

SICO7A

SISTEMAS INTELIGENTES 1

Aula 03 A - Busca em Espaço
de Estados

Prof. Rafael G. Mantovani

Roteiro



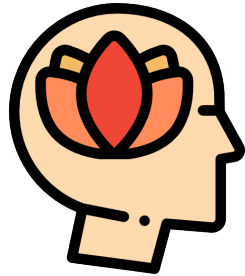
- 1 Introdução**
- 2 Conceitos Básicos**
- 3 Representação de problemas por Espaço de Estados**
- 4 Exemplos**
- 5 Referências**

Roteiro

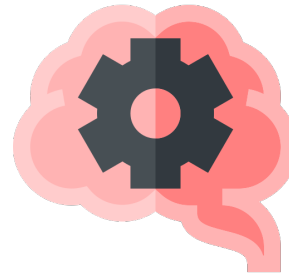
- 1 Introdução**
- 2 Conceitos Básicos**
- 3 Representação de problemas por Espaço de Estados**
- 4 Exemplos**
- 5 Referências**

Introdução

IA
Simbólica



IA
Conexionista



IA
Evolutiva

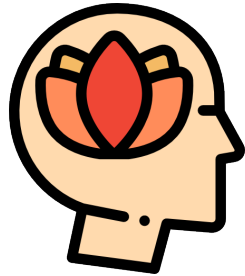


IA
Distribuída



Introdução

IA
Simbólica



IA
Conexionista



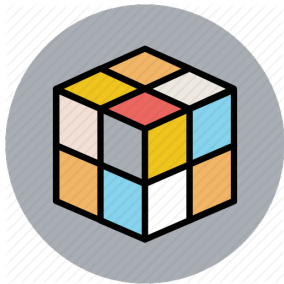
IA
Evolutiva



IA
Distribuída

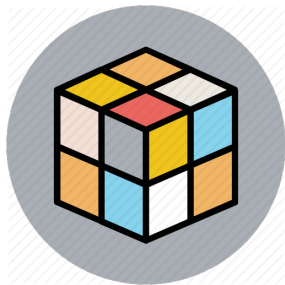


Introdução

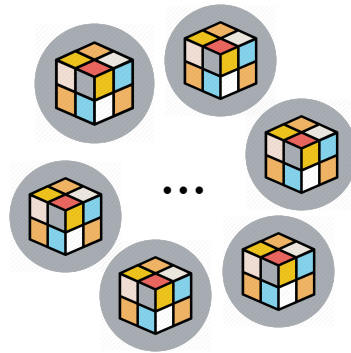


Problema!

Introdução



Problema!

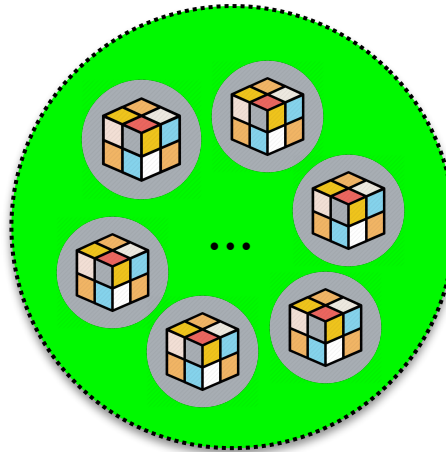


**Diferentes Estados/
Configurações**

Introdução



Problema!

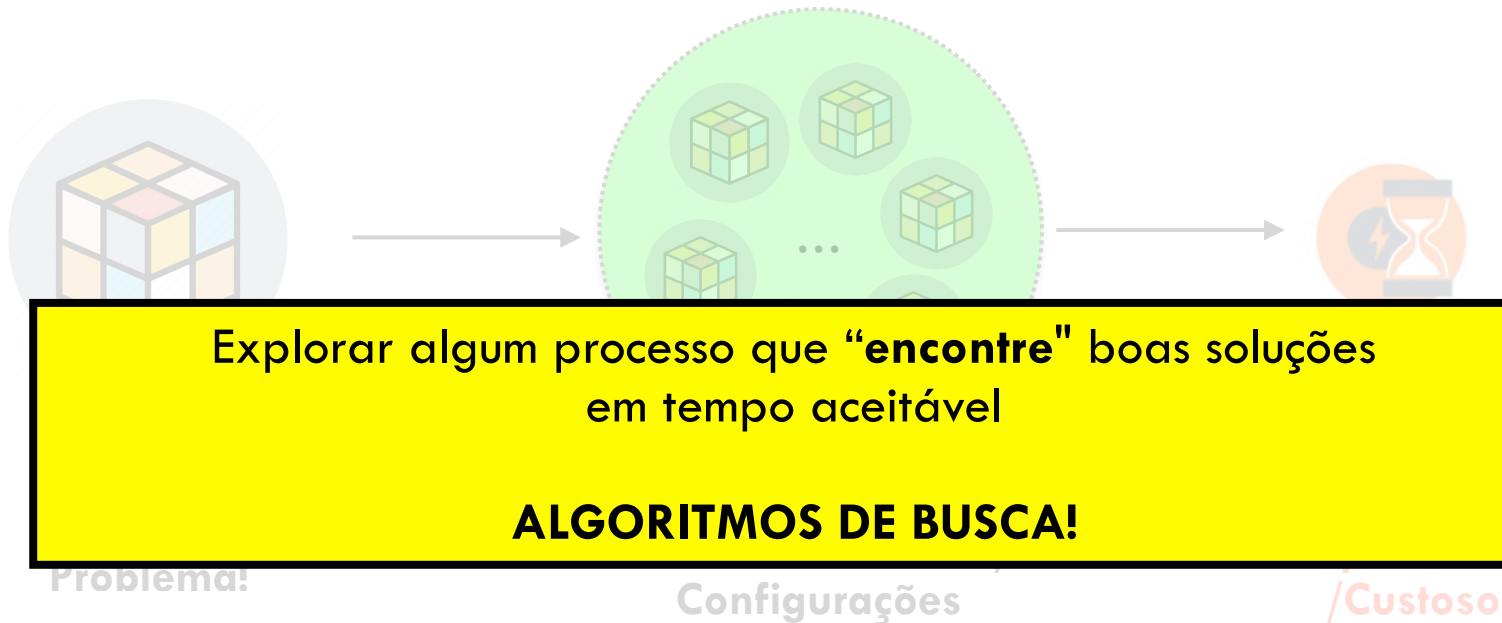


**Diferentes Estados/
Configurações**



**Impraticável
/Custoso**

Introdução



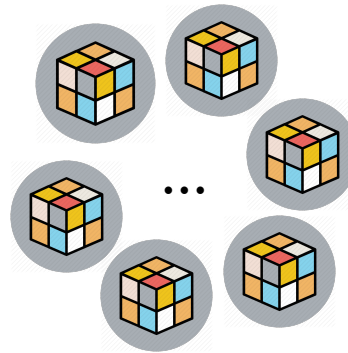
Introdução



ALGORITMO DE BUSCA

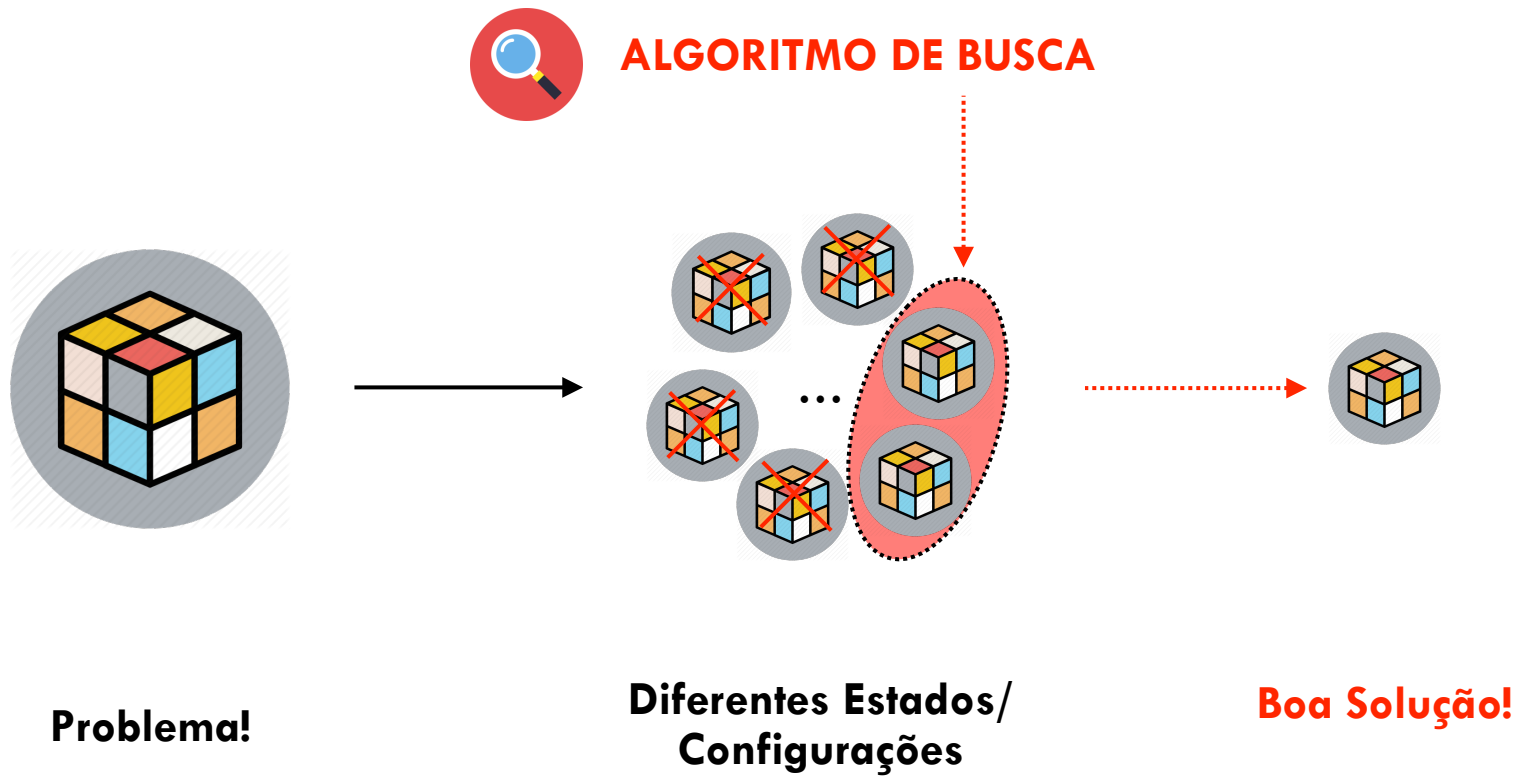


Problema!



**Diferentes Estados/
Configurações**

Introdução



Introdução



ALGORITMO DE BUSCA

Objetivo: aprender diferentes algoritmos de busca :)



Roteiro



- 1 Introdução
- 2 Conceitos Básicos
- 3 Representação de problemas por Espaço de Estados
- 4 Exemplos
- 5 Referências

Conceitos básicos



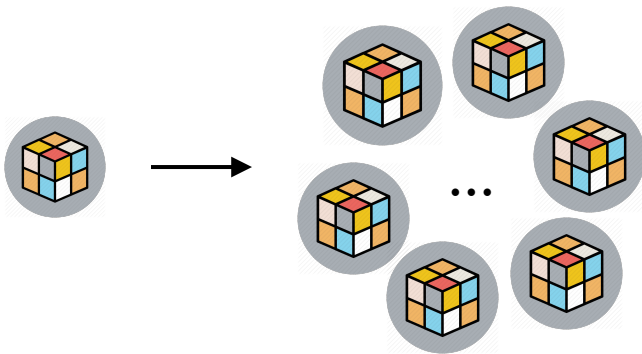
Algumas perguntas para o projeto de algoritmos de busca:

Conceitos básicos

Algumas perguntas para o projeto de algoritmos de busca:

- ❑ O resolvedor do problema encontrará, garantidamente uma solução?
- ❑ O resolvedor sempre terminará? Vai ficar preso em algum laço infinito?
- ❑ Quando uma solução for encontrada, há garantias de que ela será a ideal?
- ❑ Qual a complexidade do processo de busca em termos de tempo e memória?

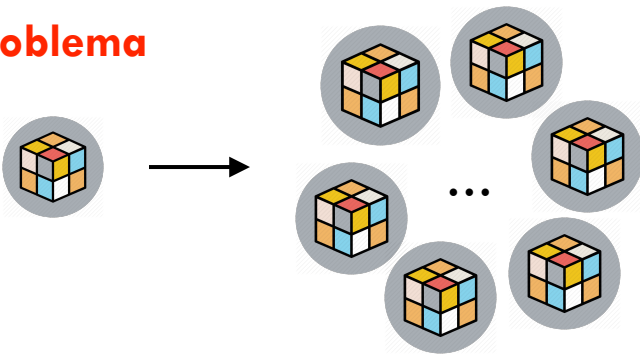
Conceitos básicos



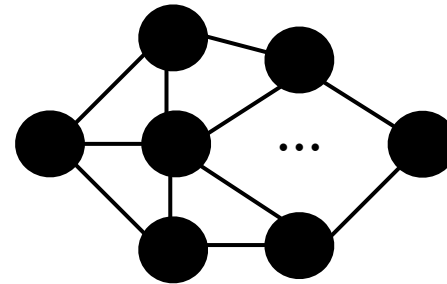
**Diferentes Estados/
Configurações**

Conceitos básicos

Problema



**Diferentes Estados/
Configurações**



**Grafo de Espaço
de Estados**



Solução

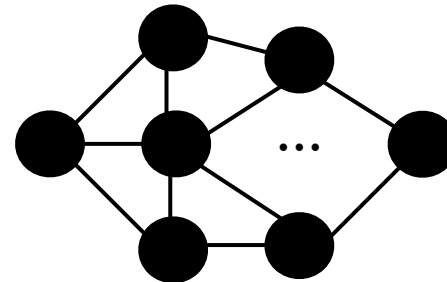
Conceitos básicos

Problema



Vértices = estados
Arestas = transições

Diferentes Estados/
Configurações

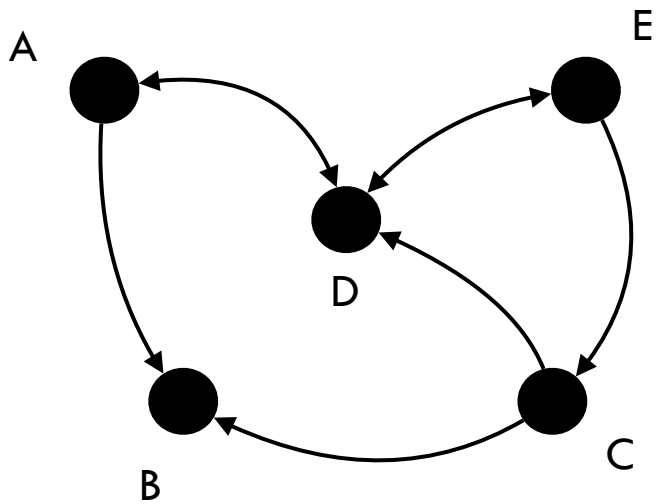


**Grafo de Espaço
de Estados**

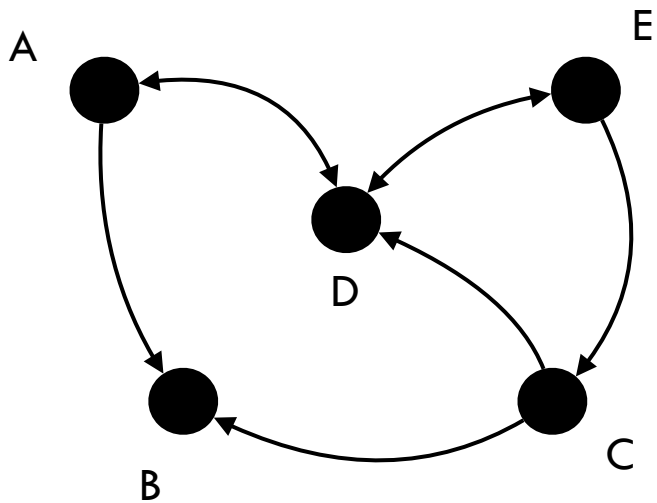


Solução

Grafo

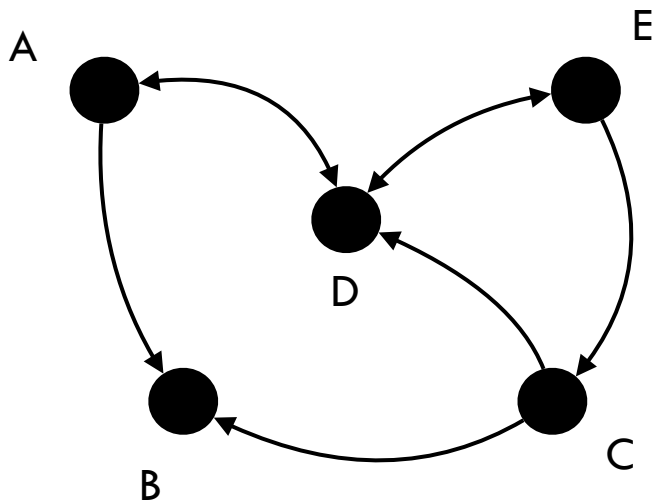


Grafo



- $G = (V, E)$
 - V = conjunto de vértices
 - E = conjunto de arestas

Grafo



- $G = (V, E)$
 - $V =$ conjunto de vértices
 - $E =$ conjunto de arestas

Propriedades

- caminhos
- adjacência
- ...

Máquina de Estados Finitos



Máquina de Estados Finitos



Modelo abstrato de computação



Grafo finito, direcionado, conectado



Usado no processo de reconhecimento de linguagens

Máquina de Estados Finitos



Modelo abstrato de computação



Grafo finito, direcionado, conectado



Usado no processo de reconhecimento de linguagens

$$A = (Q, \Sigma, \delta, q_0, F)$$

Máquina de Estados Finitos



Modelo abstrato de computação



Grafo finito, direcionado, conectado



Usado no processo de reconhecimento de linguagens

$$A = (Q, \Sigma, \delta, q_0, F)$$

$Q = ?$

$\Sigma = ?$

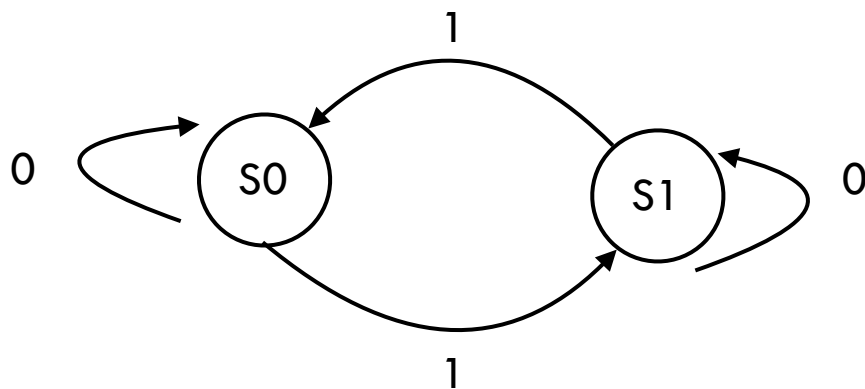
$\delta = ?$

$q_0 = ?$

$F = ?$

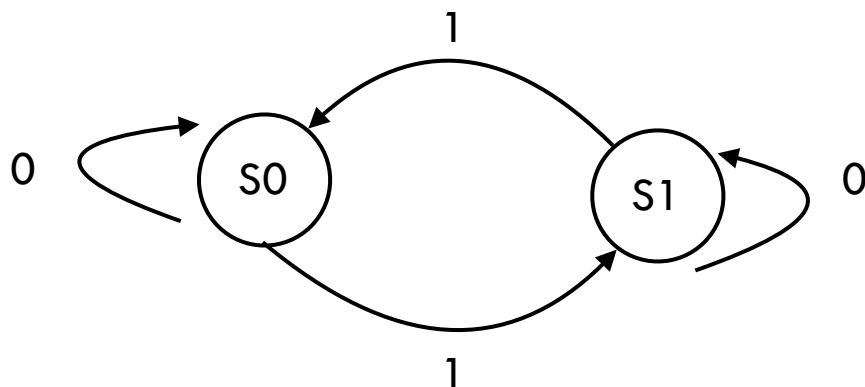
Exemplo

Ex 01: Autômato finito para um flip flop



Exemplo

Ex 01: Autômato finito para um flip flop

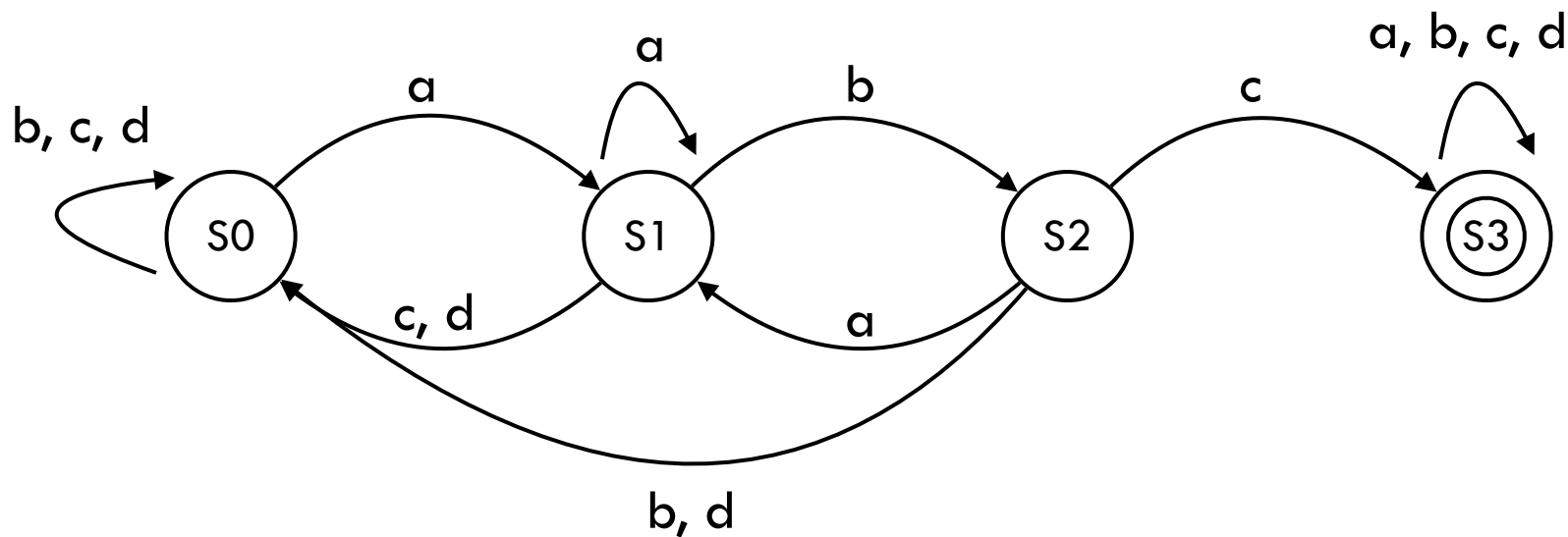


Função de transição

δ	0	1
0		
1		

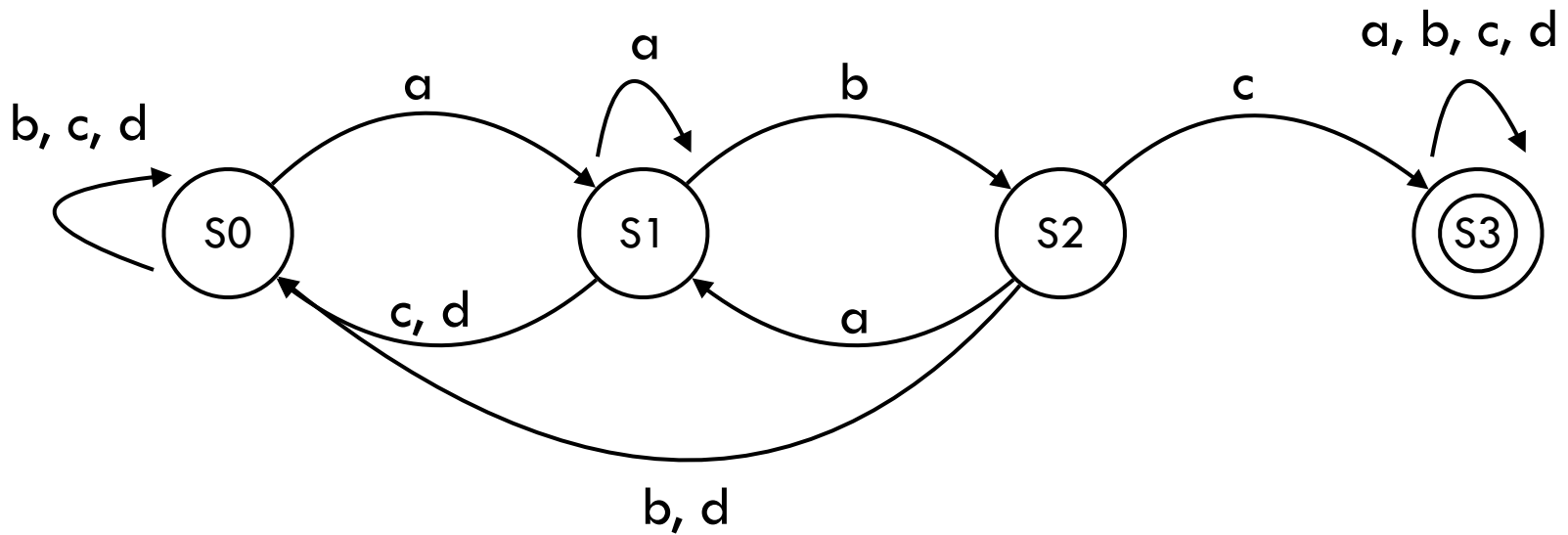
Exemplo

Ex 02: Autômato finito para reconhecer linguagens



Exemplo

Ex 02: Autômato finito para reconhecer linguagens



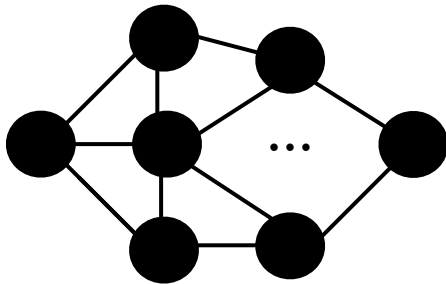
Função de transição δ ?

Roteiro



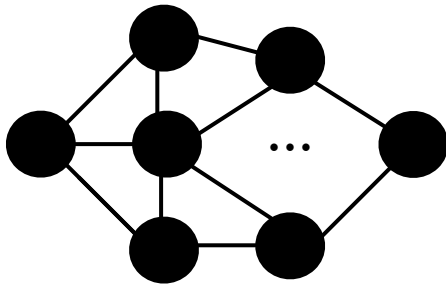
- 1 Introdução
- 2 Conceitos Básicos
- 3 Representação de problemas por Espaço de Estados
- 4 Exemplos
- 5 Referências

Representação



**Grafo de Espaço
de Estados**

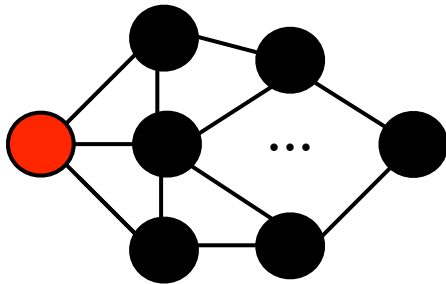
Representação



**Grafo de Espaço
de Estados**

● estado / solução parcial

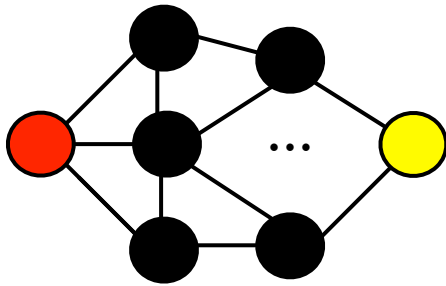
Representação



**Grafo de Espaço
de Estados**

- estado / solução parcial
- estado(s) inicial(is)

Representação



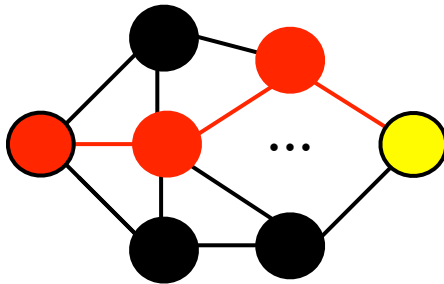
**Grafo de Espaço
de Estados**

- estado / solução parcial
- estado(s) inicial(ais)
- estado(s) final(ais) / objetivos

Representação



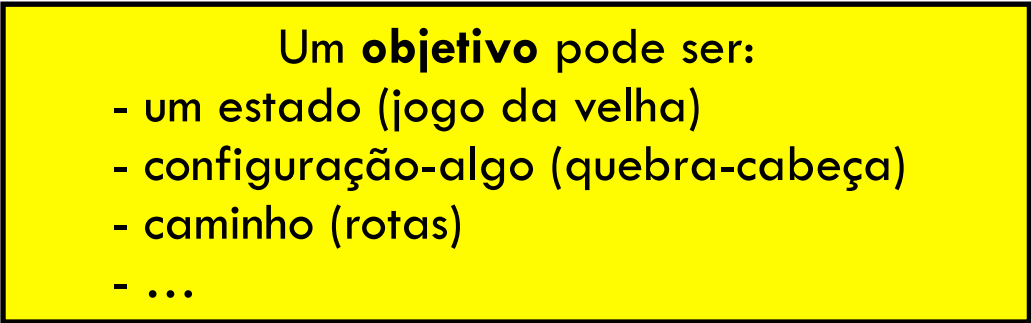
ALGORITMO DE BUSCA



**Grafo de Espaço
de Estados**

- estado / solução parcial
- estado(s) inicial(ais)
- estado(s) final(ais) / objetivos
- caminho de solução

Response	Percentage
Yes, the current government is responsible	85%
No, the crisis is not the government's fault	15%



Um **objetivo** pode ser:

- um estado (jogo da velha)
- configuração-algo (quebra-cabeça)
- caminho (rotas)
- ...

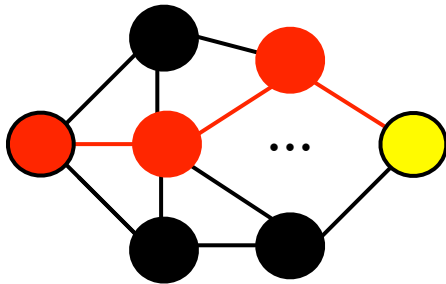
Um **objetivo** pode ser:

- um estado (jogo da velha)
- configuração-algo (quebra-cabeça)
- caminho (rotas)
- ...

- Um **objetivo** pode ser:
- um estado (jogo da velha)
 - configuração-algo (quebra-cabeça)
 - caminho (rotas)
 - ...

Representação

● estado(s) final(ais) / objetivos



Um **objetivo** pode ser:

- um estado (jogo da velha)
- configuração-algo (quebra-cabeça)
- caminho (rotas)
- ...

- Criação de novos estados é feita pela aplicação de operadores (movimentos válidos) ...
 - **algoritmo de busca:** encontrar um caminho do nó inicial até um nó objetivo

Representação



- Formalmente:

Representação

- Formalmente:

$$\mathbf{PB} = (N, A, I, Do)$$

Representação

□ Formalmente:

$$\mathbf{PB} = (N, A, I, Do)$$

N = conjunto de estados/nós do grafo (problema)

A = arcos/transições/arestas. Passos de um processo de solução de problema

I = estado(s) inicial(ais) do problema

Do = estado(s) objetivo(s) do problema

Roteiro



- 1 Introdução
- 2 Conceitos Básicos
- 3 Representação de problemas por Espaço de Estados
- 4 Exemplos
- 5 Referências

Exemplo

- **Exemplo 01:** Jogo da velha



Exemplo

□ **Exemplo 01:** Jogo da velha



estado inicial: tabuleiro vazio

estado final: três X em linha, coluna, ou diagonal

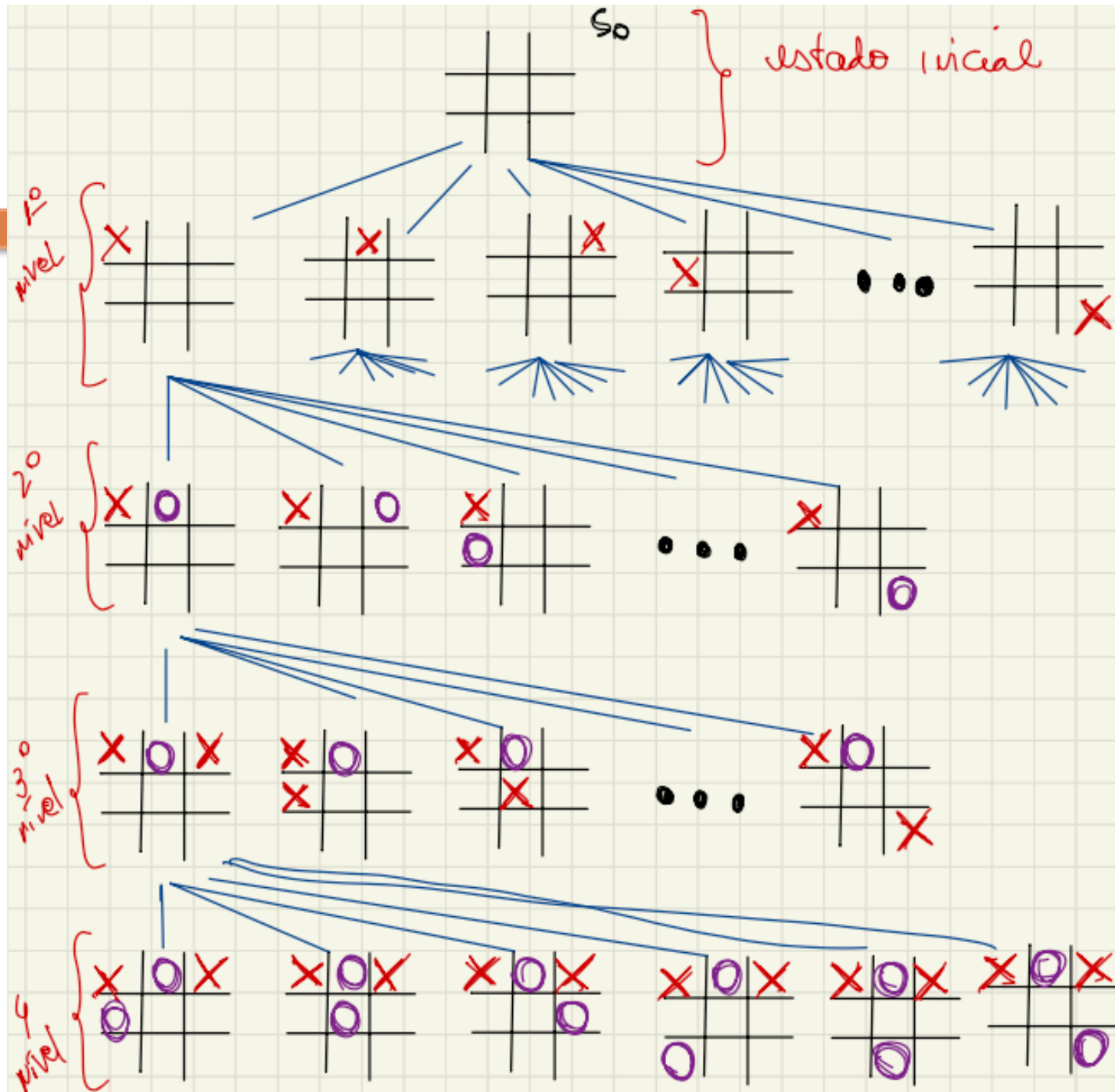
estados possíveis: todas as configurações diferentes de Xs e Os que o jogo pode ter

Exemplo

- **Exemplo 01:** Jogo da velha



espaço de busca?



Exemplo

□ **Exemplo 01:** Jogo da velha



Espaço de busca:

- exaustivamente = $9! = 362.880$ estados

Outros jogos:

- xadrez: 10^{120}

- damas: 10^{40}

obs: alguns caminhos nunca ocorrem em um jogo real

Exemplo

□ **Exemplo 01:** Jogo da velha



Espaço de busca:

- exaustivamente = $9! = 362.880$ estados

Outros jogos:

- xadrez: 10^{120}

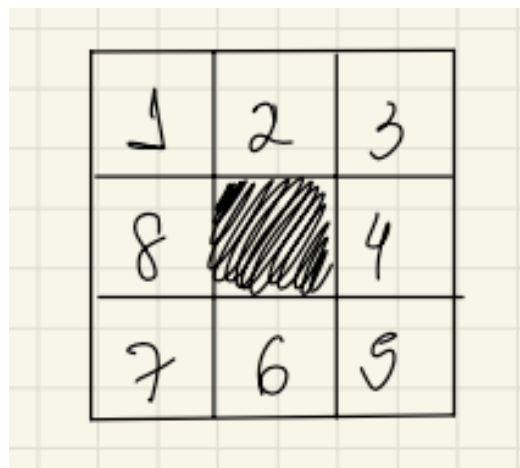
- damas: 10^{40}

obs: alguns caminhos nunca ocorrem em um jogo real

Espaços **difíceis** ou **impossíveis** de se buscar exaustivamente.
Usamos **estratégias de busca** e **heurística** para reduzir a complexidade da busca.

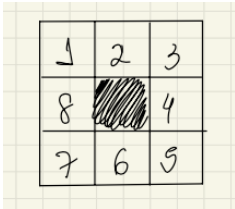
Exemplo

- **Exemplo 02:** Quebra-cabeça dos 8



Exemplo

□ Exemplo 02: Quebra-cabeça dos 8



estado inicial: números embaralhados

estado final: posição exata de cada número

estados possíveis: todas as configurações diferentes dos números

Características:

- espaço em branco, que se movimenta, mudando os padrões

Exemplo

- **Exemplo 02:** Quebra-cabeça dos 8

**estado
inicial**

1	4	3
7		6
5	8	2



1	2	3
8		4
7	6	5

**estado
objetivo**

Exemplo

- **Exemplo 02:** Quebra-cabeça dos 8

estado
inicial

1	4	3
7		6
5	8	2



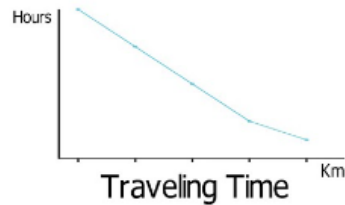
estado
objetivo

1	2	3
8		4
7	6	5

qual espaço de busca?

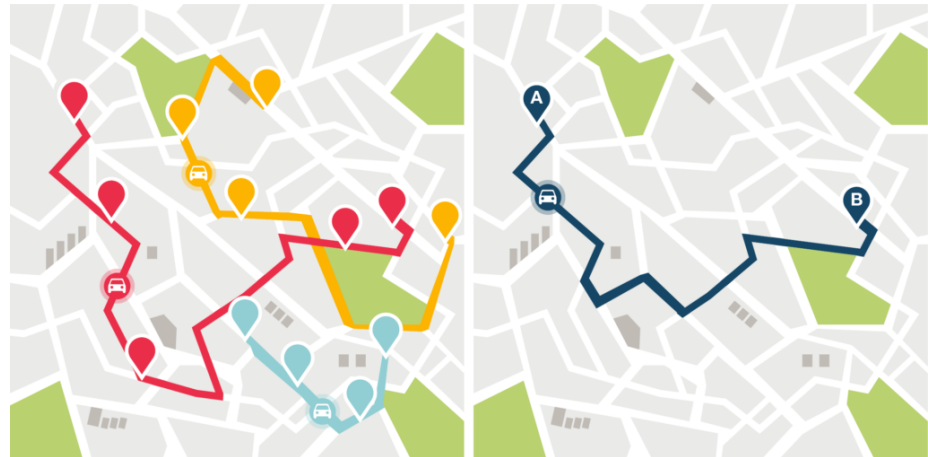
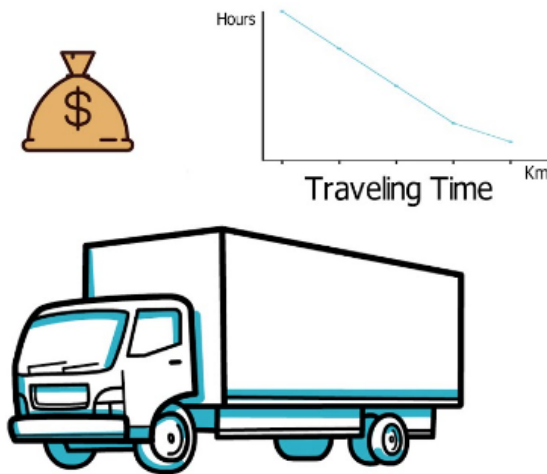
Exemplo

- **Exemplo 03:** Caixeiro-viajante (*TSP - Travelling Salesman Problem*)



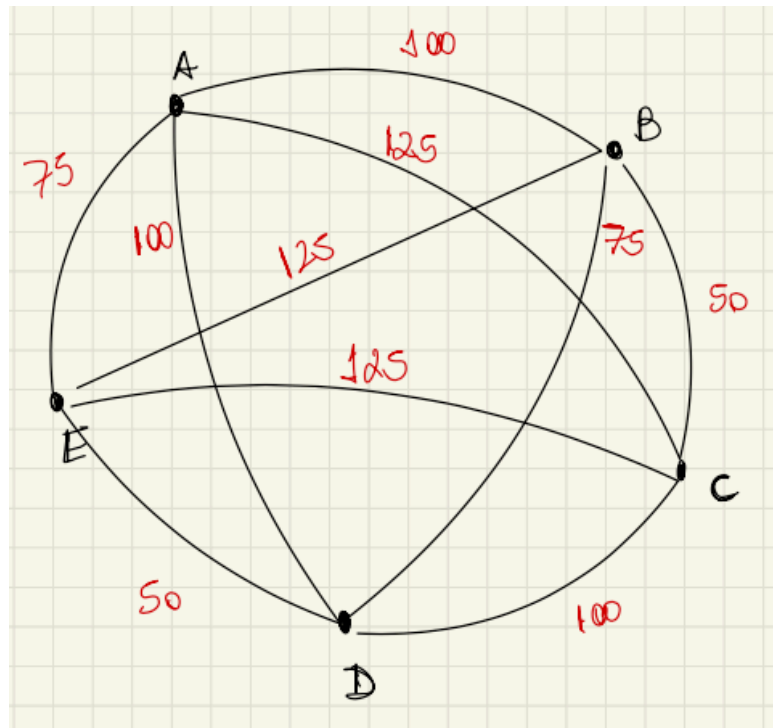
Exemplo

- **Exemplo 03:** Caixeiro-viajante (*TSP - Travelling Salesman Problem*)



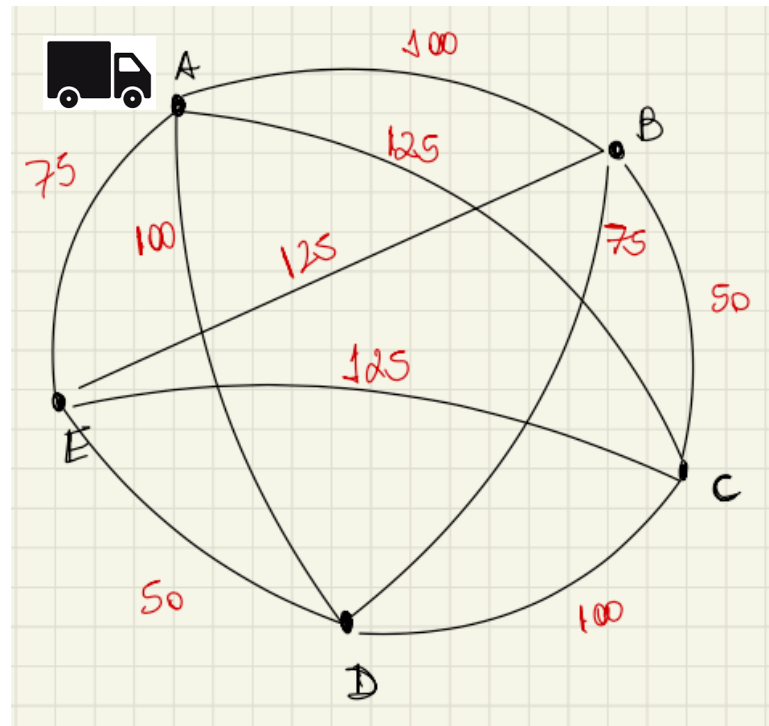
Exemplo

- **Exemplo 03:** Caixeiro-viajante (*TSP - Travelling Salesman Problem*)



Exemplo

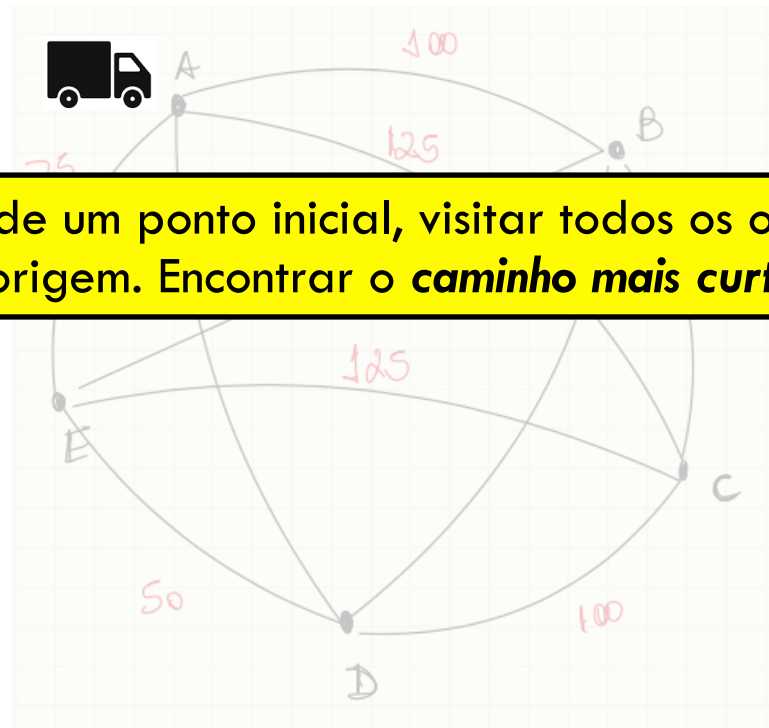
- **Exemplo 03:** Caixeiro-viajante (*TSP - Travelling Salesman Problem*)



Exemplo

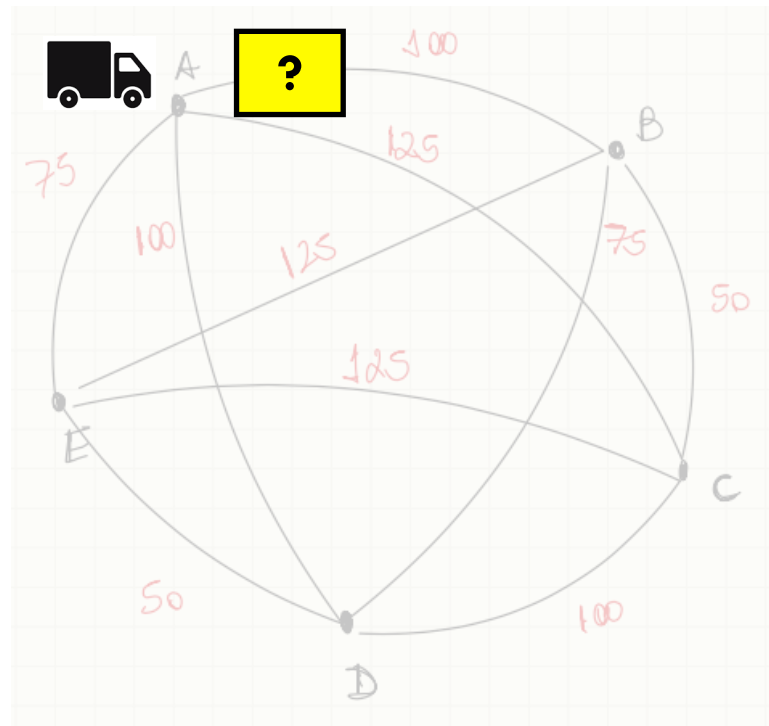
- **Exemplo 03:** Caixeiro-viajante (*TSP - Travelling Salesman Problem*)

Objetivo: partir de um ponto inicial, visitar todos os outros, e retornar à origem. Encontrar o ***caminho mais curto***.



Exemplo

- **Exemplo 03:** Caixeiro-viajante (*TSP - Travelling Salesman Problem*)

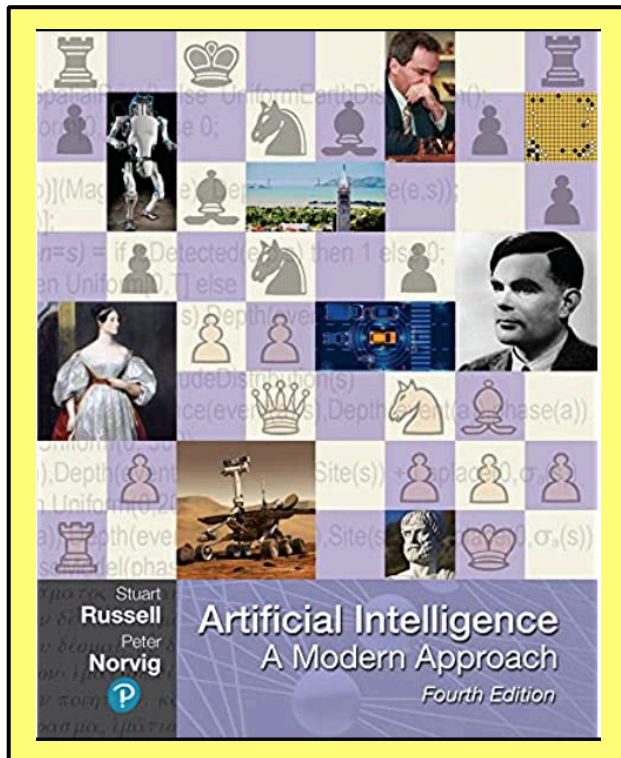


Roteiro

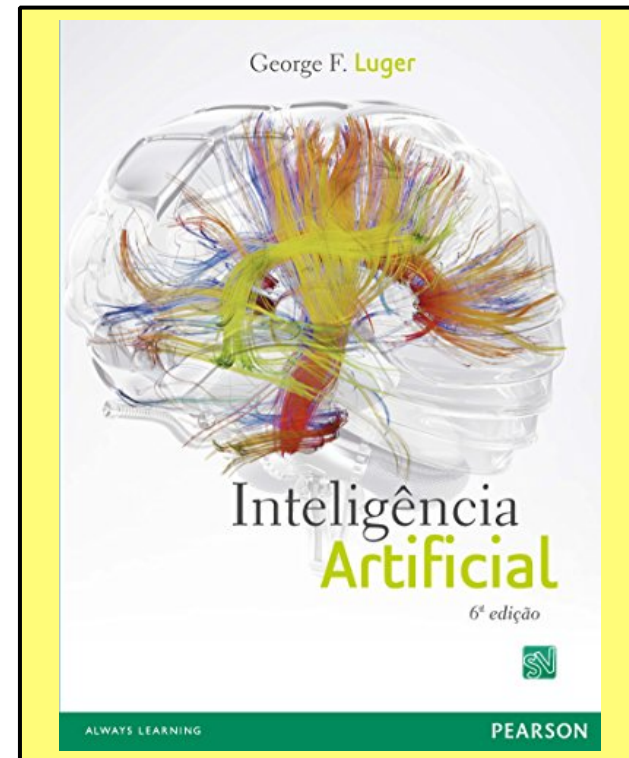


- 1** Introdução
- 2** Conceitos Básicos
- 3** Representação de problemas por Espaço de Estados
- 4** Exemplos
- 5** Referências

Referências sugeridas



[Russel & Norvig, 2021]

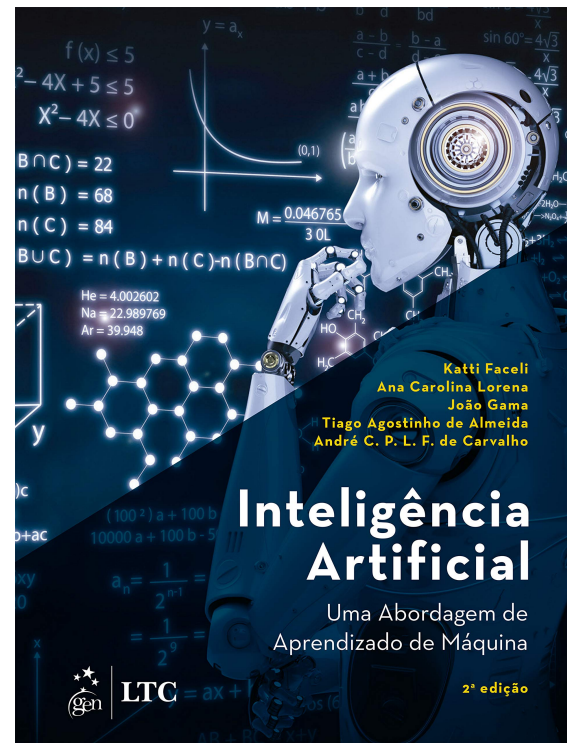


[Luger, 2013]

Referências sugeridas



[Coppin, 2010]



[Faceli et al, 2021]

Perguntas?

Prof. Rafael G. **Mantovani**

rafaelmantovani@utfpr.edu.br