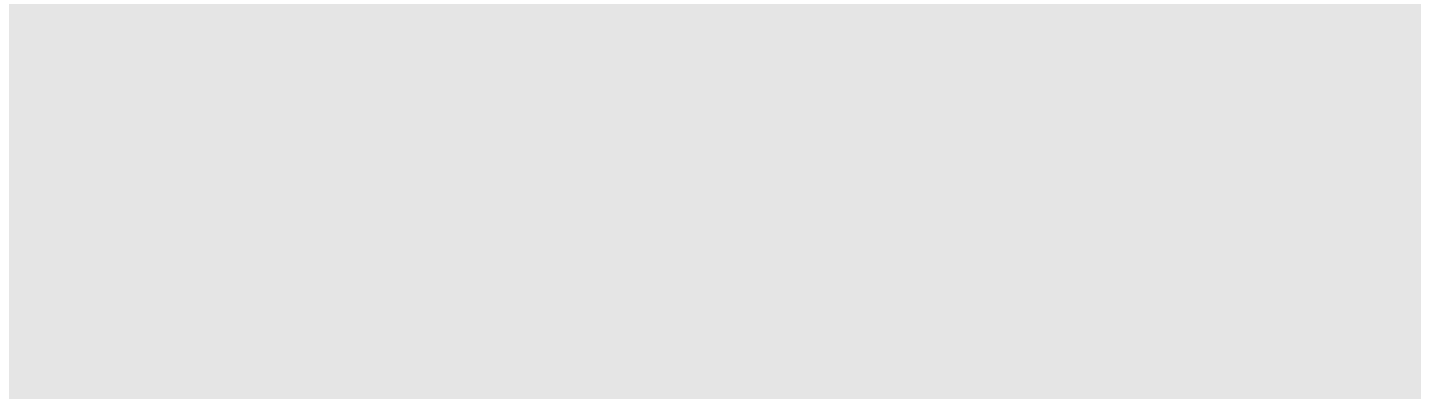


# Inteligência Artificial


Algoritmo Genético aplicado a um  
problema Multiobjetivo






**MATHEUS LÔBO DOS SANTOS**

## Contato

 [Matheuslobo.eng@gmail.com](mailto:Matheuslobo.eng@gmail.com)

 [matheuslobo.com](http://matheuslobo.com)

 @thematheusls

**DOUTORADO EM ANDAMENTO EM ENGENHARIA ELÉTRICA.  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO, UFPE, BRASIL.  
2023 – EM ANDAMENTO**

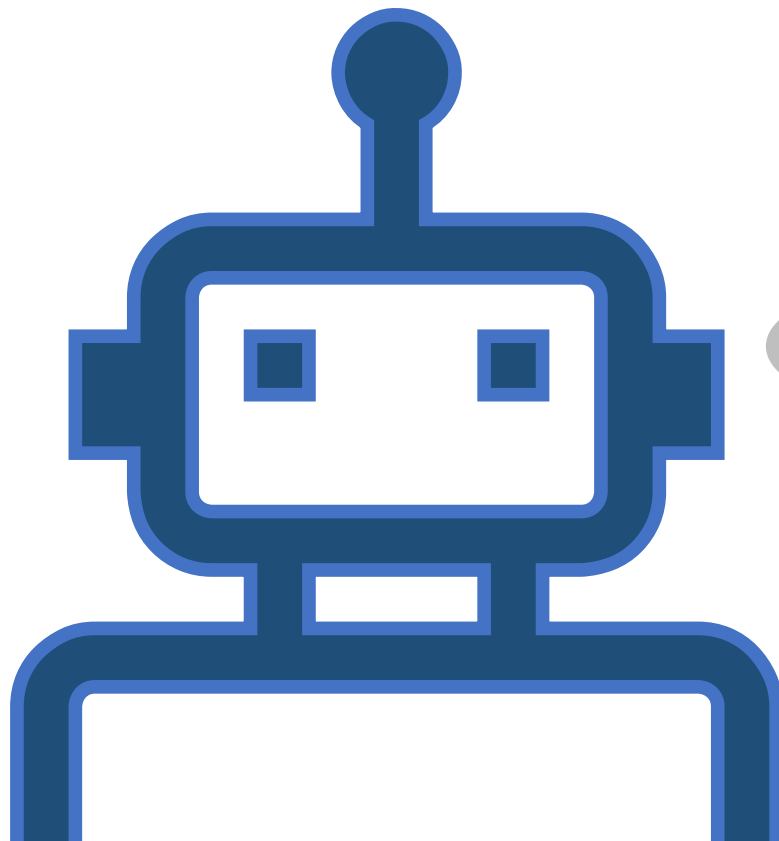
**TÍTULO: APRENDIZADO DE MÁQUINA PARA ALOCAÇÃO DO  
ESPECTRO EM REDES ÓPTICAS ELÁSTICAS**

**PROFESSOR DE ENGENHARIAS  
CENTRO UNIVERSITÁRIO TIRADENTES, UNIT AL, BRASIL  
2022 — 2023**

**MESTRADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA (UFPE)  
2019 — 2021**

**ABORDAGENS PARA ATRIBUIÇÃO DE ESPECTRO EM REDES ÓPTICAS  
ELÁSTICAS BASEADAS EM PERDA DE CAPACIDADE SOB MÚLTIPLAS  
ROTAS**

**GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECATRÔNICA (UNIT)  
2013 — 2018**



O que é Inteligência  
Artificial?

# MACHINE LEARNING

## Supervised-Learning

## Unsupervised-Learning

### Classification

### Clustering

K-MEANS

Hierarchical

Gaussian Mixture

Artificial Neural NETWORKS (ANN)

Particle Swarm (PSO)

Genetic Algorithm (GA)

Artificial Bee Colony (ABC)

Grey Wolf (GWO)

Optimization  
Algorithms

EVOLUTIONARY COMPUTATION

### Regression

Artificial Neural NETWORKS (ANN)

Support Vector Machine (SVM)

K-Nearest Neighbor

Artificial Neural NETWORKS (ANN)

Support Vector Regression (SVR)

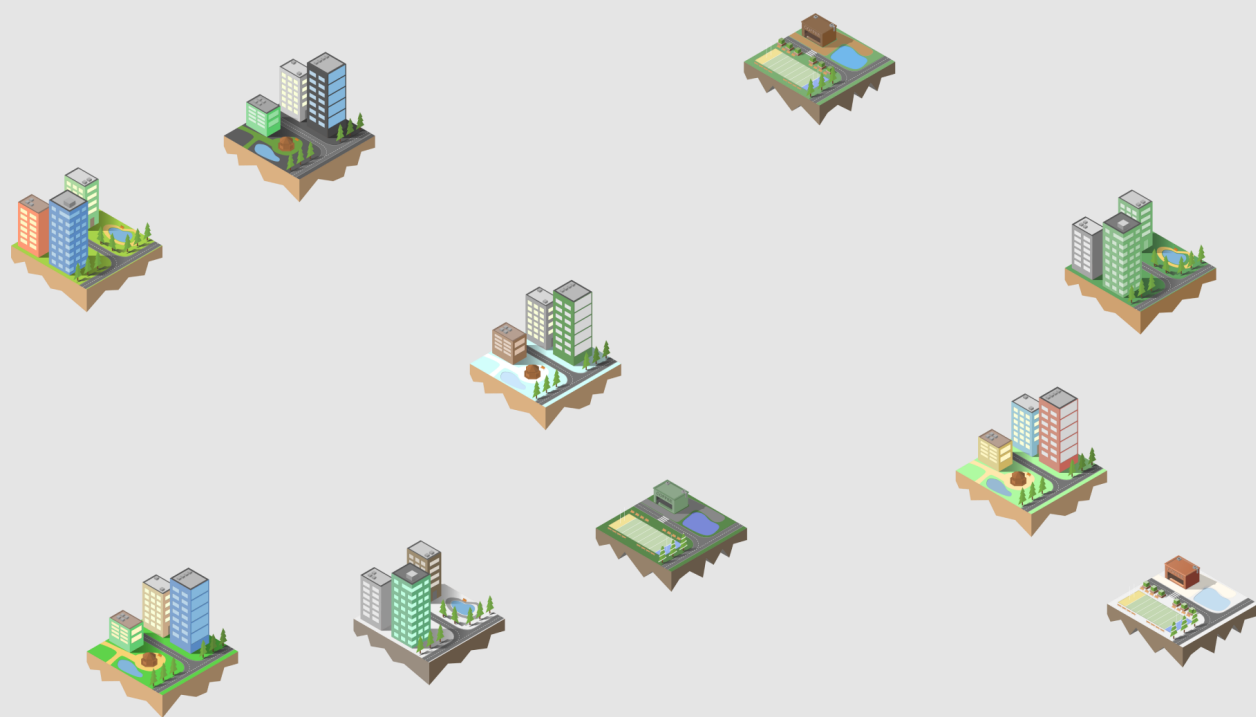
Decision Trees

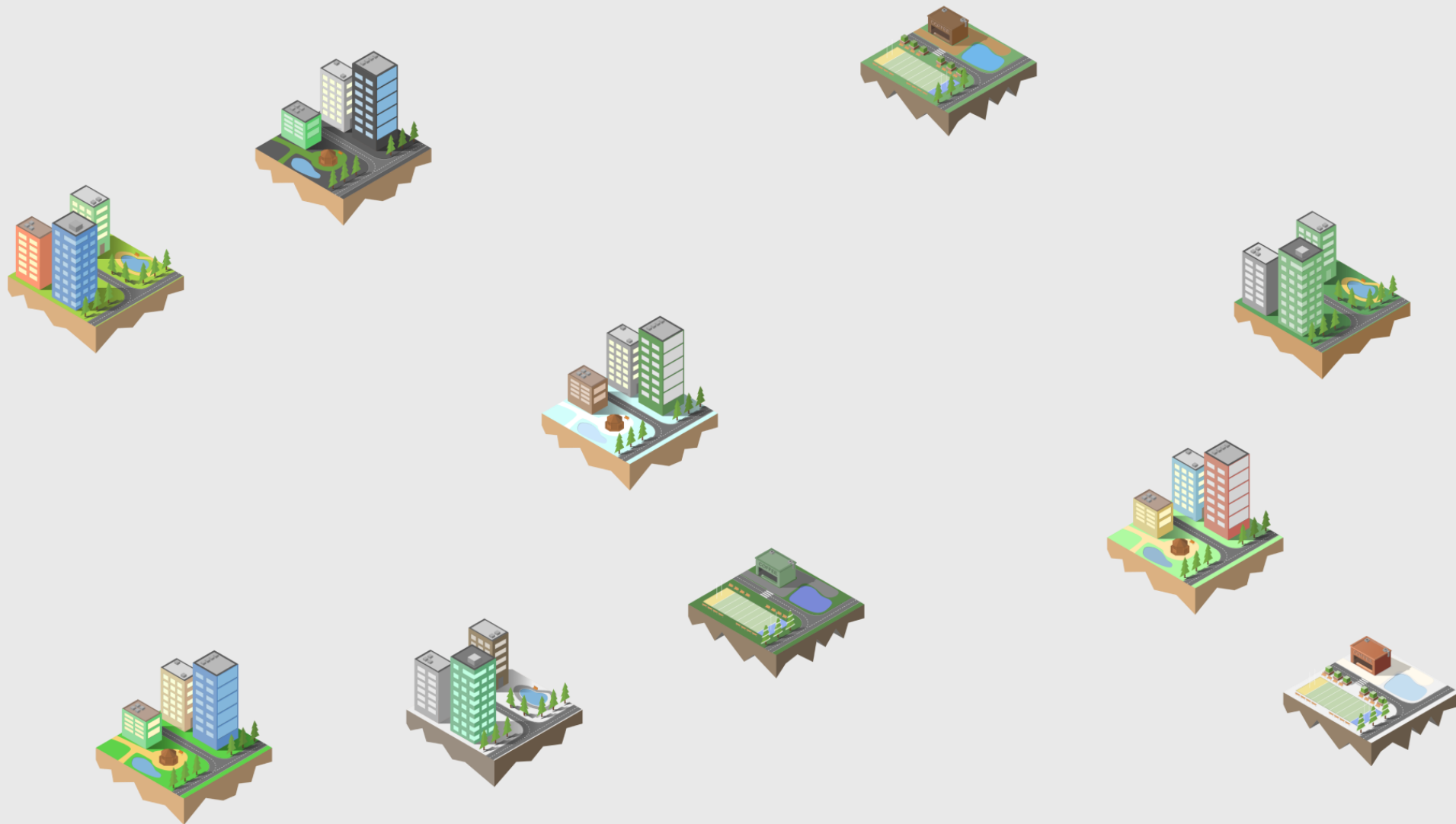
Ensemble Method

Linear Regression

# O que é o Problema do Caixeiro-Viajante?

O Problema do Caixeiro Viajante (TSP, da sigla em inglês) é um problema que tenta determinar a menor rota para percorrer uma série de cidades (visitando uma única vez cada uma delas), retornando à cidade de origem.





# Complexidade do Problema

Para 10 cidades:  
 $10! = 3.628.800$

Para 20 cidades:  
 $20! = 2.4 \times 10^{18}$



- Problema de otimização NP-difícil;
- O número de soluções disponíveis é dado pelo fatorial do número de cidades.

# Algoritmo Genético

Algoritmos Genéticos são algoritmos heurísticos de busca, que utilizam regras baseadas numa metáfora do processo evolutivo do proposto por Charles Darwin.

Eles simulam o mecanismo evolucionário dos sistemas biológicos naturais, onde os indivíduos mais adaptados têm maior probabilidade de sobreviver e se reproduzir.



# Algoritmo Genético

Cada indivíduo da população tem um cromossomo e representa uma solução candidata ao problema.

Os indivíduos evoluem através de iterações sucessivas chamadas de **gerações**.

Processos de seleção, cruzamento e mutação são responsáveis por criar as novas gerações.

# Algoritmo Genético

Cada indivíduo da população tem um cromossomo e representa uma solução candidata ao problema.

Os indivíduos evoluem através de iterações sucessivas chamadas de **gerações**.

Processos de **seleção**, **cruzamento** e **mutação** são responsáveis por criar as novas gerações.

# Algoritmo Genético

A **seleção** escolhe indivíduos conforme sua aptidão, para depois combiná-los através do operador de cruzamento.

O operador de **cruzamento** combina características de cromossomos selecionados, gerando novos indivíduos que mantêm características de seus pais.

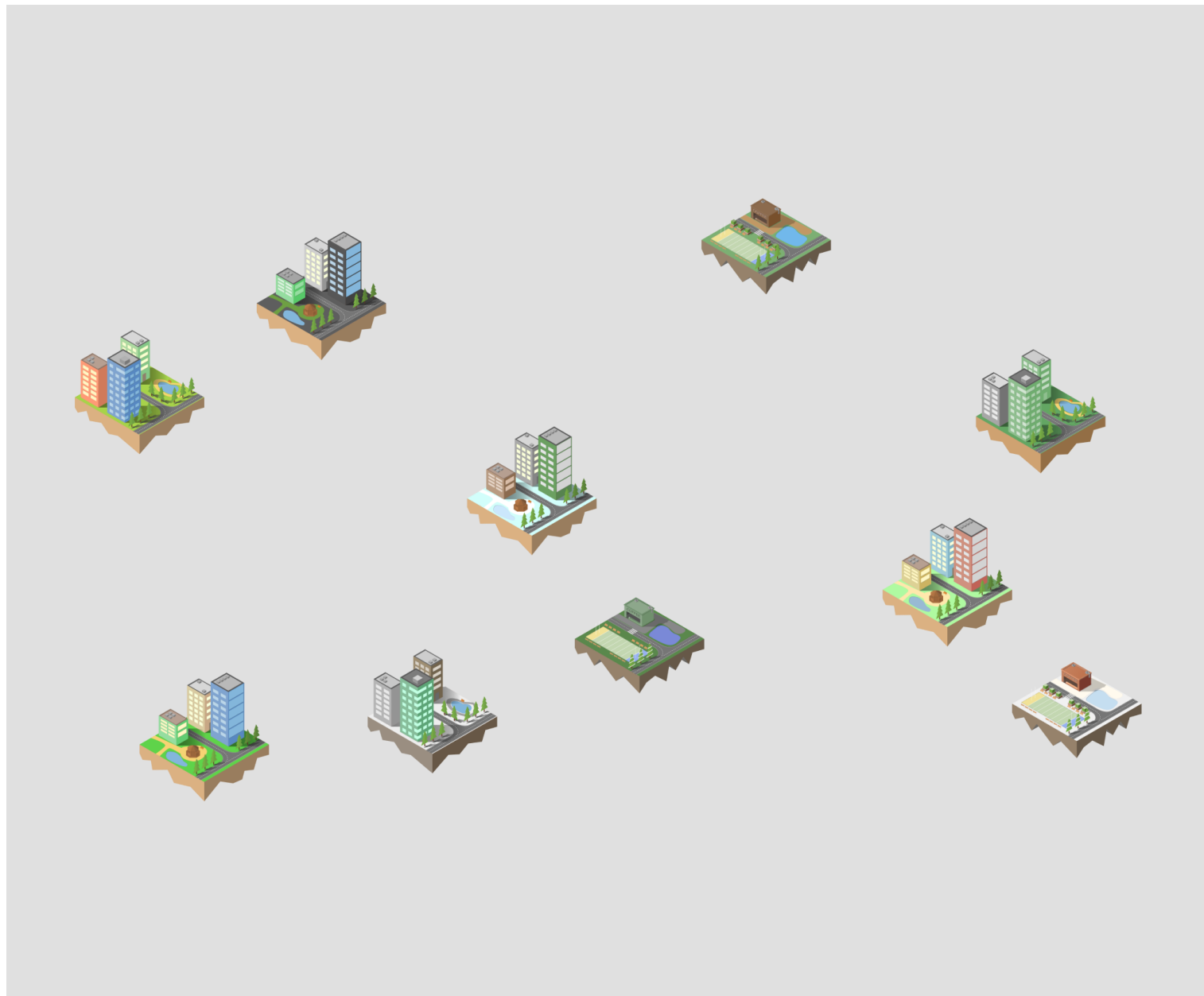
Posteriormente, estes novos indivíduos podem ser modificados pelo operador de **mutação**.

# Algoritmo Genético

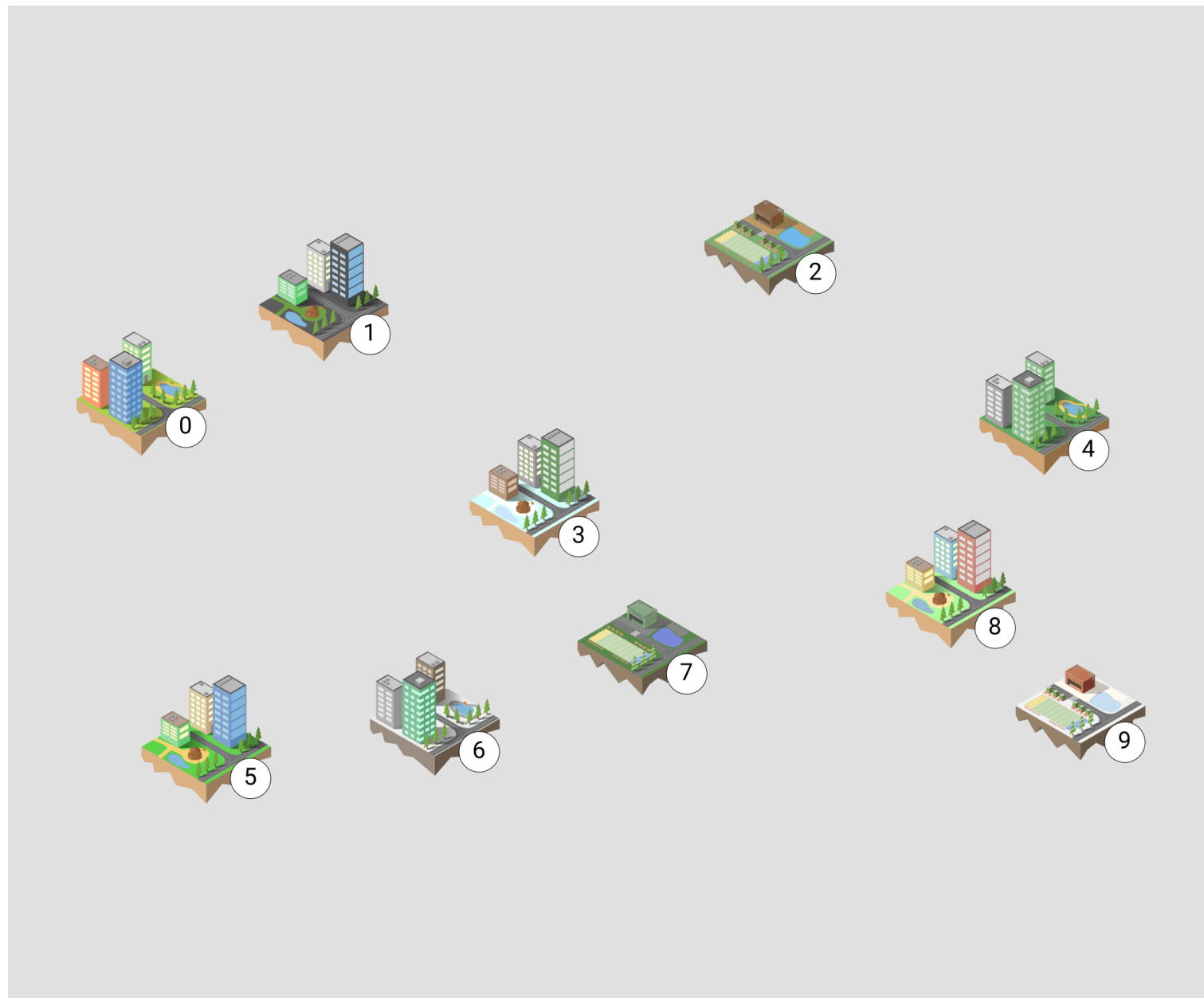
## Componentes necessários:

1. Geração (Cria a população);
2. Avaliação (Avalia o desempenho do indivíduo);
3. Cruzamento (Criar novos indivíduos);
4. Mutação (Altera os genes dos indivíduos);

# Como Representar um Indivíduo?



# Como Representar um Indivíduo?



# Como Representar um Indivíduo?

- Indivíduo 1 = [1, 3, 7, 4, 0, 2, 9, 8, 5, 6]
- Indivíduo 2 = [6, 3, 7, 9, 5, 1, 8, 2, 0, 4]





# Criação da População

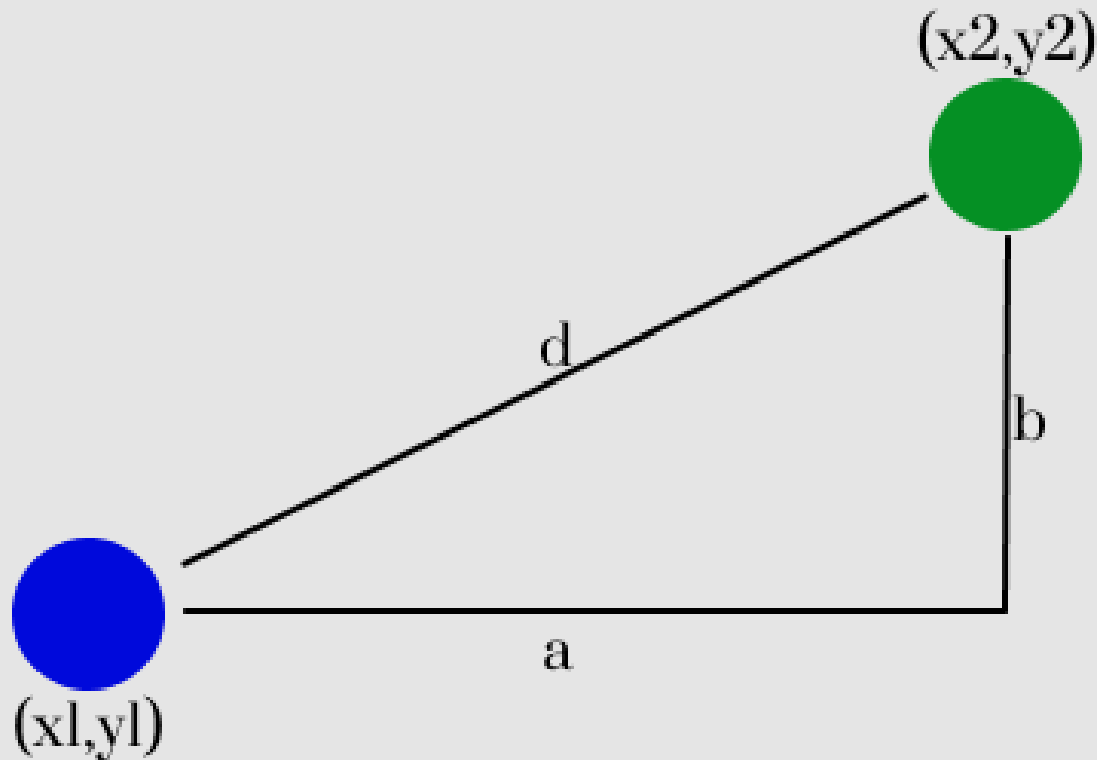
---



# Métricas para a Avaliação

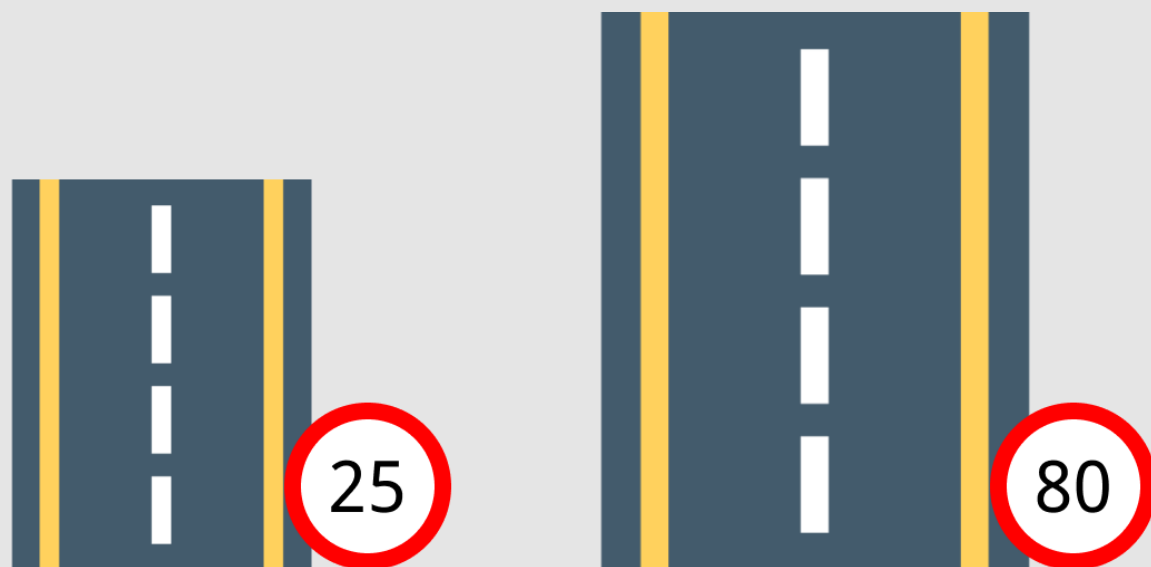
- Distância total da viagem;
- Tempo total de viagem.

# Distância da Viagem

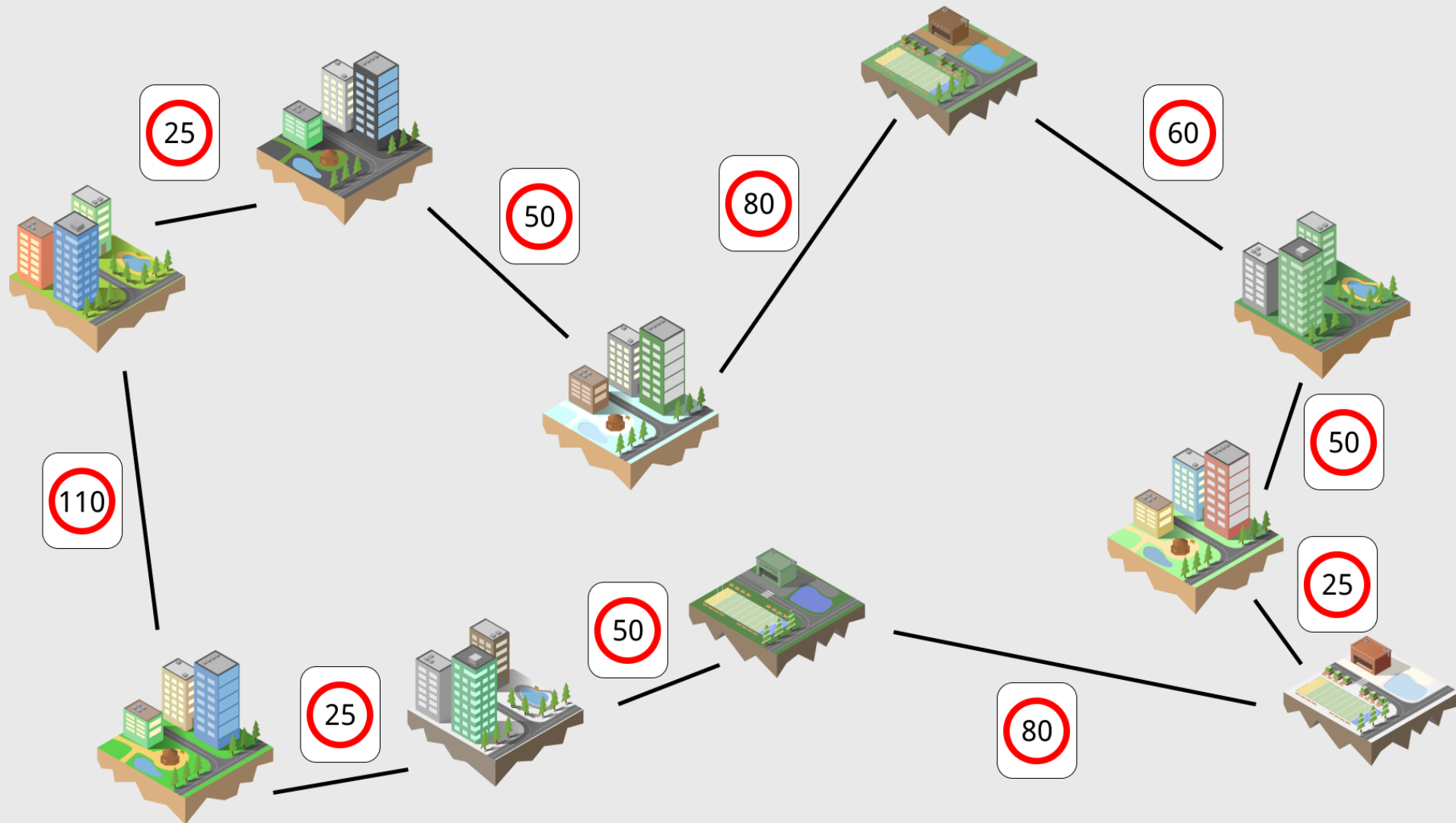


- Cada cidade é representada por uma coordenada  $x$  e  $y$ ;
- A distância entre duas cidades é dada pela distância Euclidiana;
- A soma das distâncias entre as cidades representa a distância final da viagem.

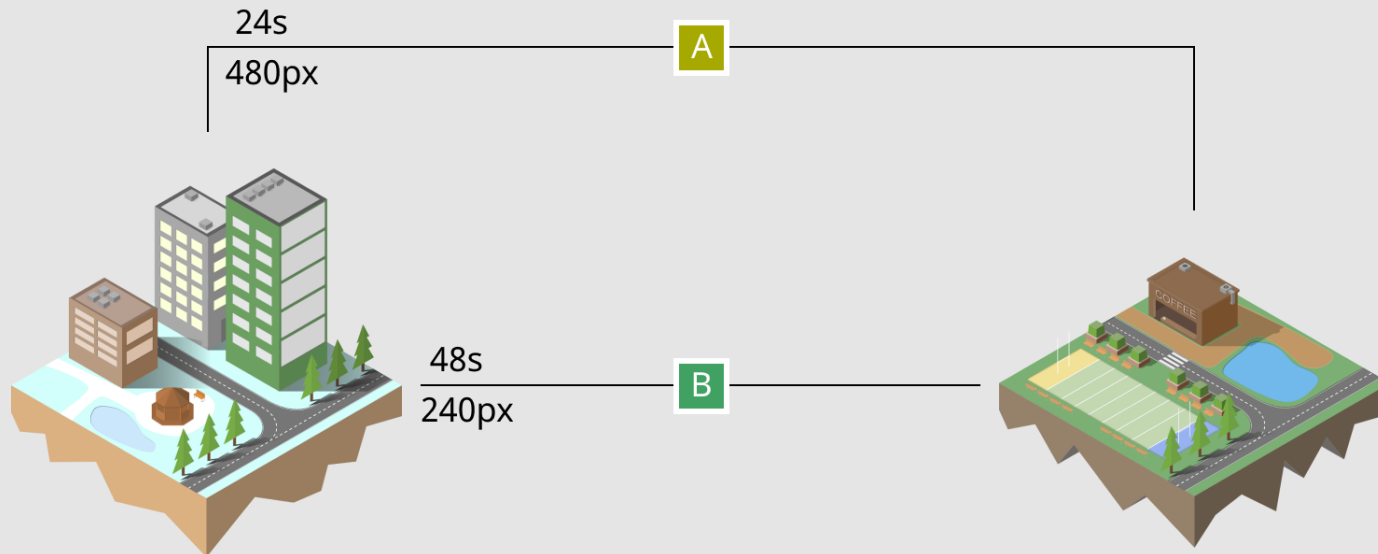
# Tempo de Viagem



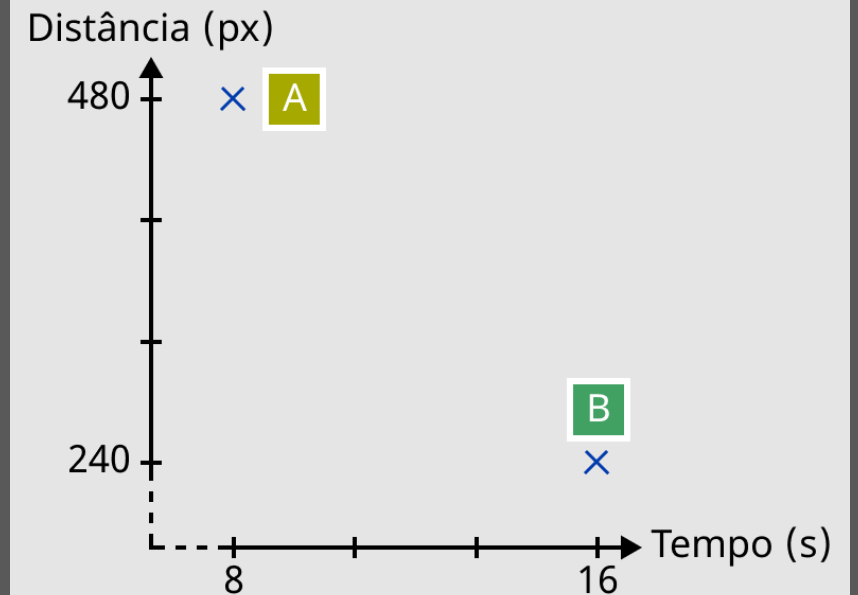
- Cada rota apresenta uma velocidade máxima;
- A matriz de velocidade é impactada pelo comprimento da rota. Rotas maiores, tendem a apresentar velocidades maiores.
- A soma dos tempos entre as cidades representa o tempo final da viagem.



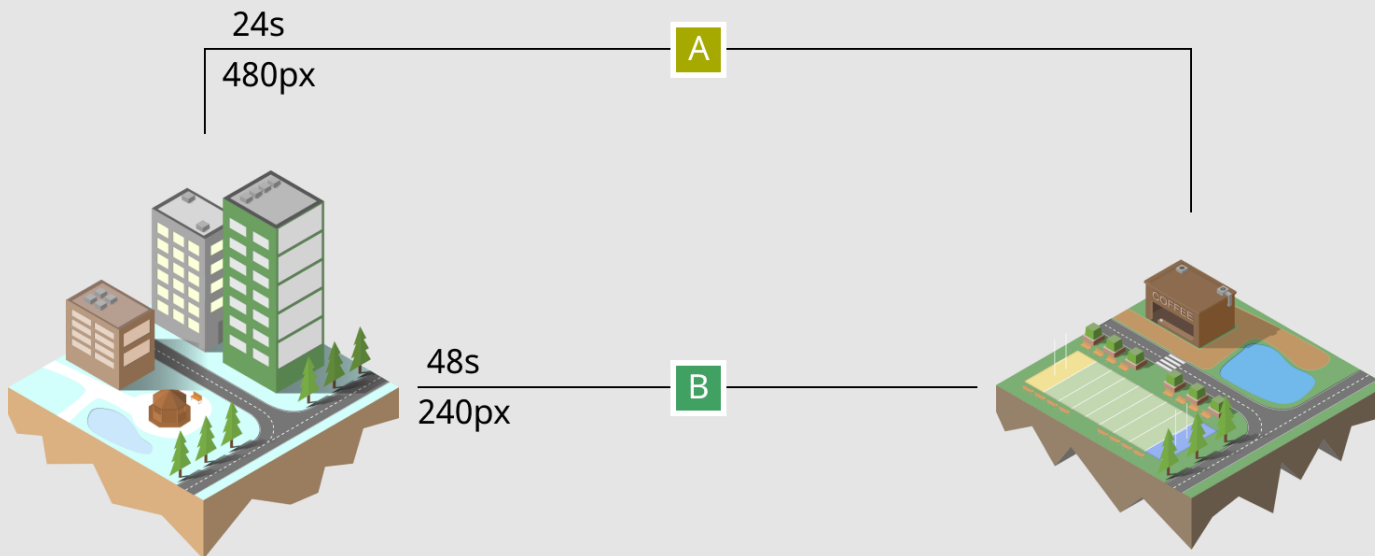
# Como combinar as métricas?



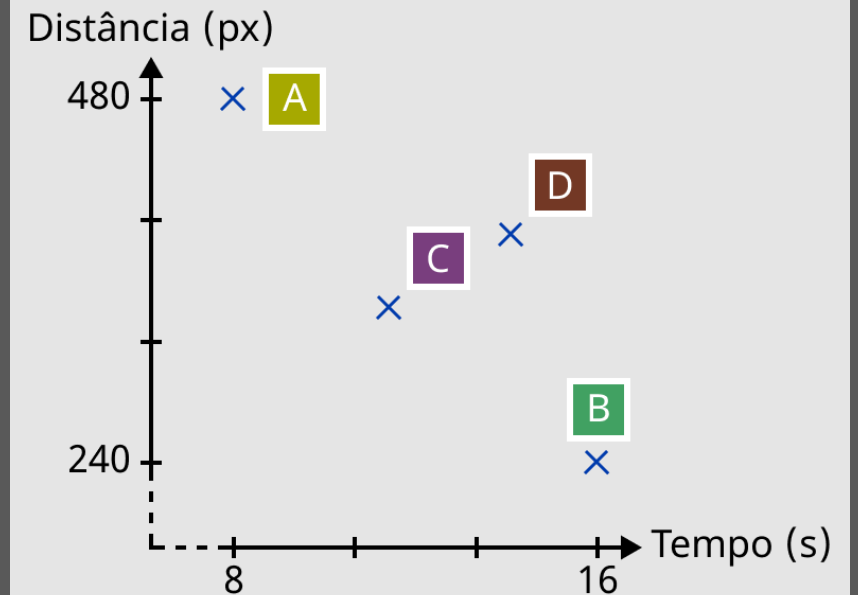
- Quais dos caminhos é o melhor?
- Se tivermos mais caminhos para comparar?

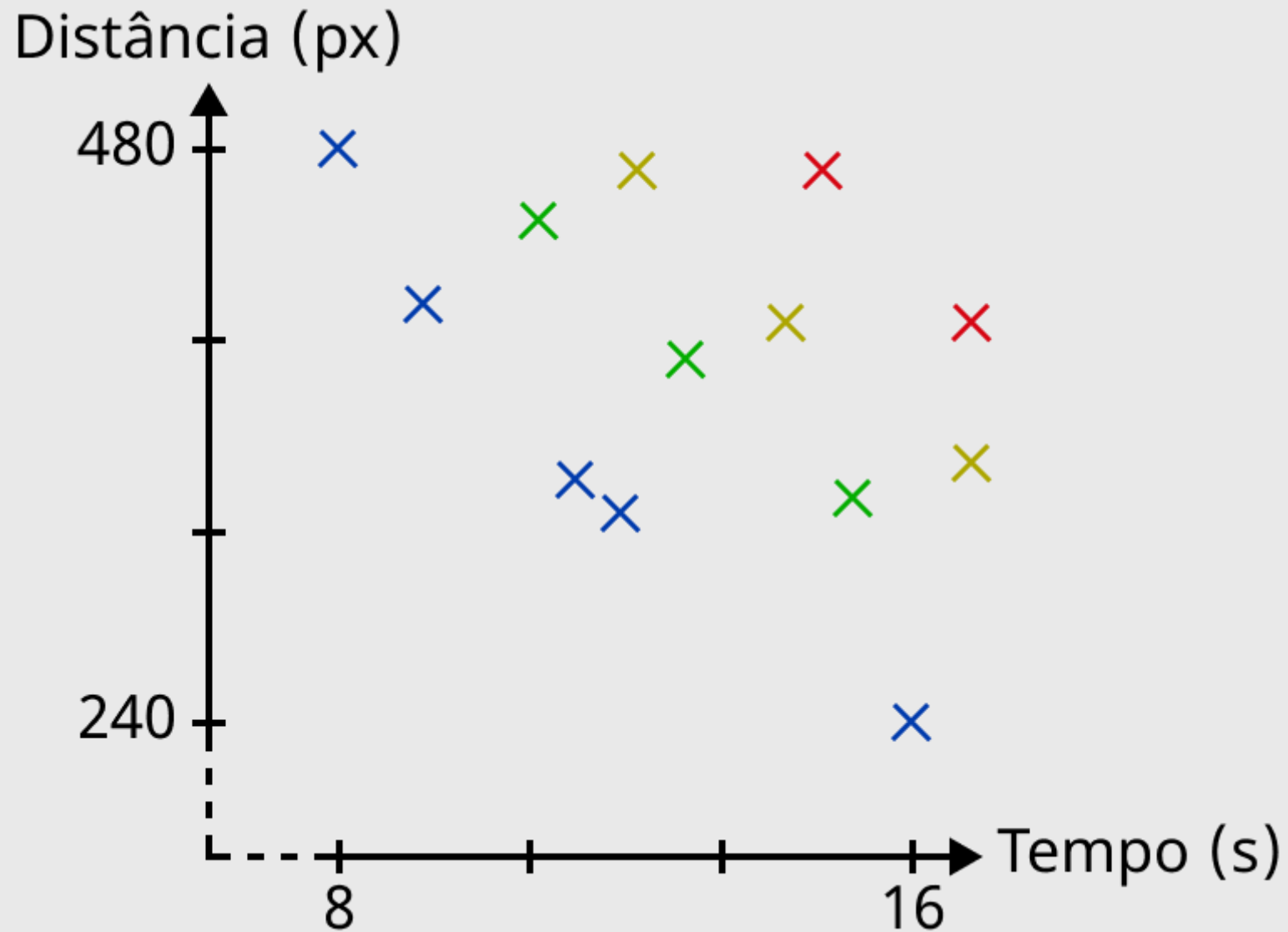


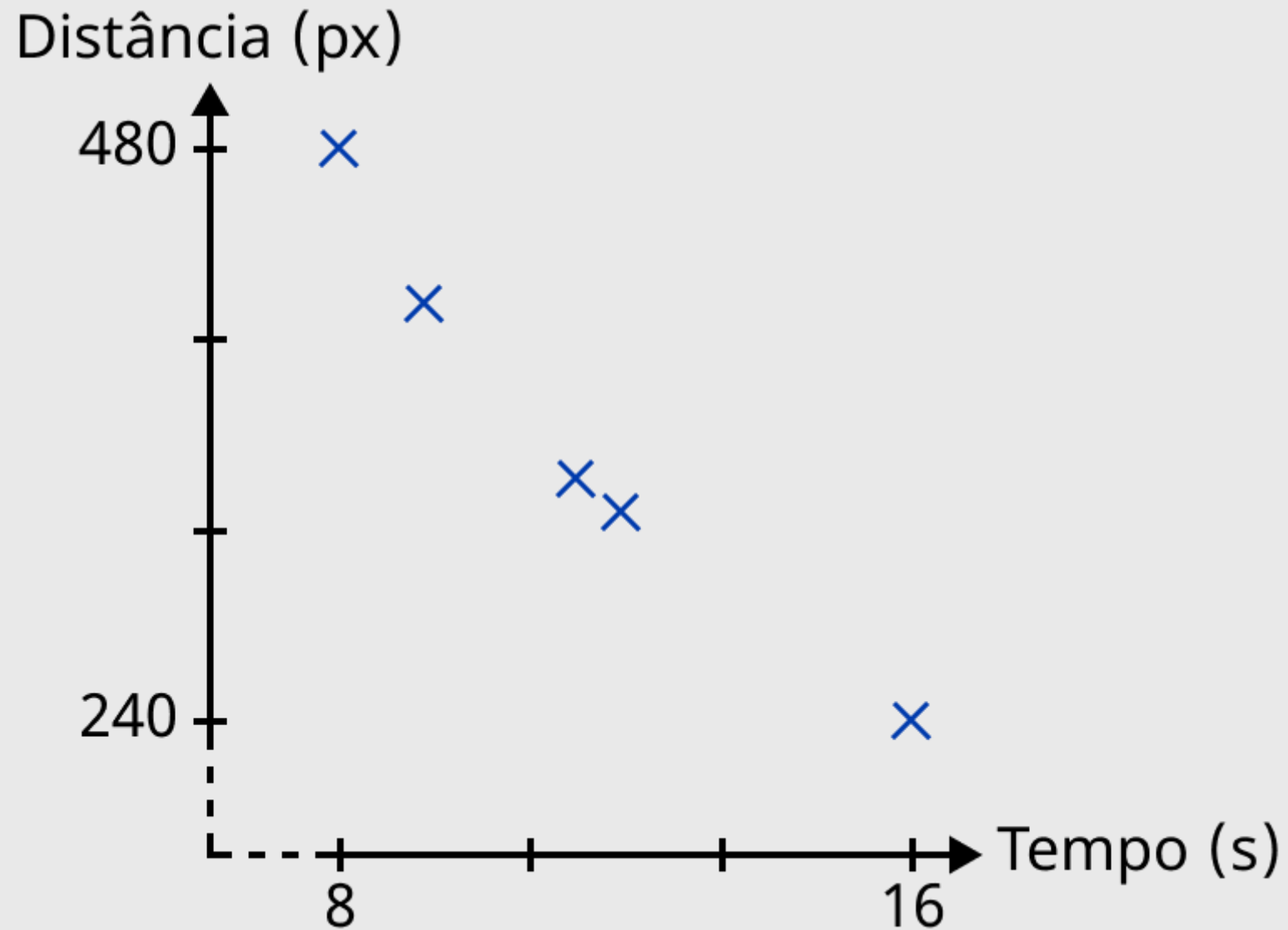
# Como combinar as métricas?



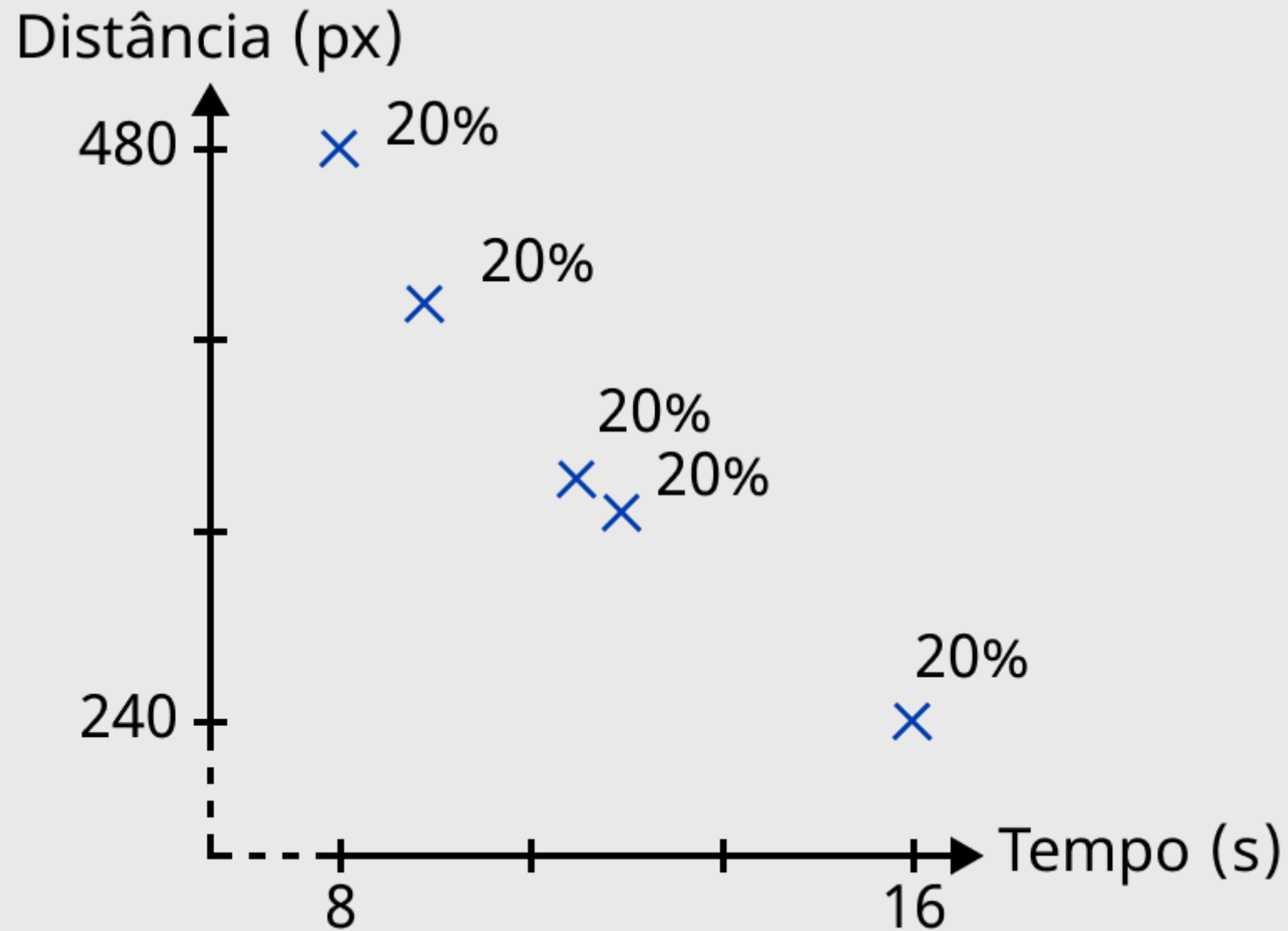
- Quais dos caminhos é o melhor?
- Se tivermos mais caminhos para comparar?

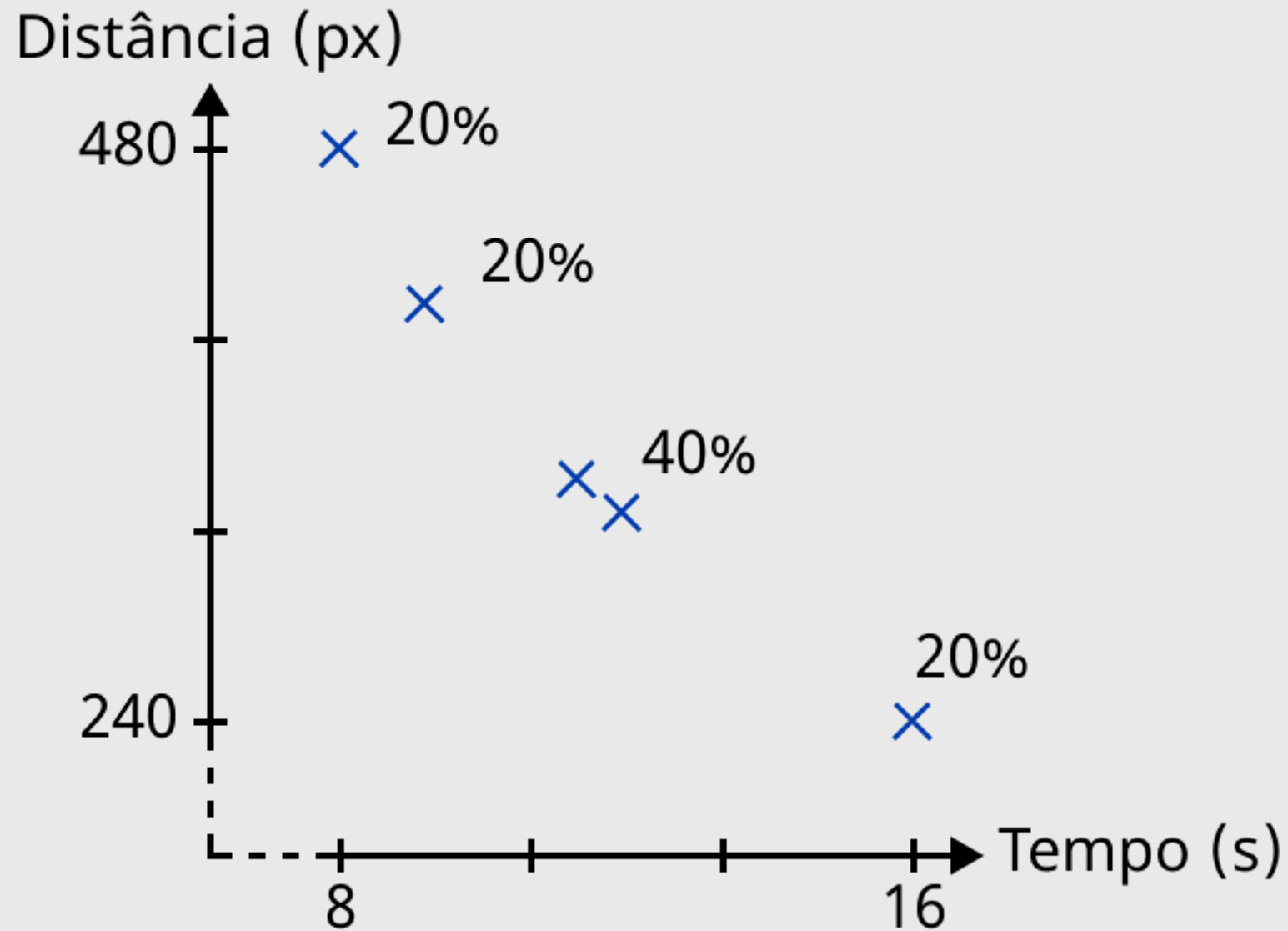


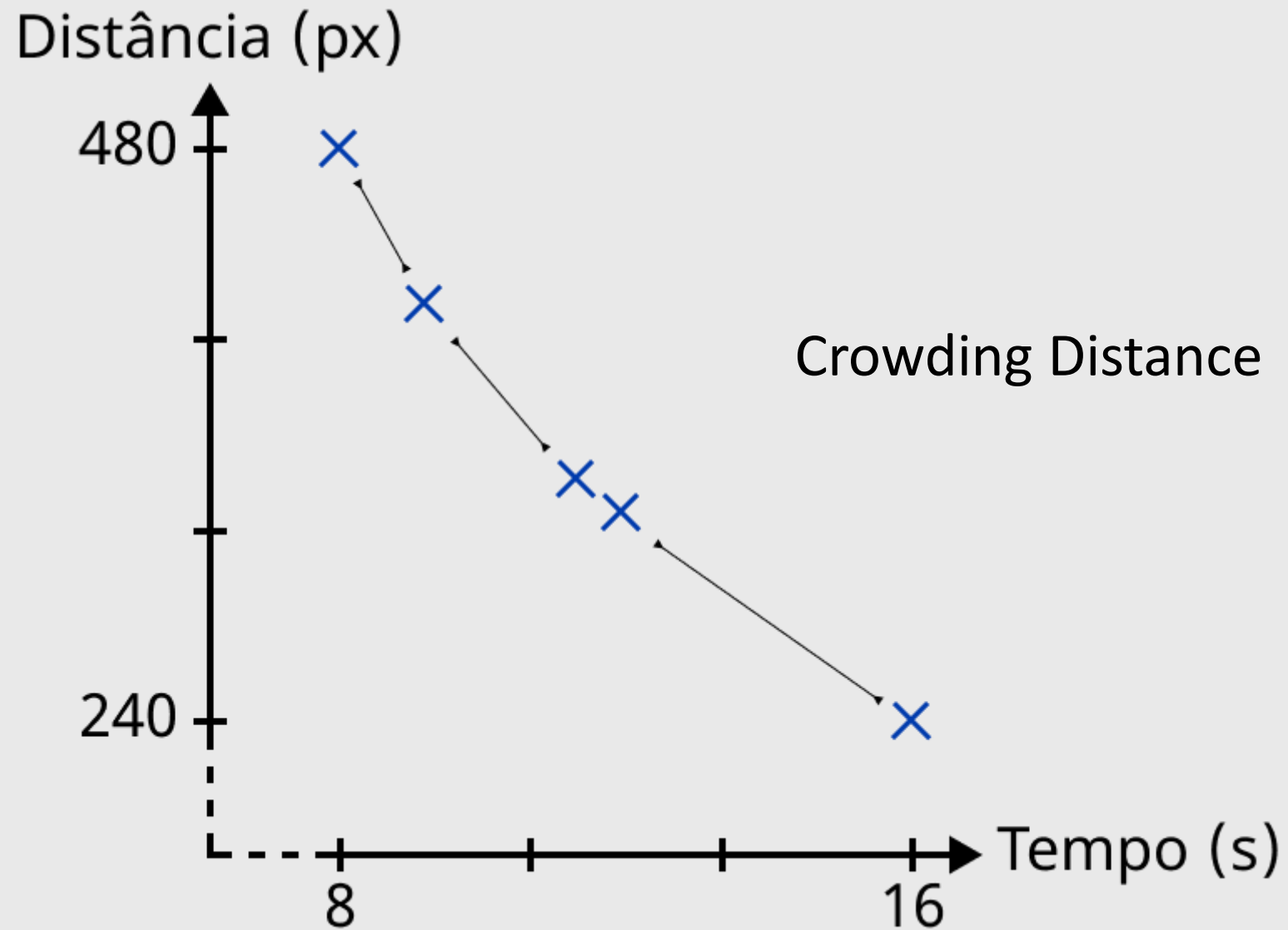












# Avaliação Multi-Objetivo

- Ordenar os elementos com maior rank de forma crescente;
- Posteriormente, ordena-los pelo *Crowding Distance* de forma decrescente.

# Qual a solução final?

---



# Seleção por Torneio



- Todos os indivíduos tem a mesma probabilidade de serem sorteados.
- São sorteados dois indivíduos diferentes para o torneio.
- O indivíduo com o menor rank será escolhido;
- Em caso de empate, o que apresentar a menor distância será escolhido.



Cruzamento

# Cruzamento

Parent A      [1, 3, 5, 4, 6, 7, 0, 2, 9, 8]

Parent B      [1, 5, 6, 7, 2, 4, 8, 9, 3, 0]

- O método tem objetivo criar novos indivíduos a partir do material genético dos pais;
- A técnica utilizada depende da representação cromossômica usada.



# Cruzamento

Parent A	[1, 3, 5, 4, 6, 7, 0, 2, 9, 8]
Parent B	[1, 5, 6, 7, 2, 4, 8, 9, 3, 0]

- O método tem objetivo criar novos indivíduos a partir do material genético dos pais;
- A técnica utilizada depende da representação cromossômica usada.

# Cruzamento

	Head	Tail
Parent A	[1, 3, 5, 4, 6, 7,	0, 2, 9, 8]
Parent B	[1, 5, 6, 7, 2, 4,	8, 9, 3, 0]

- O método tem objetivo criar novos indivíduos a partir do material genético dos pais;
- A técnica utilizada depende da representação cromossômica usada.

# Cruzamento

	Head	Tail
Parent A	[1, 3, 5, 4, 6, 7,	0, 2, 9, 8]
Parent B	[1, 5, 6, 7, 2, 4,	8, 9, 3, 0]
Offspring A	[1, 3, 5, 4, 6, 7,	

- O método tem objetivo criar novos indivíduos a partir do material genético dos pais;
- A técnica utilizada depende da representação cromossômica usada.

# Cruzamento

	Head	Tail
Parent A	[1, 3, 5, 4, 6, 7,	0, 2, 9, 8]
Parent B	[1, 5, 6, 7, 2, 4,	8, 9, 3, 0]
Offspring A	[1, 3, 5, 4, 6, 7,	8, 9, 3, 0]

- O método tem objetivo criar novos indivíduos a partir do material genético dos pais;
- A técnica utilizada depende da representação cromossômica usada.

# Cruzamento

	Head	Tail
Parent A	[1, 3, 5, 4, 6, 7,	0, 2, 9, 8]
Parent B	[1, 5, 6, 7, 2, 4,	8, 9, 3, 0]
Offspring A	[1, 3, 5, 4, 6, 7, 8, 9, 3, 0]	

- O método tem objetivo criar novos indivíduos a partir do material genético dos pais;
- A técnica utilizada depende da representação cromossômica usada.

# Cruzamento

	Head	Tail
Parent A	[1, 3, 5, 4, 6, 7,	0, 2, 9, 8]
Parent B	[1, 5, 6, 7, 2, 4,	8, 9, 3, 0]
Offspring A	[1, 3, 5, 4, 6, 7,	

- O método tem objetivo criar novos indivíduos a partir do material genético dos pais;
- A técnica utilizada depende da representação cromossômica usada.

# Cruzamento

	Head	Tail
Parent A	[1, 3, 5, 4, 6, 7,	0, 2, 9, 8]
Parent B	[ <del>1</del> , <del>5</del> , <del>6</del> , <del>7</del> , 2, <del>4</del> ,	8, 9, <del>3</del> , 0]
Offspring A	[1, 3, 5, 4, 6, 7,	

- O método tem objetivo criar novos indivíduos a partir do material genético dos pais;
- A técnica utilizada depende da representação cromossômica usada.

# Cruzamento

	Head	Tail
Parent A	[1, 3, 5, 4, 6, 7,	0, 2, 9, 8]
Parent B	[ <del>1</del> , <del>5</del> , <del>6</del> , <del>7</del> , 2, <del>4</del> ,	8, 9, <del>3</del> , 0]
Offspring A	[1, 3, 5, 4, 6, 7,	2, 8, 9, 0]

- O método tem objetivo criar novos indivíduos a partir do material genético dos pais;
- A técnica utilizada depende da representação cromossômica usada.



# Cruzamento

- O método tem objetivo criar novos indivíduos a partir do material genético dos pais;
- A técnica utilizada depende da representação cromossômica usada.

	Head	Tail
Parent A	[ <del>1</del> , 3, <del>5</del> , <del>4</del> , <del>6</del> , <del>7</del> ]	0, <del>2</del> , 9, 8]
Parent B	[1, 5, 6, 7, 2, 4,	8, 9, 3, 0]
Offspring A	[1, 3, 5, 4, 6, 7,	2, 8, 9, 0]
Offspring B	[1, 5, 6, 7, 2, 4,	

# Cruzamento

- O método tem objetivo criar novos indivíduos a partir do material genético dos pais;
- A técnica utilizada depende da representação cromossômica usada.

Parent A      [1, 3, 5, 4, 6, 7, 0, 2, 9, 8]

Parent B      [1, 5, 6, 7, 2, 4, 8, 9, 3, 0]

Offspring A    [1, 3, 5, 4, 6, 7, 2, 8, 9, 0]

Offspring B    [1, 5, 6, 7, 2, 4, 3, 0, 9, 8]

# Mutação

Troca

[1, 5, 6, 7, 2, 4, 3, 0, 9, 8]

Rotação

[1, 5, 6, 7, 2, 4, 3, 0, 9, 8]

# Mutação

Troca

[1, <sup>5</sup>, 6, 7, 2, <sup>4</sup>, 3, 0, 9, 8]

Rotação

[1, 5, 6, 7, 2, 4, 3, 0, 9, 8]

# Mutação

Troca

4  
[1, , 6, 7, 2, 5, 3, 0, 9, 8]

Rotação

[1, 5, 6, 7, 2, 4, 3, 0, 9, 8]

# Mutação

Troca

[1, 4, 6, 7, 2, 5, 3, 0, 9, 8]

Rotação

[1, 5, 6, 7, 2, 4, 3, 0, 9, 8]

# Mutação

Troca

[1, 4, 6, 7, 2, 5, 3, 0, 9, 8]

Rotação

[1,                      , 3, 0, 9, 8]  
5, 6, 7, 2, 4

# Mutação

Troca

[1, 4, 6, 7, 2, 5, 3, 0, 9, 8]

Rotação

[1, 4, , 3, 0, 9, 8]  
5, 6, 7, 2,



# Mutação

Troca

[1, 4, 6, 7, 2, 5, 3, 0, 9, 8]

Rotação

[1, 4, 2, , 3, 0, 9, 8]  
5, 6, 7,

# Mutação

Troca

[1, 4, 6, 7, 2, 5, 3, 0, 9, 8]

Rotação

[1, 4, 2, 7,     , 3, 0, 9, 8]  
5, 6,

# Mutação

Troca

[1, 4, 6, 7, 2, 5, 3, 0, 9, 8]

Rotação

[1, 4, 2, 7, 6, , 3, 0, 9, 8]  
5,

# Mutação

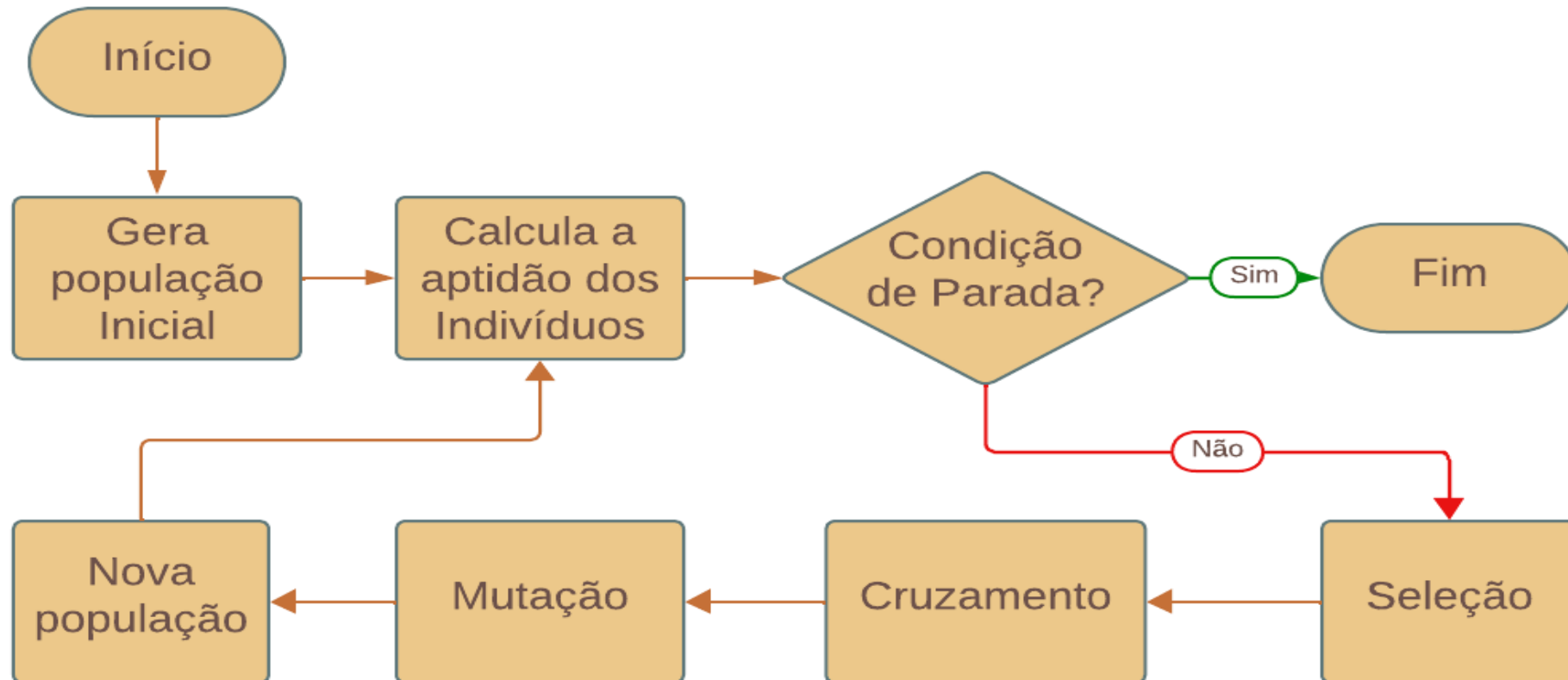
Troca

[1, 4, 6, 7, 2, 5, 3, 0, 9, 8]

Rotação

[1, 4, 2, 7, 6, 5, 3, 0, 9, 8]

# Estrutura geral do Algoritmo Genético





Tutorials with Gary



thematheusls