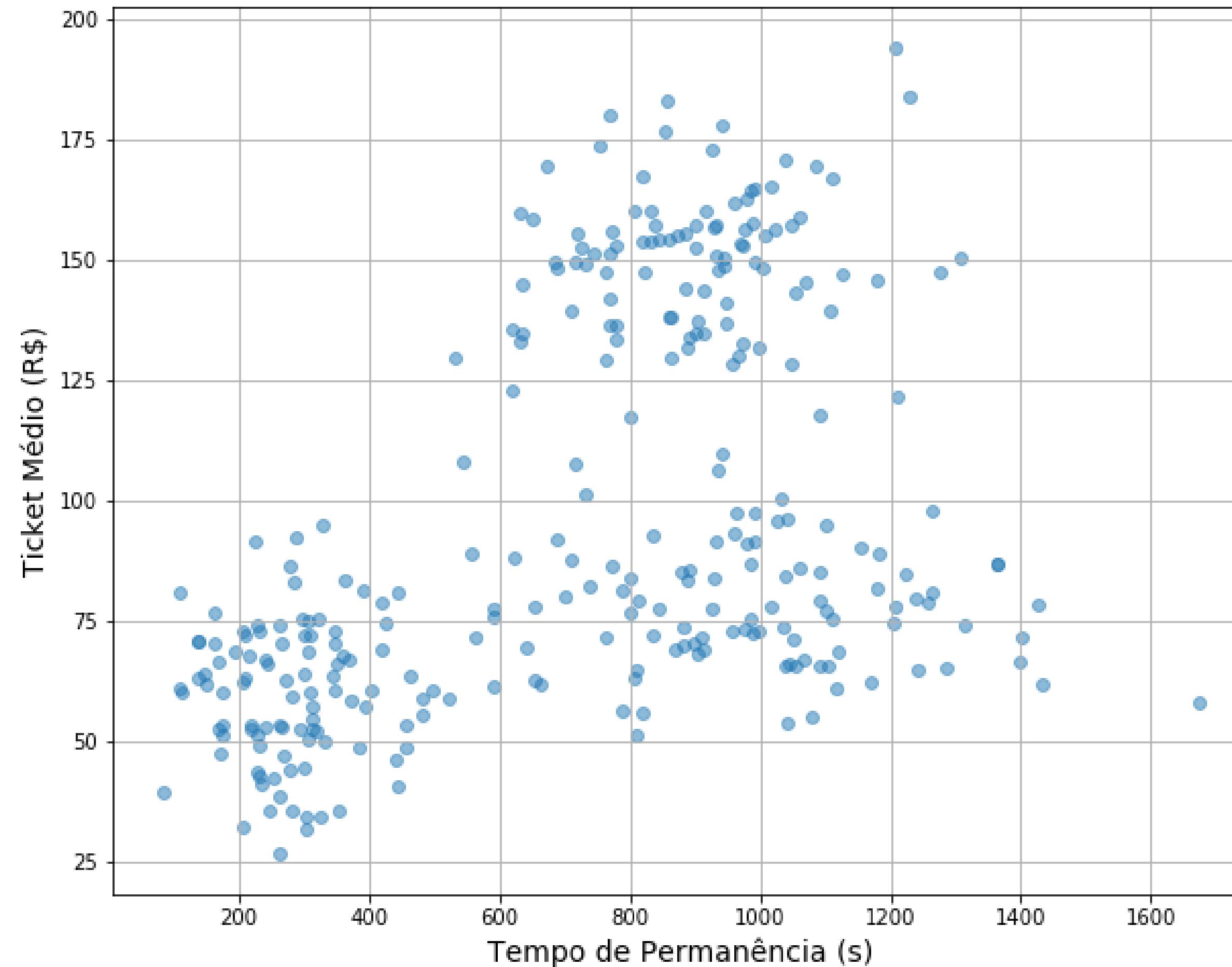


# I

## 2. K-Means

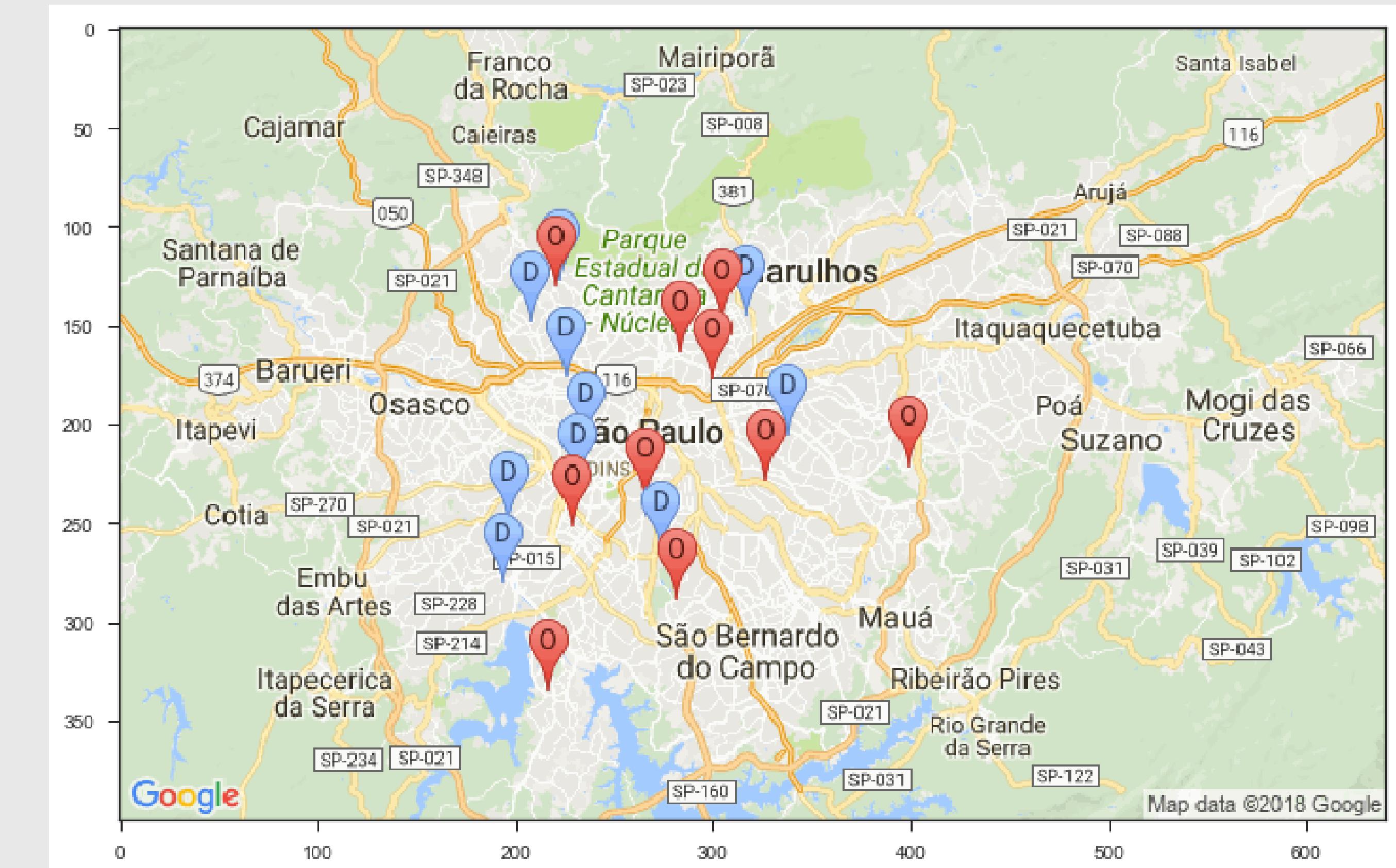
- **Case Elo7**

Notebook



## Exemplo Elo7:

- Encontrar clusters de rota de frete



# T

## 2. K-Means

- **Case**  
Notebook



## 2. K-Means

- **Vantagens K-Means**
  - Algoritmo simples
  - Resultado intuitivo
  - Funciona bem na prática
  - Pode ser utilizado para conjunto grande de dados

## 2. K-Means

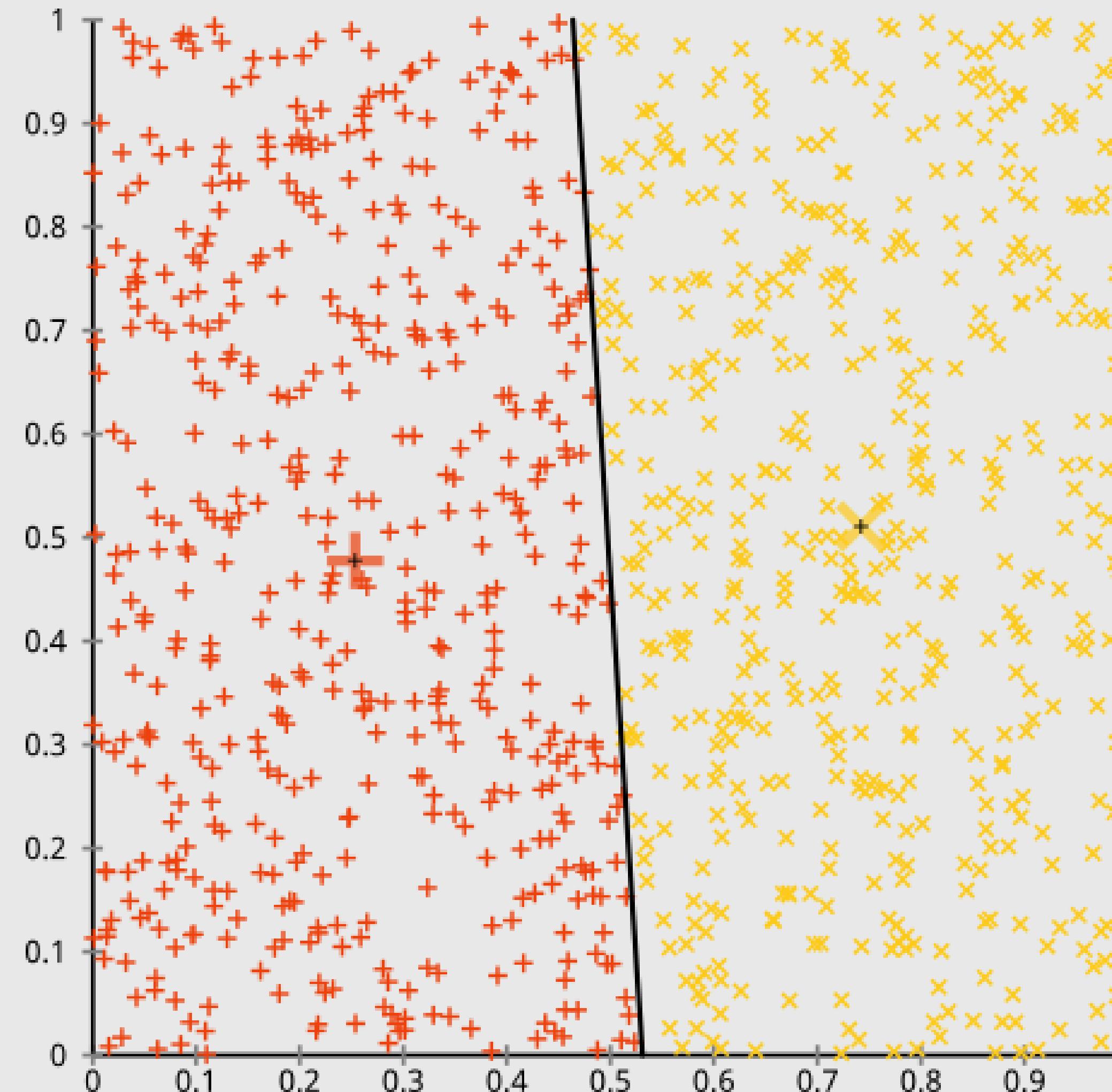
- **Desvantagens K-Means**

- Necessita escolher o número de clusters
- Pode convergir para resultados indesejados
- Resultados podem divergir a cada repetição (inicialização aleatória)
- Algoritmo “cego”: Encontra clusters até em locais onde não há
- Não há relação de hierarquia entre clusters

# I

## 2. K-Means

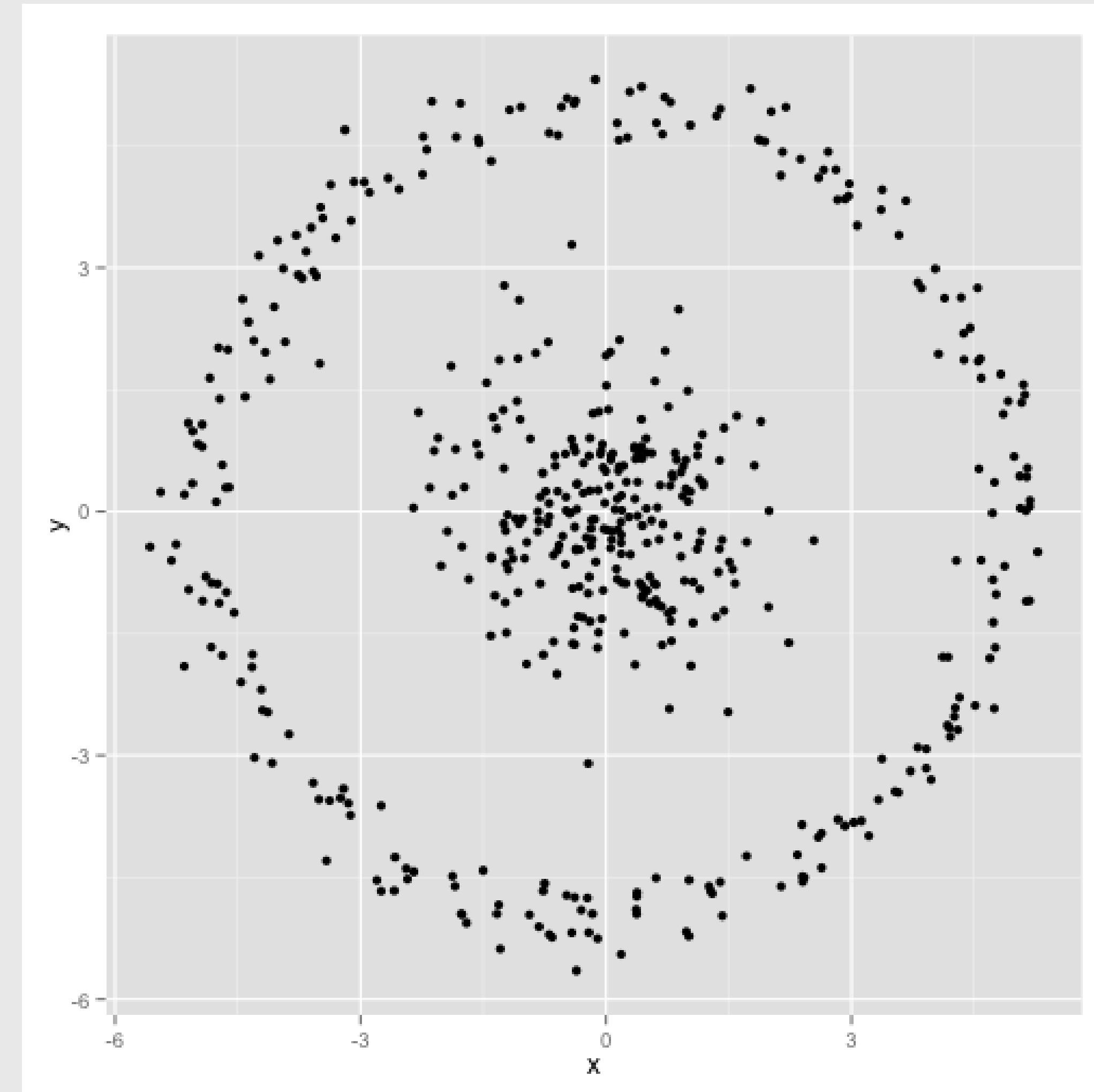
- Desvantagens K-Means



# I

## 2. K-Means

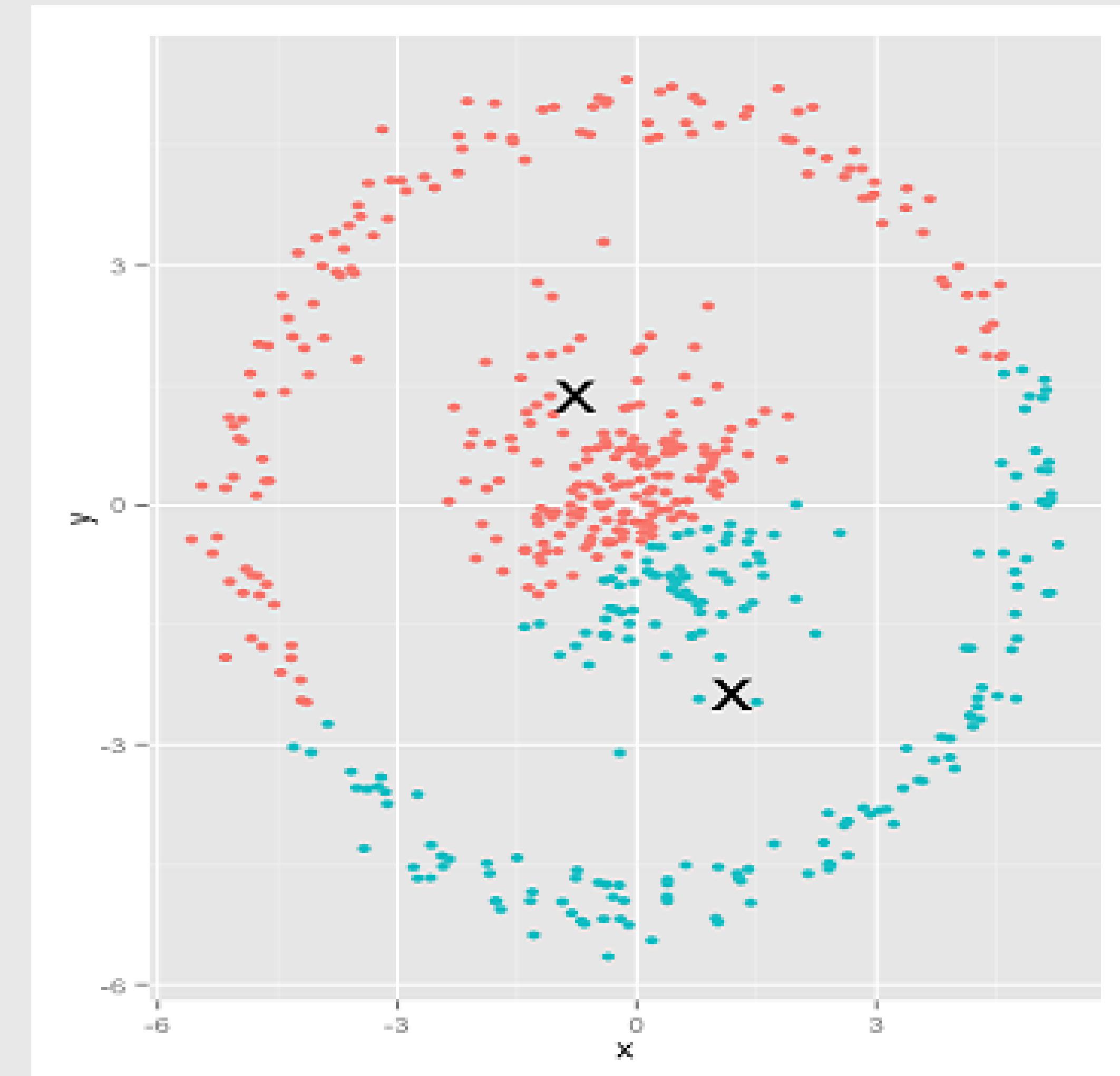
- Desvantagens K-Means



# I

## 2. K-Means

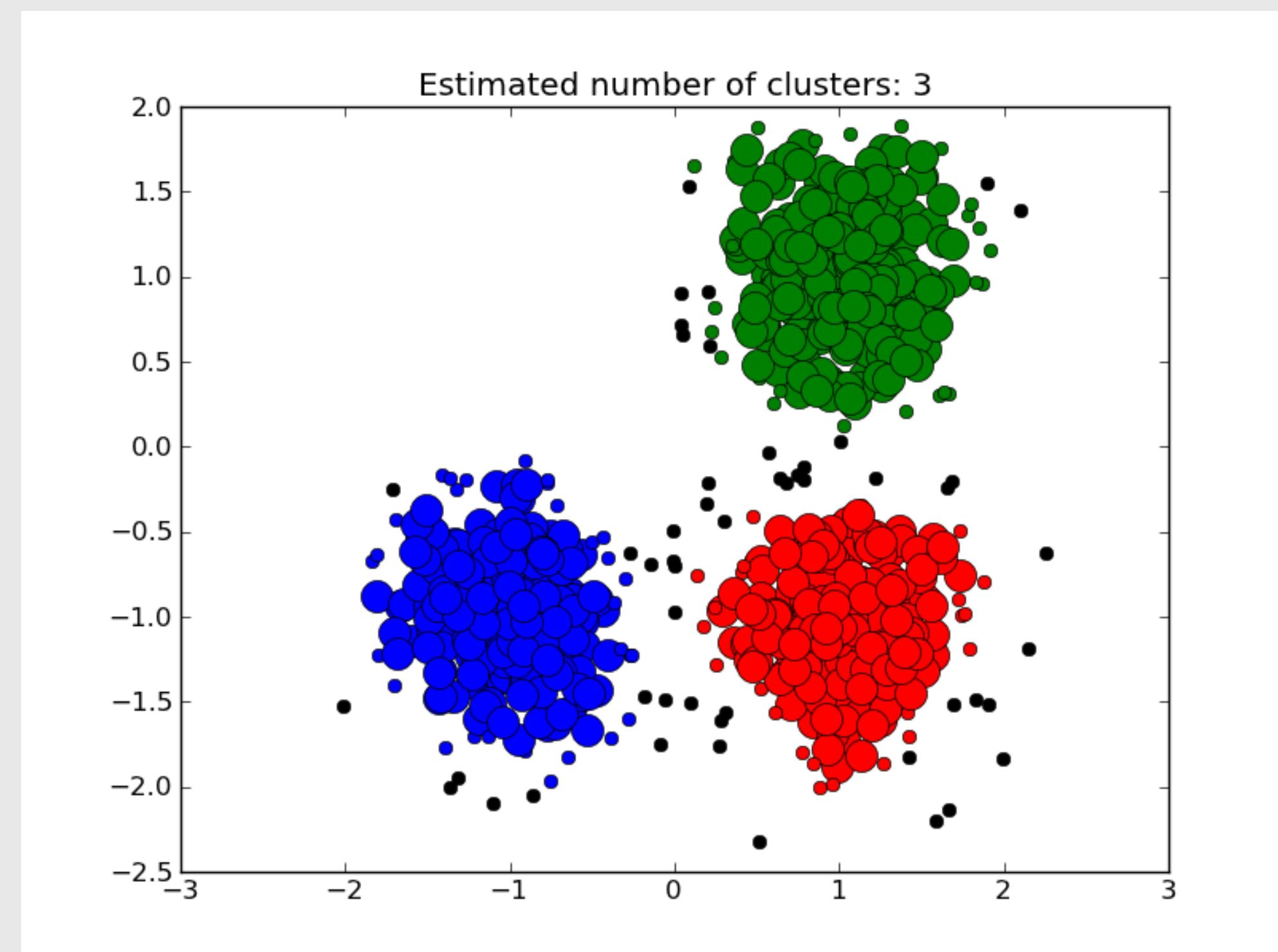
- Desvantagens K-Means



# T

## 4. Clustering: DBSCAN

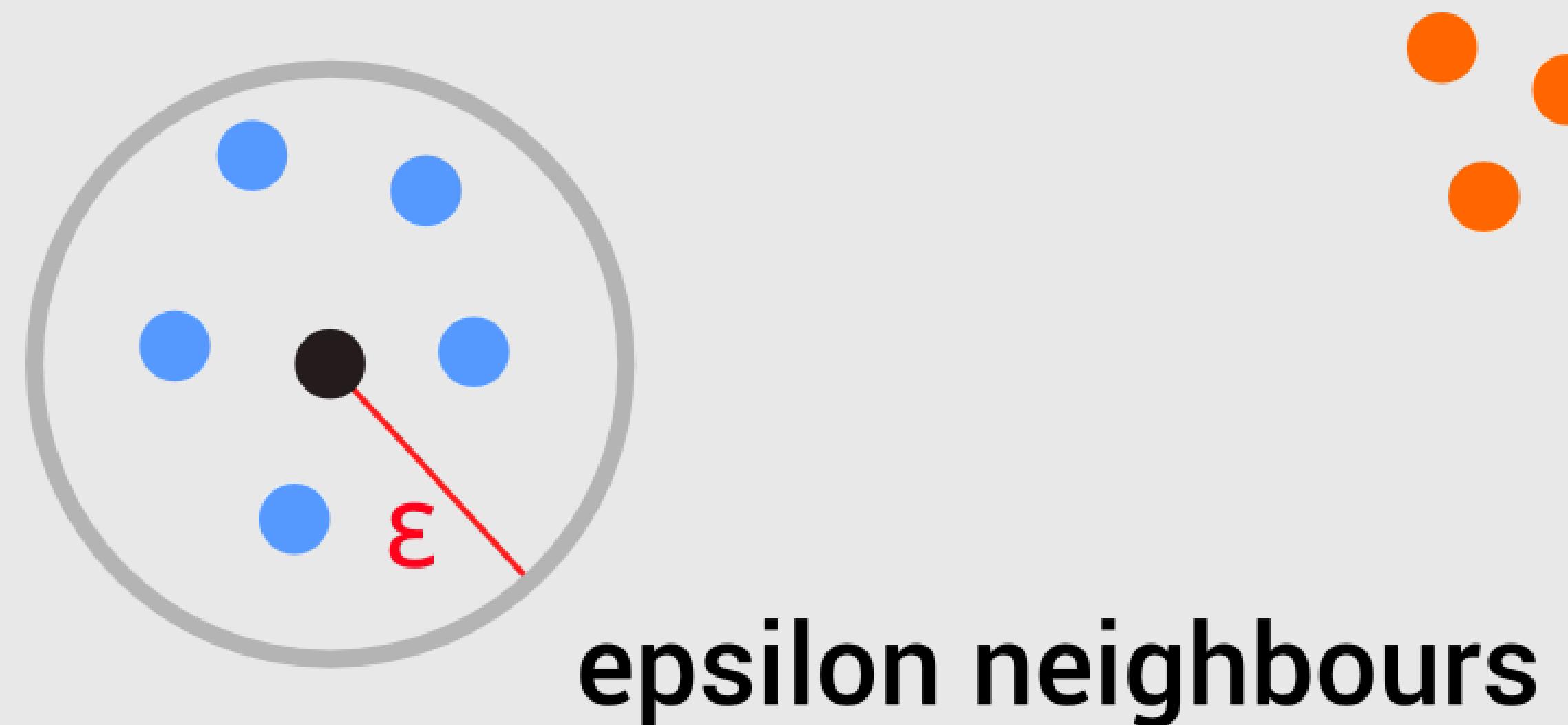
- **Density-Based Spatial Clustering Algorithm with Noise**
  - Utiliza o conceito de conectividade por densidade



# I

## 4. Clustering: DBSCAN

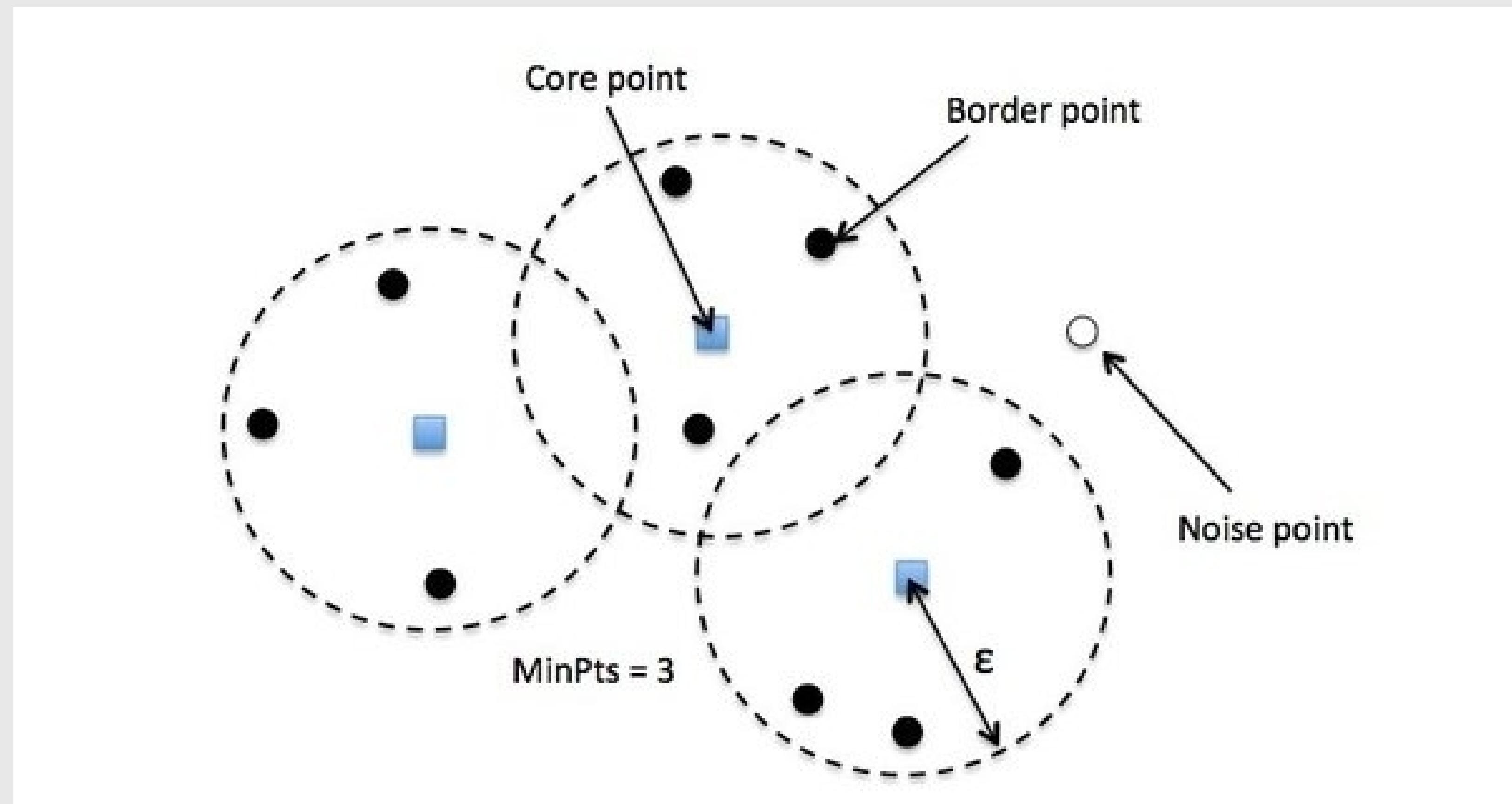
- Precisa escolher dois parâmetros: epsilon, min\_points



## I

## 4. Clustering: DBSCAN

- Conecta os pontos a partir de regiões de densidade



# T

## 4. Clustering: DBSCAN

- Exemplos:
  - Notebook

## 4. Clustering: DBSCAN

- **Vantagens:**

- Não precisa escolher o número de clusters
- Consegue eliminar possíveis outliers
- Escala facilmente para datasets grandes

## 4. Clustering: DBSCAN

- **Desvantagens:**
  - A escolha dos parâmetros é crucial e depende de ajustes finos
  - Sofre com clusters de diferentes densidades

## 4. Clustering: Hierarchical Clustering

- Método iterativo
- Se baseia no princípio da conectividade das observações
- Depende da definição de distância / similaridade

# I

## 4. Clustering: Hierarchical Clustering

- Como agrupar?



Camiseta Batman



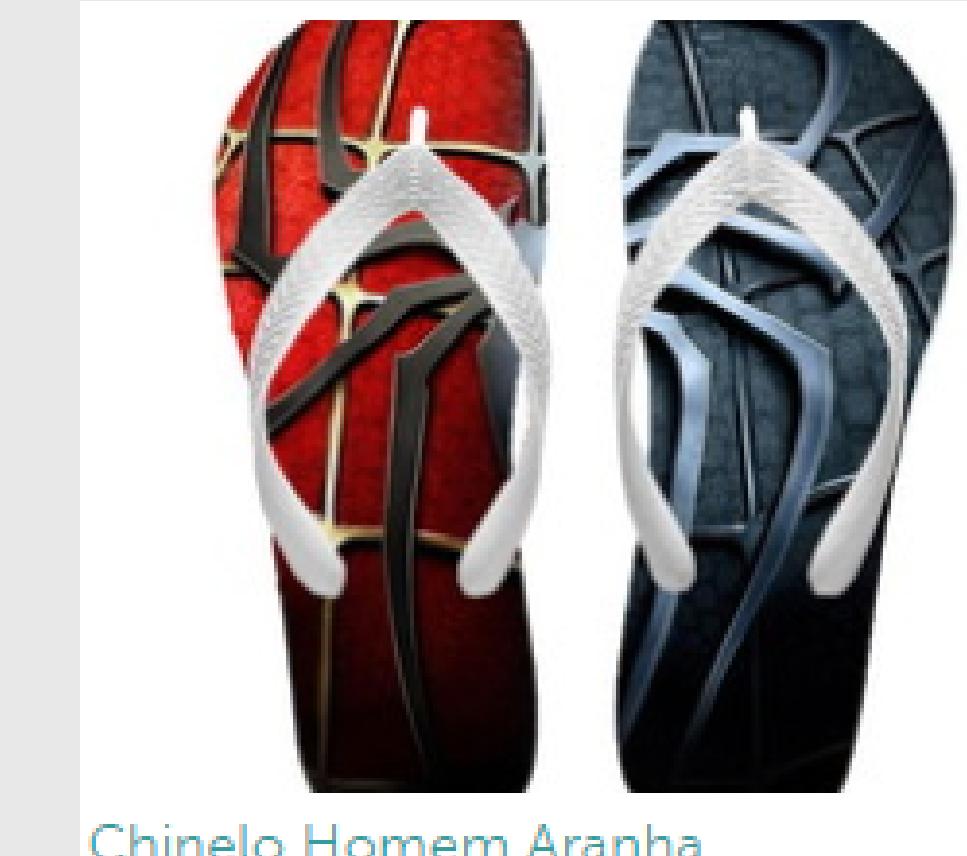
Camiseta Homem Aranha



Camiseta Senhor dos Aneis



Chinelo Batman Cute Infantil



Chinelo Homem Aranha



Chinelo Senhor dos Aneis

# I

## 4. Clustering: Hierarchical Clustering

- Por tipo de produto?



Camiseta Batman



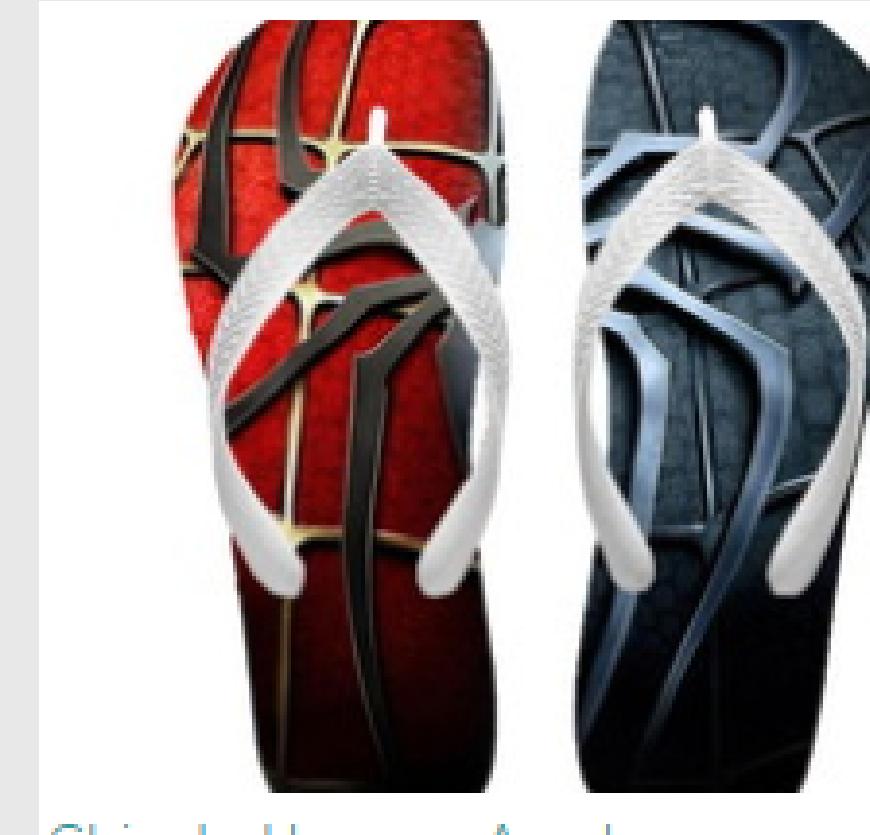
Camiseta Homem Aranha



Camiseta Senhor dos Aneis



Chinelo Batman Cute Infantil



Chinelo Homem Aranha



Chinelo Senhor dos Aneis

# I

## 4. Clustering: Hierarchical Clustering

- Por tema?



Camiseta Batman



Camiseta Homem Aranha



Camiseta Senhor dos Aneis



Chinelo Batman Cute Infantil



Chinelo Homem Aranha

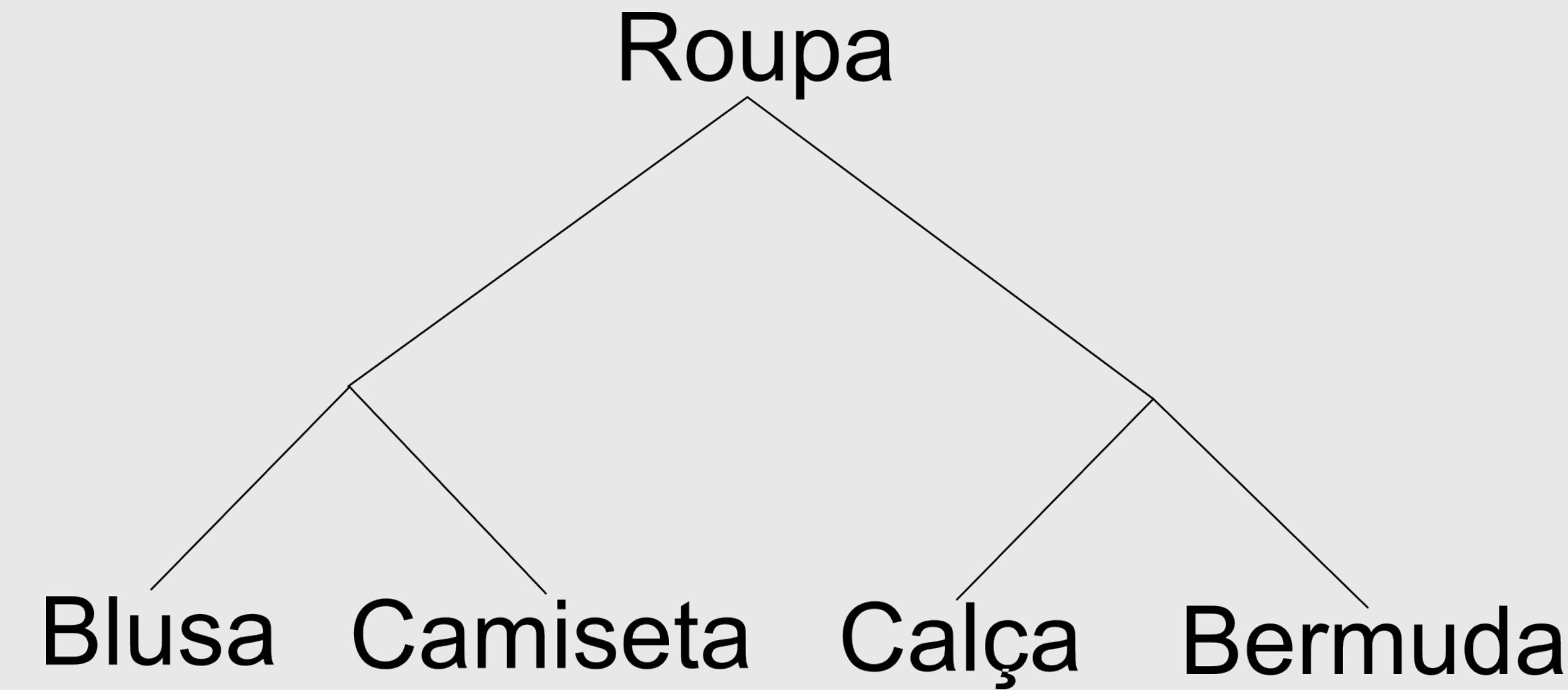


Chinelo Senhor dos Aneis

**T**

## 4. Clustering: Hierarchical Clustering

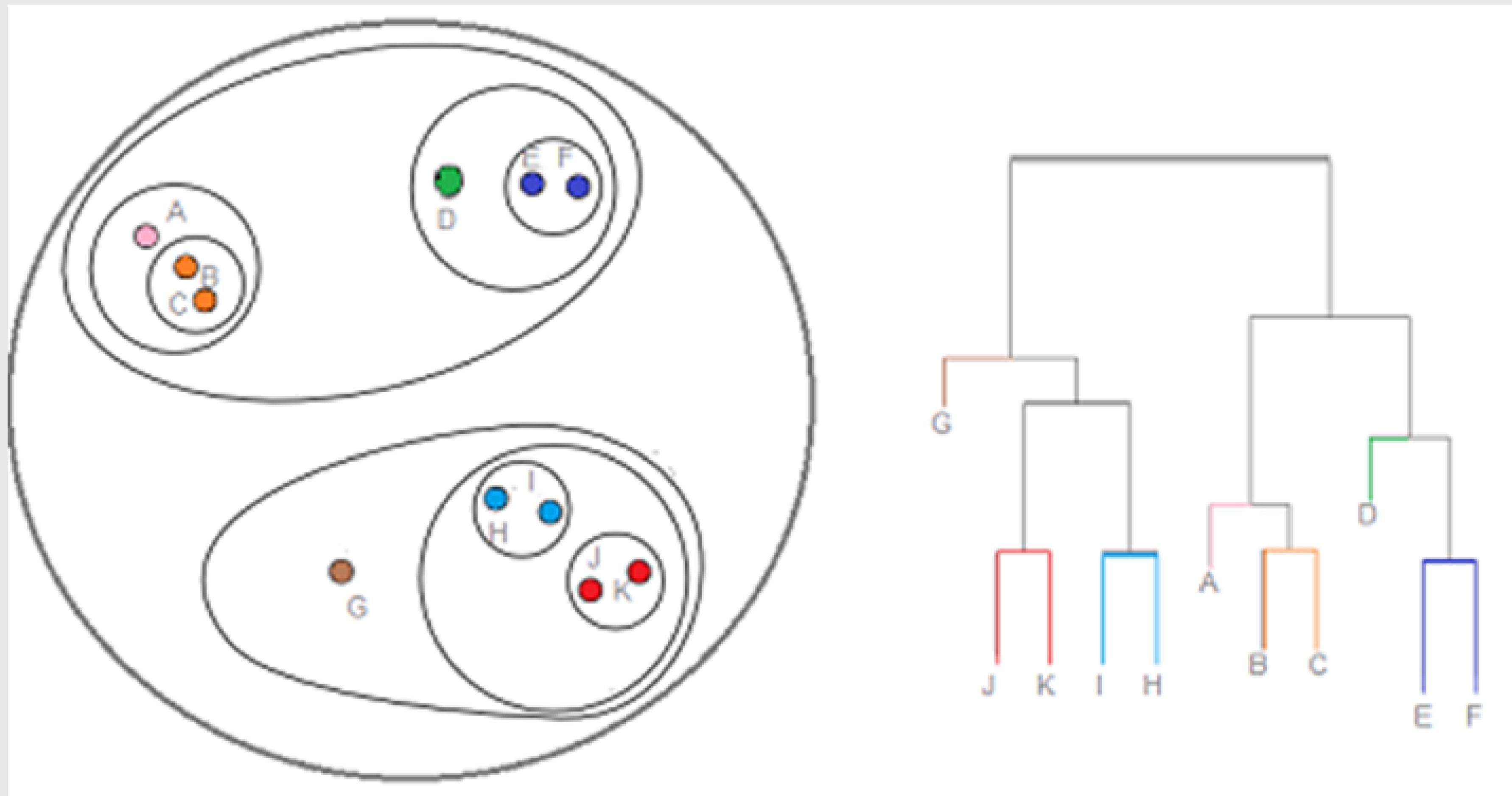
- Existe hierarquia



## I

## 4. Clustering: Hierarchical Clustering

- Visualizar histórico de divisão: **Dendrograma**

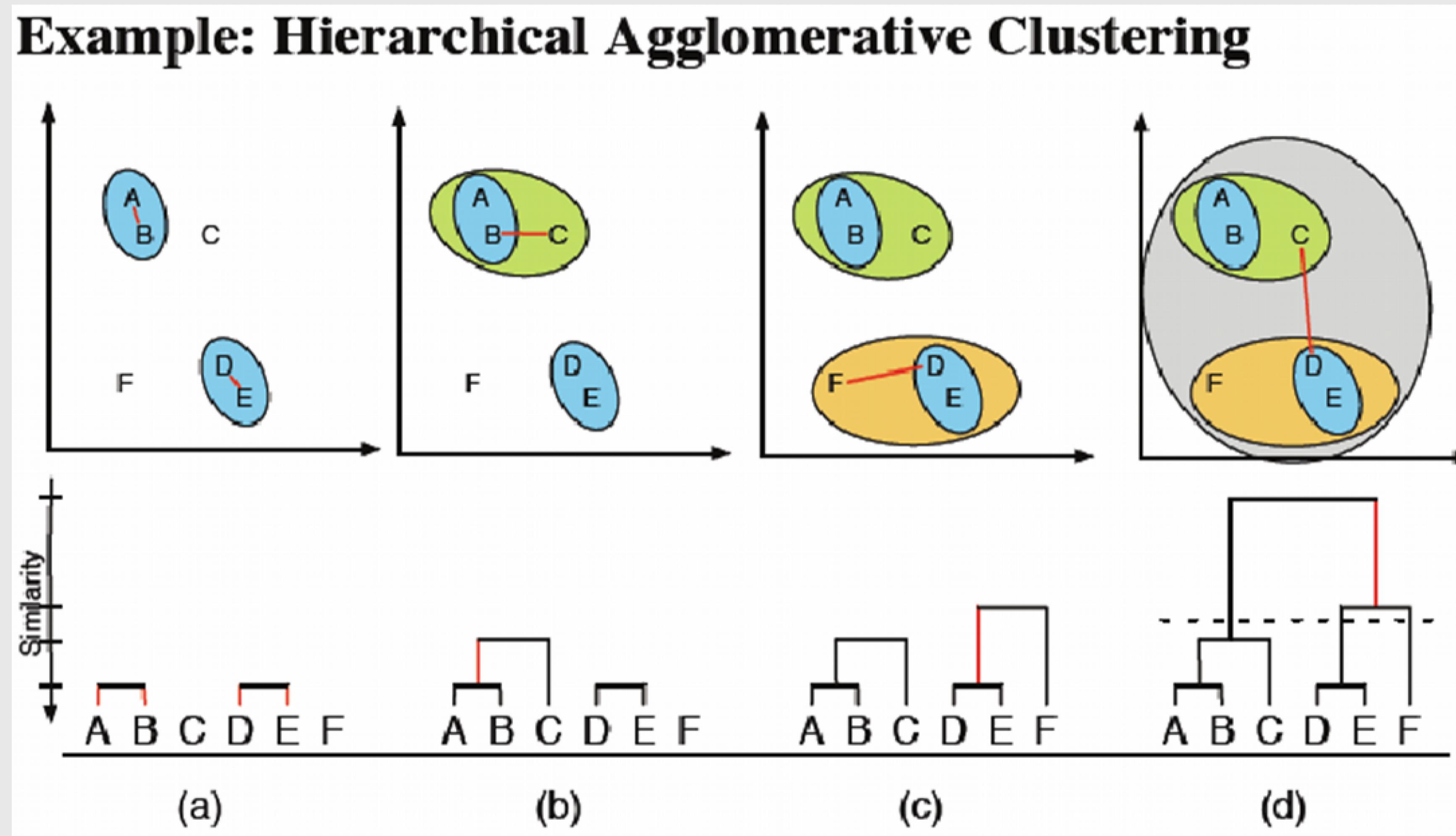


## 4. Clustering: Hierarchical Clustering

- 2 métodos principais:
  - Aglomerativo (Mais utilizado)
  - Por divisão

## 4. Clustering: Hierarchical Clustering

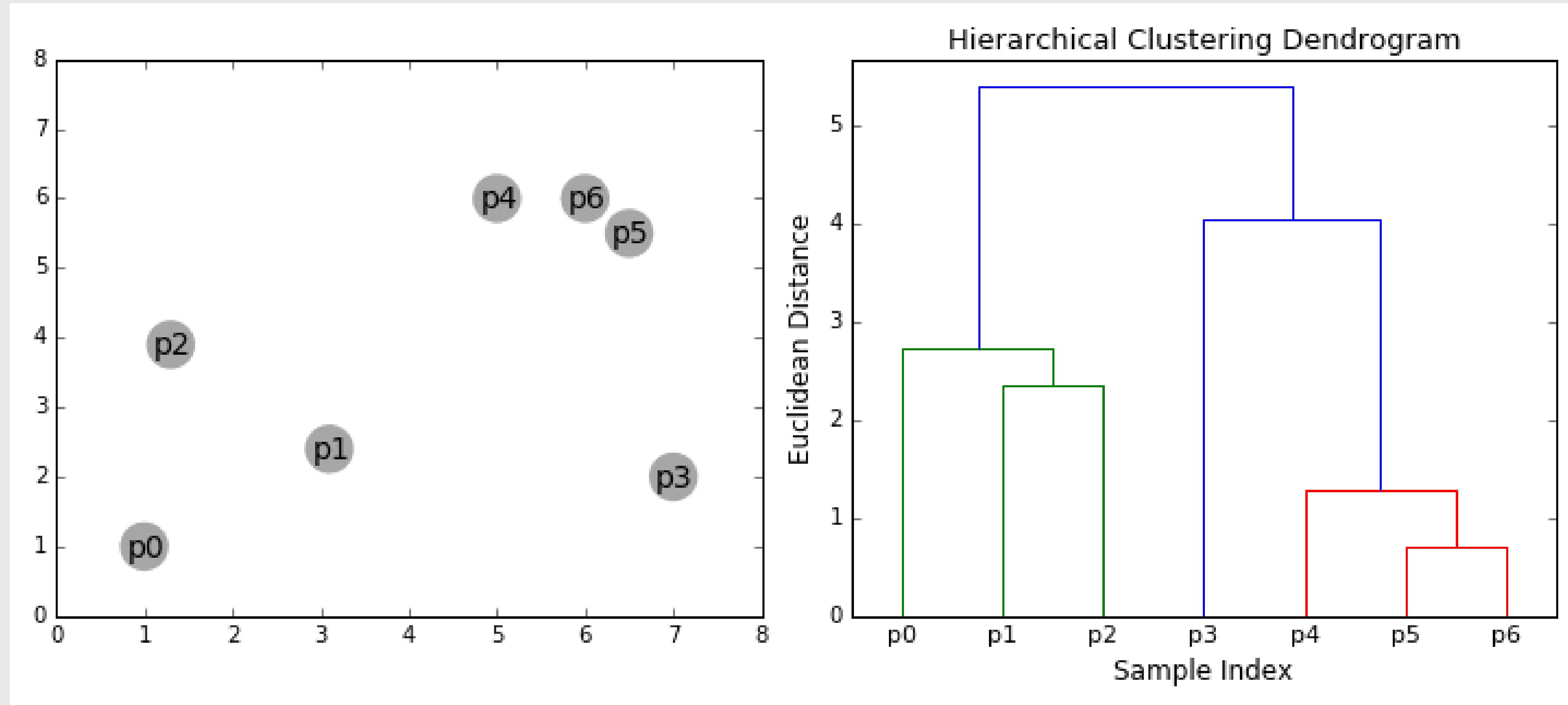
- Método aglomerativo:



## I

# 4. Clustering: Hierarchical Clustering

- Método aglomerativo:



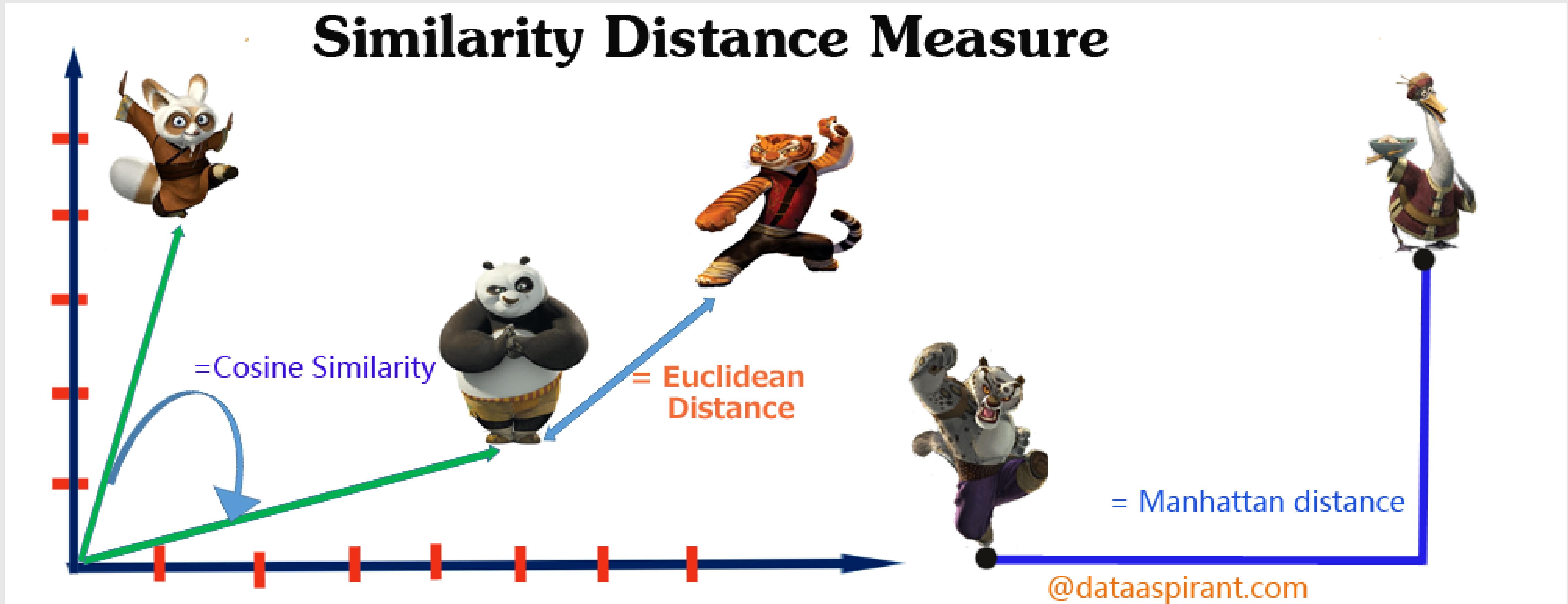
## 4. Clustering: Hierarchical Clustering

- Como agrupar clusters?
  - Distância (afinidade) entre clusters:
    - Euclidiana
    - Manhattan
    - Cosseno

# T

## 4. Clustering: Hierarchical Clustering

- Tipos de distância:



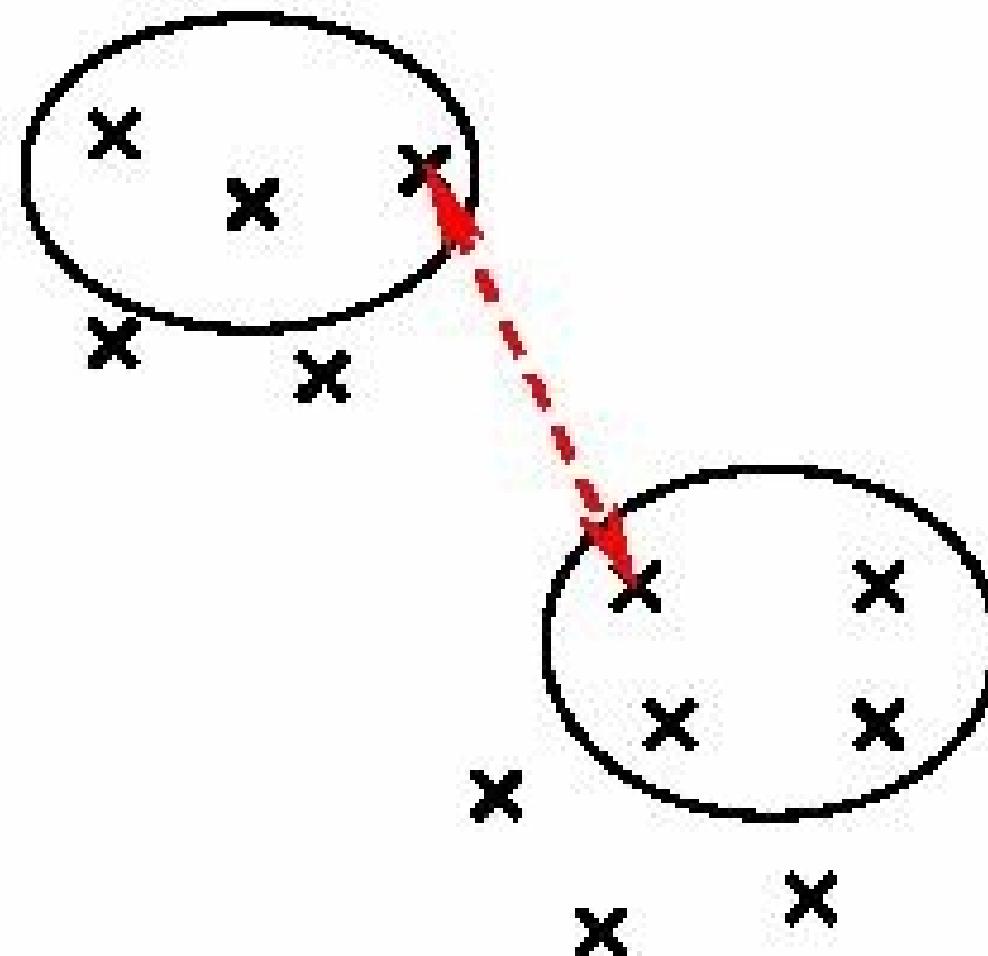
## 4. Clustering: Hierarchical Clustering

- Como agrupar clusters?
  - Tipos de ligação:
    - **Ward**: Mínima variância
    - **Completa**: Máxima distância
    - **Média**: Distância média
    - **Simples**: Menor distância

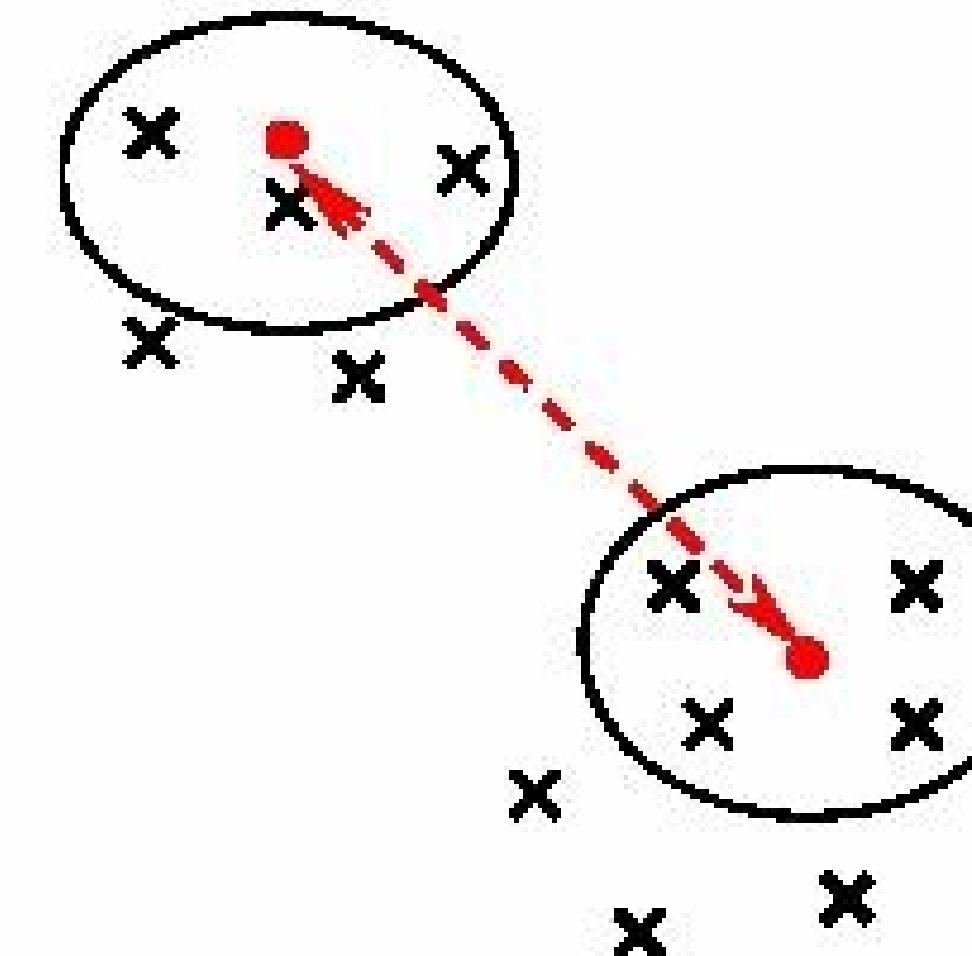
## 4. Clustering: Hierarchical Clustering

- Tipos de ligação:

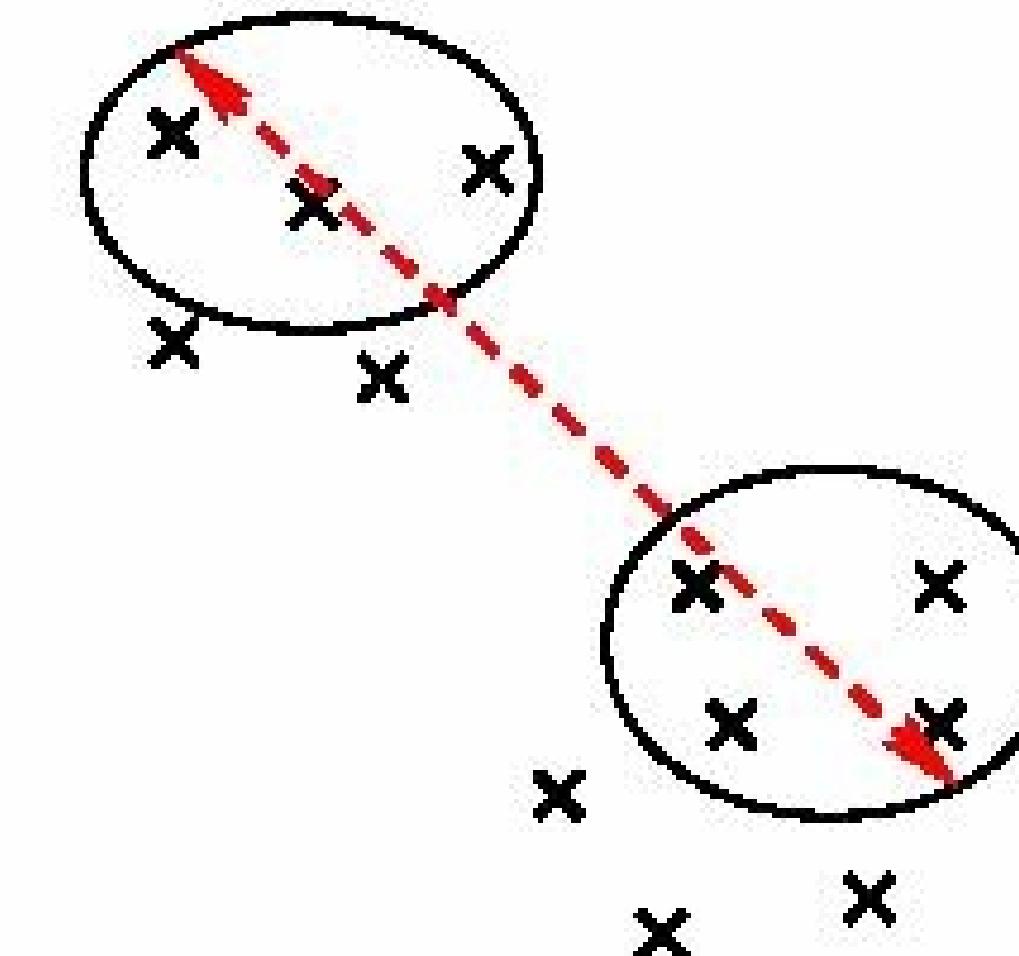
- Simple linkage



- Average linkage



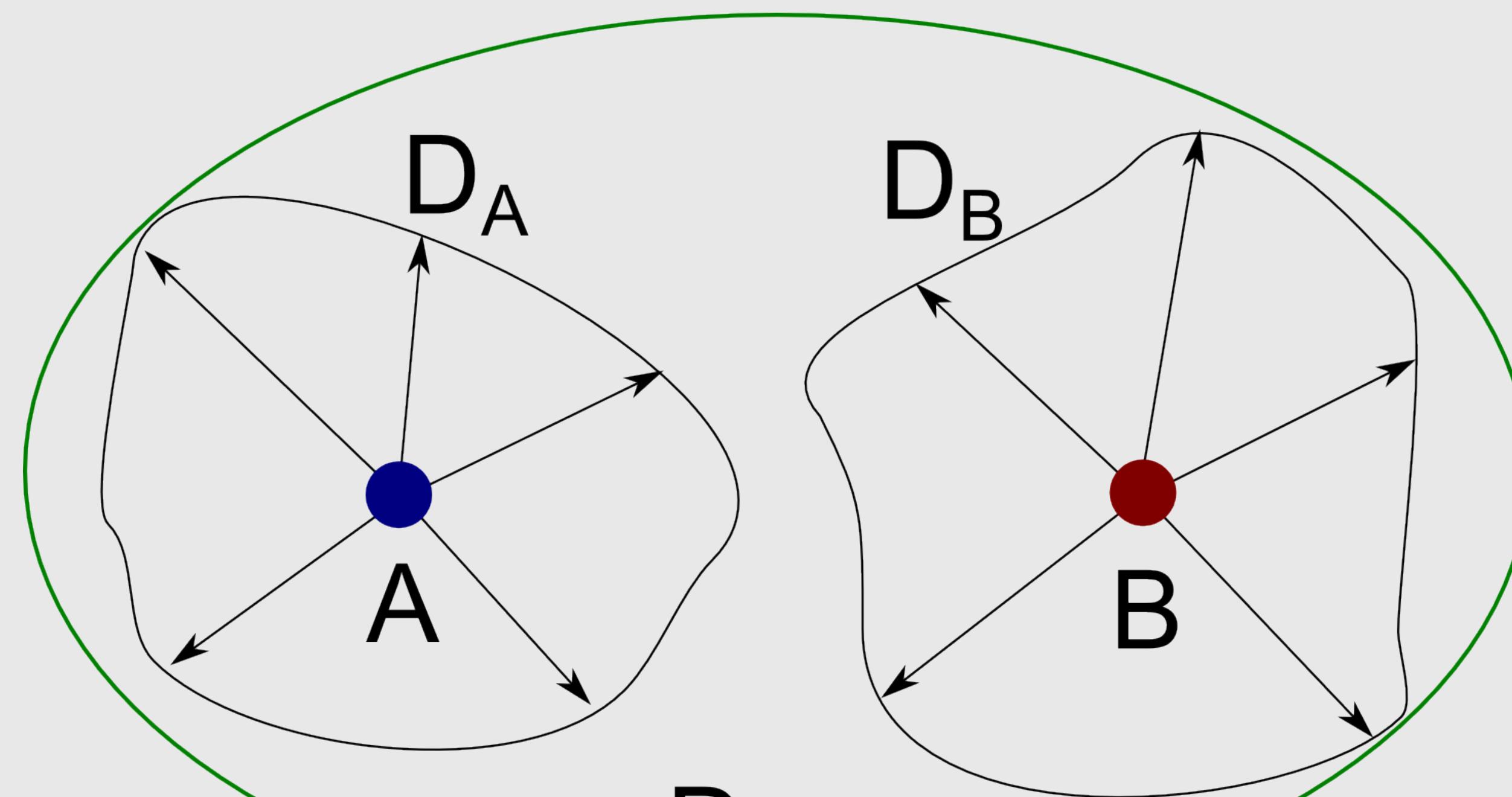
- Complete linkage



## T

## 4. Clustering: Hierarchical Clustering

- Tipos de ligação: **Ward**

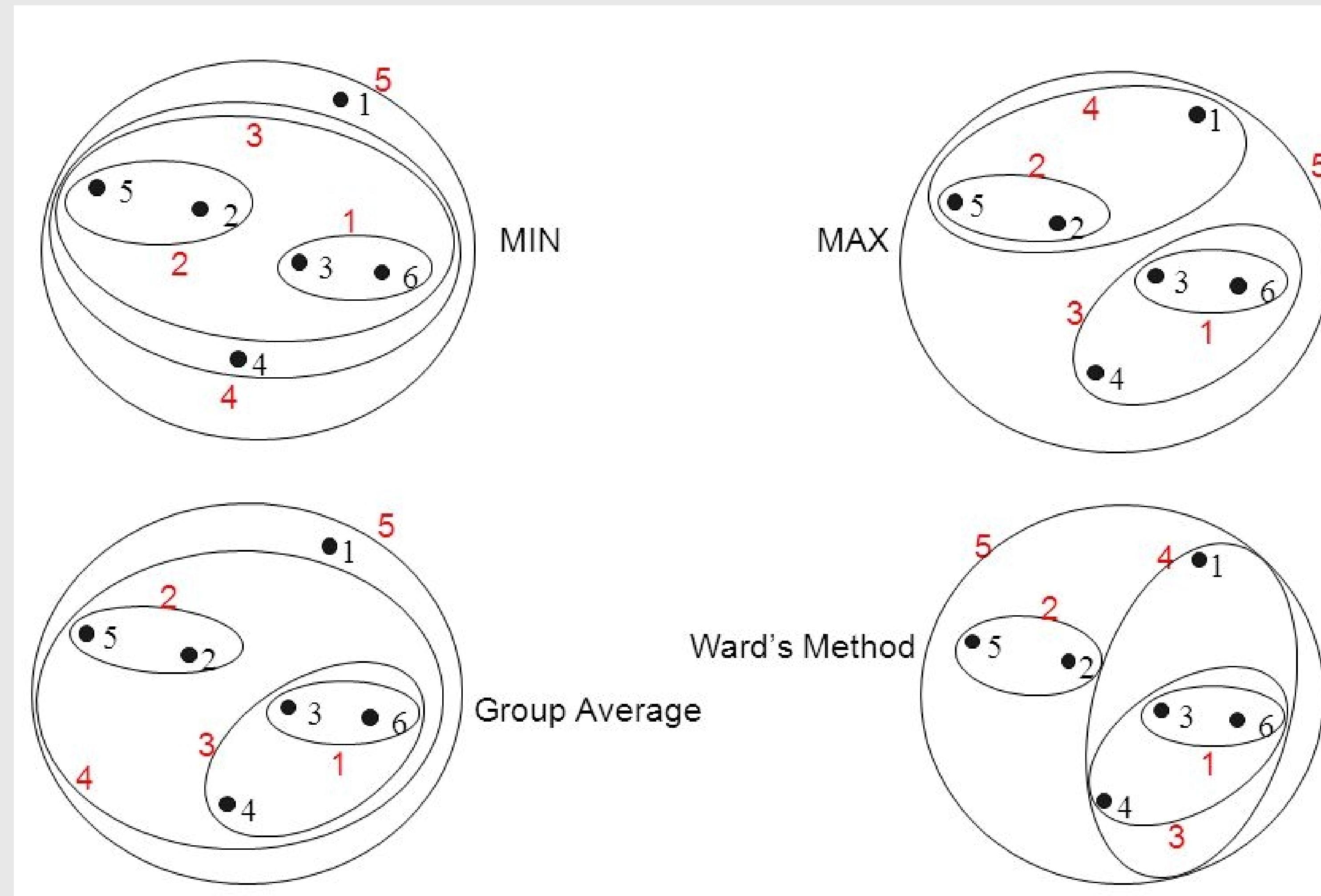


$$\text{Ward} = D_A + D_B - D_{AB}$$

## I

## 4. Clustering: Hierarchical Clustering

- Tipos de ligação: Resultados distintos!



**T**

## 4. Clustering: Hierarchical Clustering

- Exemplo: notebook

## 4. Hierarchical Clustering

- **Vantagens**
  - Algoritmo simples
  - Resultado fácil de ser explicado
  - Não precisa definir o número de clusters
  - Permite analisar as relações entre clusters (hierarquia)
  - Resposta determinística

## 4. Hierarchical Clustering

- **Desvantagens**
  - Inviável com datasets grandes
  - Pode convergir para decisões indesejadas
  - Difícil definir melhor região de corte
  - Depende da escolha de parâmetros de distância e ligação

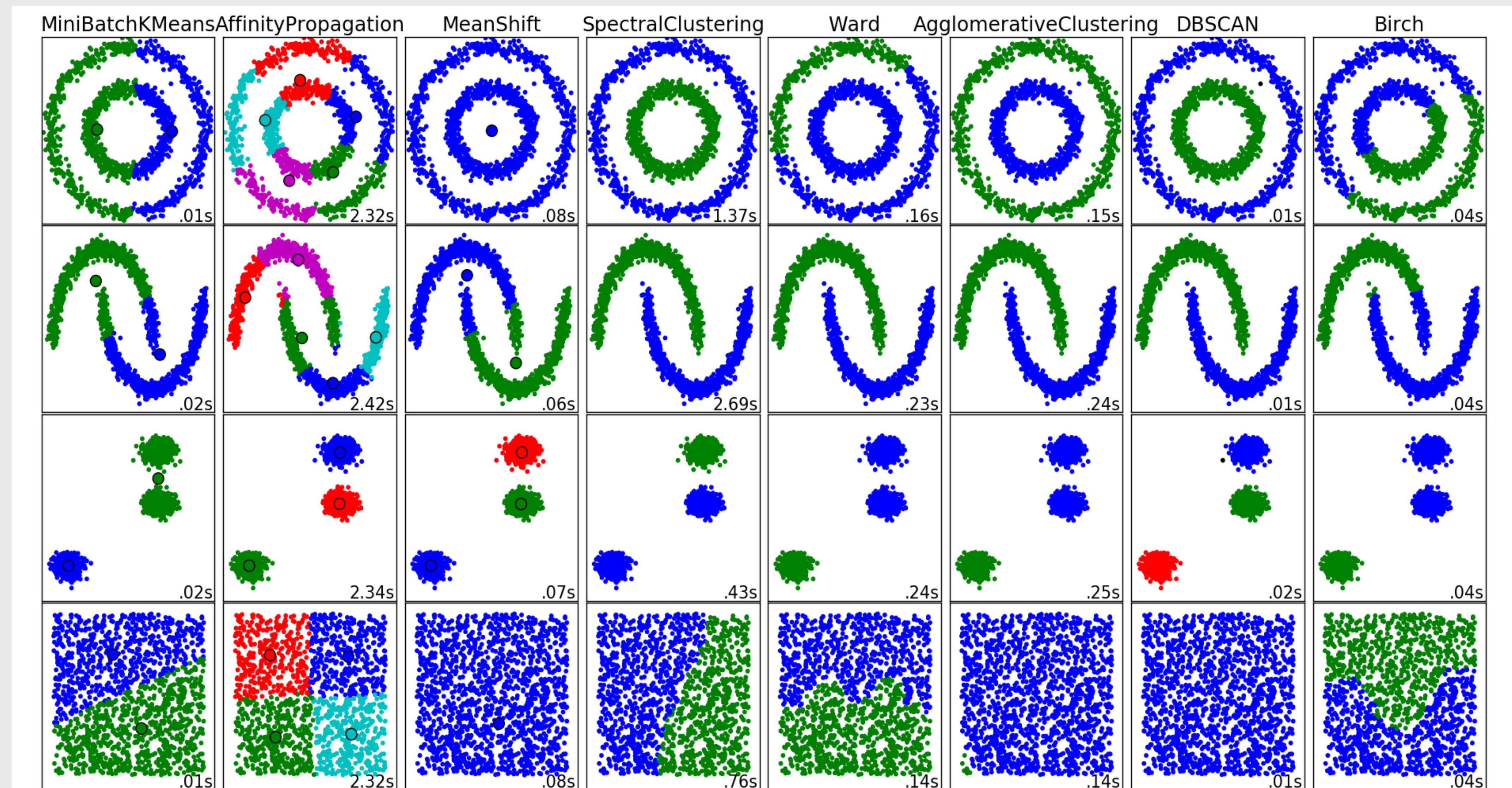
# T

# Clustering

- Outros algoritmos:
  - **Expectation-Maximization (EM)**
  - **Birch**
  - **Spectral Clustering**
  - etc

T

# Clustering



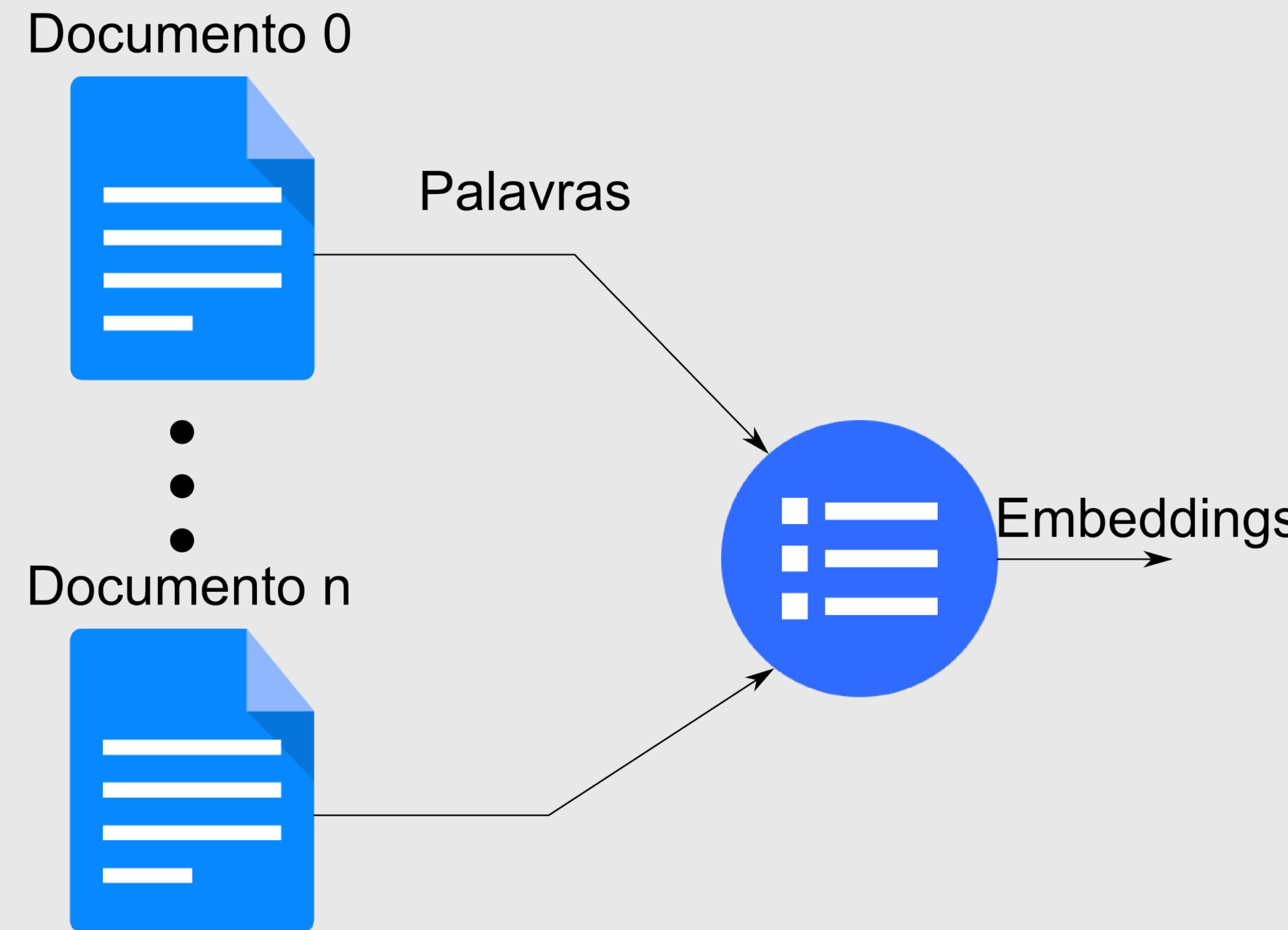
## 5. Clustering NLP

- Objetivos:
  - Encontrar relações entre documentos
  - Relações entre palavras
  - Documentos semelhantes possuem conjuntos de palavras semelhantes

# I

## 5. Clustering NLP

- Vetor de atributos de um texto:



# T

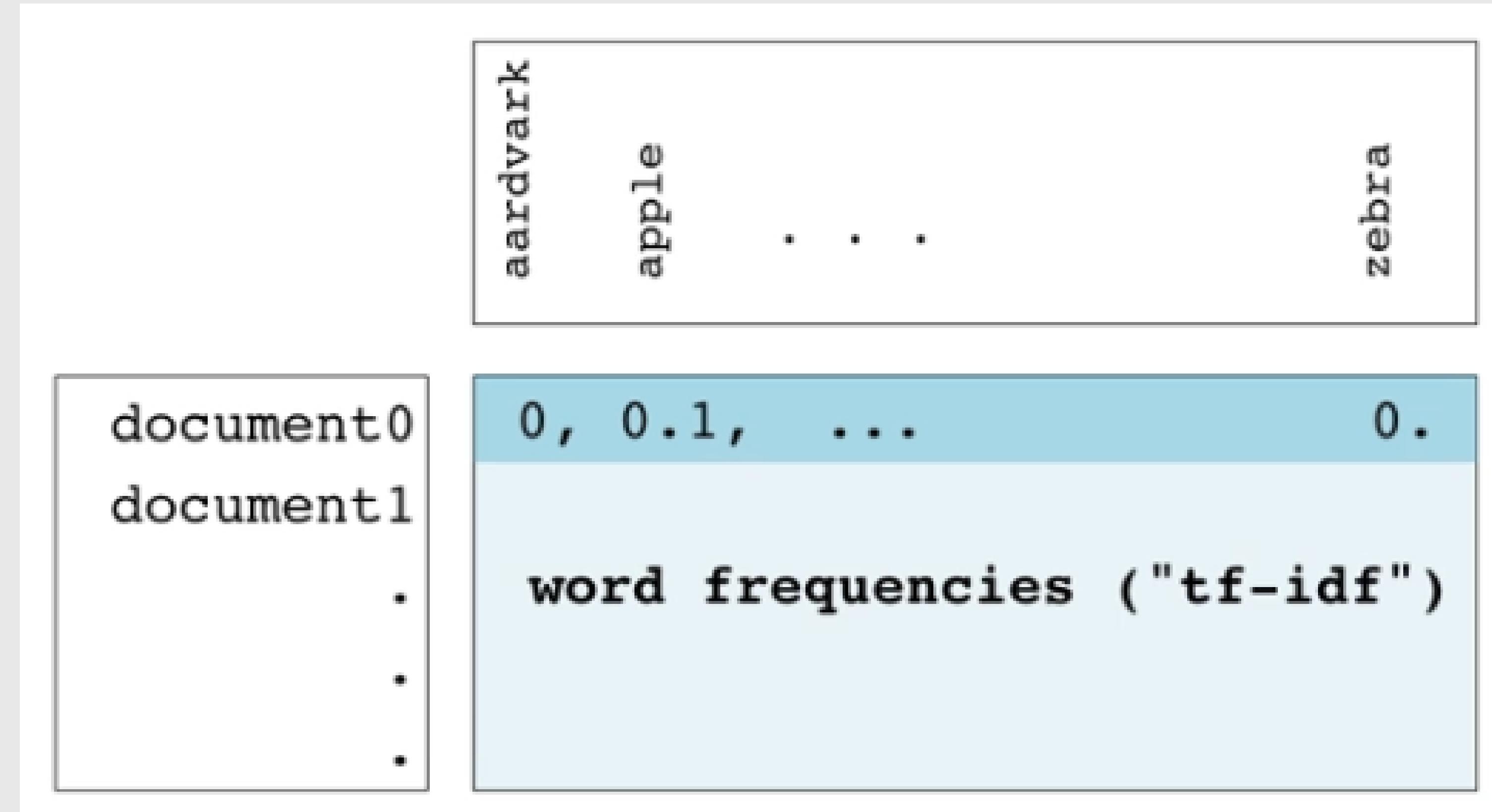
## 5. Clustering NLP

- Vetor de atributos de um texto (embedding) - X:
  - Bag-of-Words
  - TF-IDF
  - Word2Vec
  - Glove
  - ...

# I

## 5. Clustering NLP

- Vetor de atributos de um texto:



# T

## 5. Clustering NLP

- Exemplo: Clustering momento de compras Elo7

# I

# Case Elo7 - Subcategorias

- Navegação categorias Elo7

[elo7](#)

Produtos  Buscar produtos

Cadastrar Entrar

Categorias

- Acessórios
- Aniversário e Festas
- Bebê
- Bijuterias
- Bolsas e Carteiras
- Casa
- Casamento
- Convites
- Decoração
- Doces
- Eco
- Infantil
- Jogos e Brinquedos
- Jóias
- Lembrancinhas
- Papel e Cia
- Pets
- Religiosos
- Roupas
- Saúde e Beleza
- Técnicas de Artesanato
- Materiais para artesanato

bazar do elo7

Produtos incríveis escolhidos pelas influenciadoras

**CONFIRA**

Saída Maternidade Bata Flor Goli...  
Tchukinhos  
R\$ 99,90

Convite de Casamento - 240g  
Conviteria Royale  
R\$ 1,50 R\$ 1,90

Livro do bebê elefantinho  
Mundo de Jozi  
R\$ 186,19

Pingente acrílico pezinho cristal  
Vânia Campos Lembrancinhas  
R\$ 0,34 R\$ 0,40

Bandana Pet Limonada Geladinh...  
Estilo Peludo  
R\$ 21,90 R\$ 24,90

Lugar Americano com Renda  
Mimi ateliê  
R\$ 12,90

Kit 3 Vasos Concreto Grecchi c/s...  
SANTO CONCRETO  
R\$ 76,70 R\$ 80,70

Vaso de Cimento Catedral  
Deckler Garten  
R\$ 44,90

# I

# Case Elo7 - Subcategorias

- Navegação categorias Elo7

N1

Categorias

- Acessórios
- Aniversário e Festas
- Bebê
- Bijuterias
- Bolsas e Carteiras
- Casa
- Casamento
- Convites
- Decoração
- Doces
- Eco
- Infantil
- Jogos e Brinquedos
- Jóias
- Lembrancinhas
- Papel e Cia
- Pets
- Religiosos
- Roupas
- Saúde e Beleza
- Técnicas de Artesanato

bazar do elo7

Produtos incríveis escolhidos pelas influenciadoras

**CONFIRA**

Saída Maternidade Bata Flor Goli...  
Tchukinhos  
R\$ 99,90

Convite de Casamento - 240g  
Conviteria Royale  
R\$ 1,50 R\$ 1,90

Livro do bebê elefantinho  
Mundo de Jozi  
R\$ 186,19

Pingente acrílico pezinho cristal  
Vânia Campos Lembrancinhas  
R\$ 0,34 R\$ 0,40

Bandana Pet Limonada Geladinh...  
Estilo Peludo  
R\$ 21,90 R\$ 24,90

Lugar Americano com Renda  
Mimi ateliê  
R\$ 12,90

Kit 3 Vasos Concreto Grecchi c/s...  
SANTO CONCRETO  
R\$ 76,70 R\$ 80,70

Vaso de Cimento Catedral  
Deckler Garten  
R\$ 44,90

# I

# Case Elo7 - Subcategorias

- Navegação categorias Elo7

The image shows two screenshots of the Elo7 website illustrating the navigation process.

**Left Screenshot (N1):** The main categories page. A blue arrow points to the 'Casamento' button in the 'Casa' section of the sidebar. Below the sidebar, there are product cards for a peach-colored baby dress, a floral invitation card, a green and yellow bandana, and a white place setting.

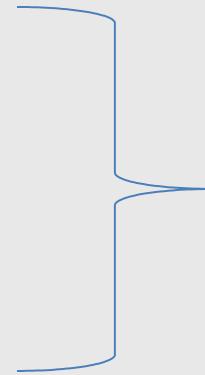
**Right Screenshot (N2):** The 'Casamento' subcategory page. A red box highlights the 'Casamento' button in the sidebar. The sidebar lists various sub-categories: Acessórios para Noiva, Alianças, Arranjo para Noiva, Arvore de Assinaturas, Bodas de Ouro, Bodas de Prata, Boneca Piriguete, Bonecas para Daminha, Brincos para Noiva, Buquê de Broches, Buquê de Noiva, Cabide dos Noivos, Casquete para Noiva, Convites, Daminha, Decoração, Enxoval, Fascinator, Headband para Noiva, Lágrimas de Alegria, Lapela de Noivo, Lembrancinhas, Lembrancinhas de Noivado, Lembrancinhas para Padrinhos. Below the sidebar, there are product cards for a bride and groom figurine, a lace cushion, a personalized phone case, and a diamond headband.

# I Case Elo7 - Subcategorias

- Árvore de categorias do Elo7:
  - Limitada a dois níveis (N1 e N2)
  - Usabilidade baixa para o comprador e vendedor
  - Consequência: produtos mal categorizados (ciclo vicioso)

# I Case Elo7 - Subcategorias

- Desejo do Elo7:
  1. Aumentar granularidade das categorias (mais níveis)
  2. Automatizar o processo de “subcategorização” dos produtos
  3. Subcategorias devem ter hierarquia

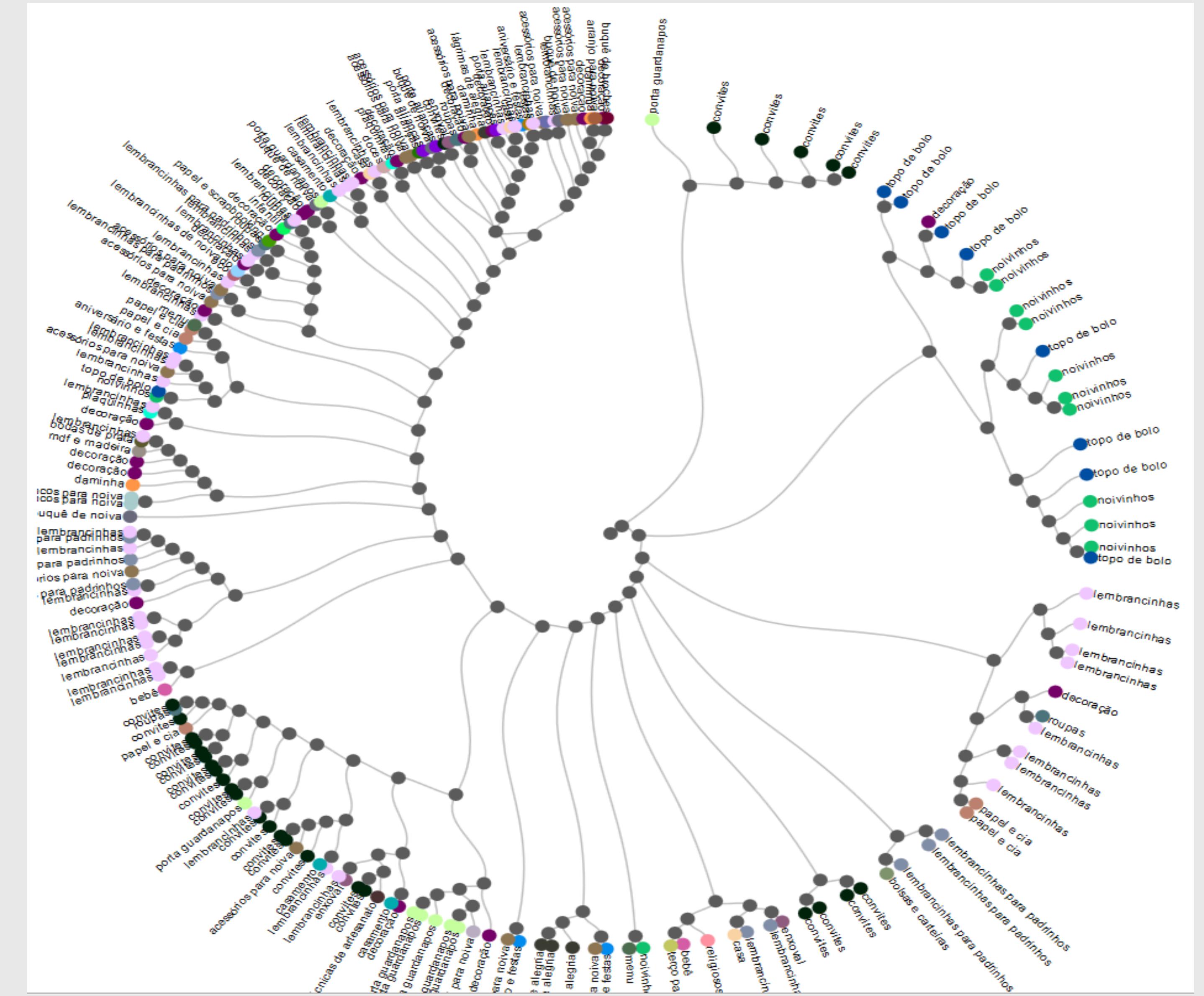


Clustering

# I

# Case Elo7 - Subcategorias

- Dendrograma dos produtos de casamento



T

OBRIGADO!