

SICO7A

SISTEMAS INTELIGENTES 1

Aula 03 D - Busca Heurística

Prof. Rafael G. **Mantovani**

Roteiro



- 1** Introdução
- 2** Heurística
- 3** Busca Heurística
- 4** Exercícios
- 5** Referências

Roteiro



- 1** Introdução
- 2** Heurística
- 3** Busca Heurística
- 4** Exercícios
- 5** Referências

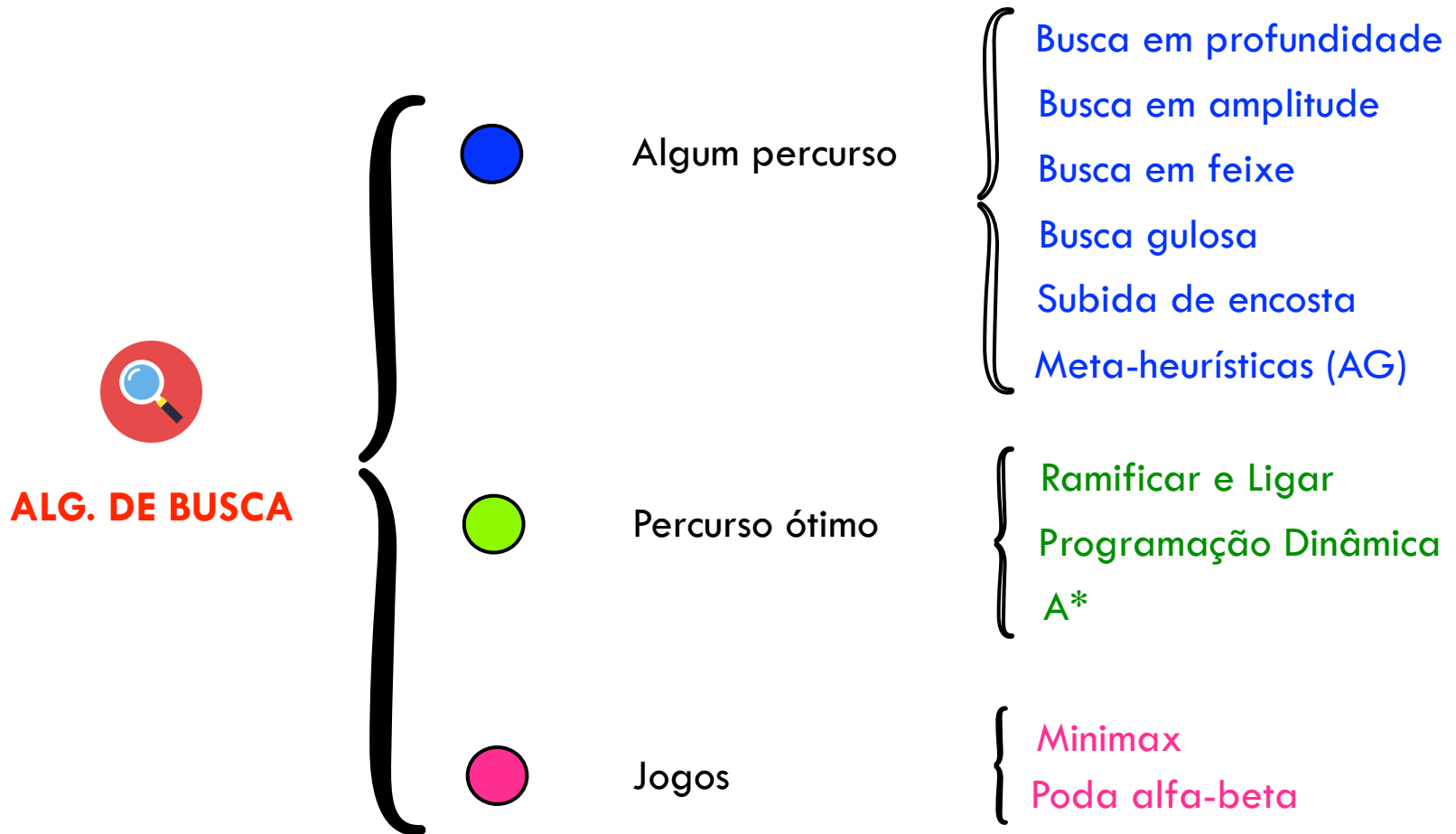
Introdução

Algoritmos BFS/DFS

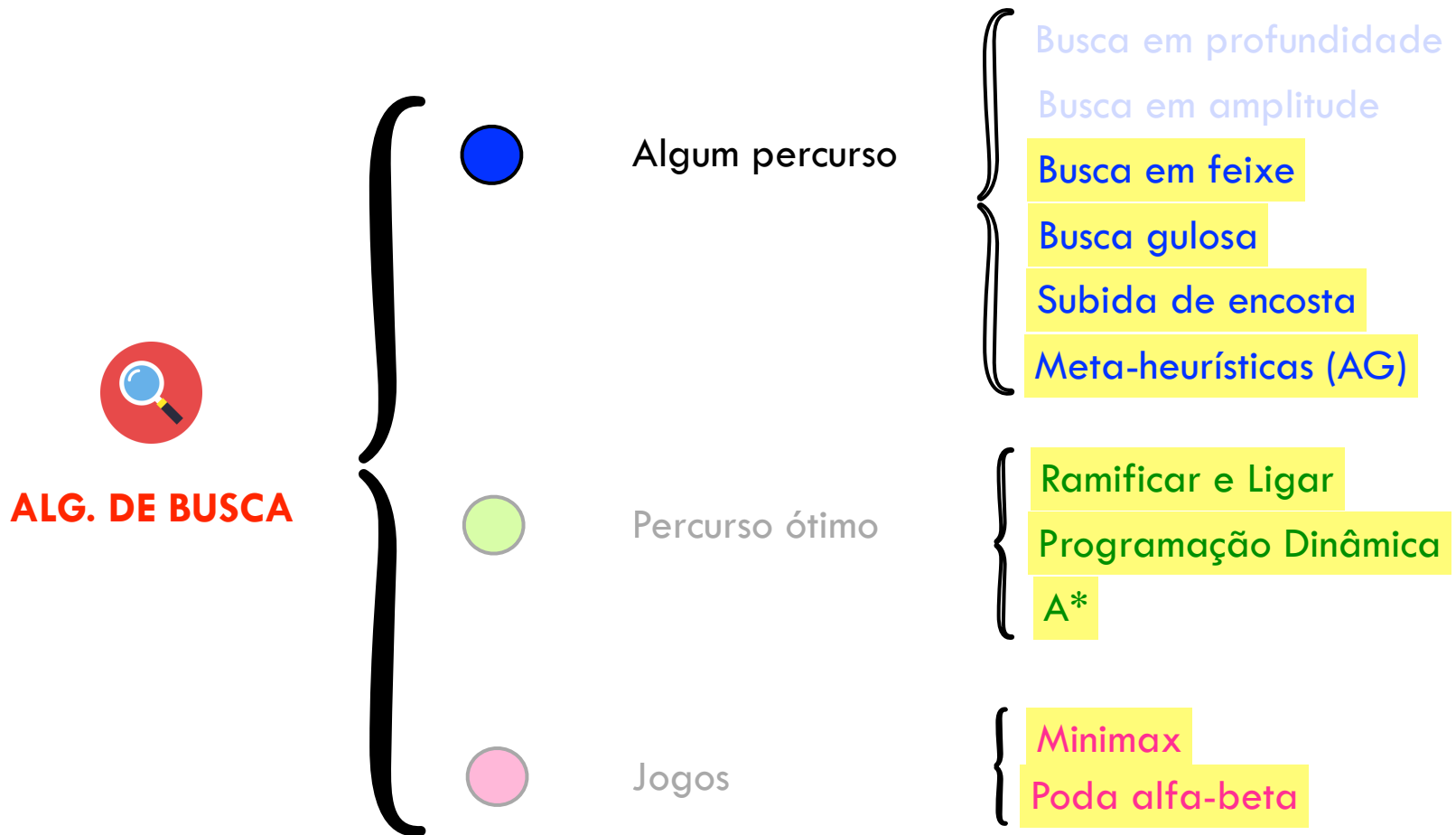
•... São algoritmos de busca exaustiva (cada um a sua maneira)

•... Limitações

Introdução



Introdução



Roteiro



- 1 Introdução
- 2 **Heurística**
- 3 Busca Heurística
- 4 Exercícios
- 5 Referências

Heurística



□ Heurística

- estudo dos métodos e regras de descoberta e invenção” (origem da palavra)

Heurística

□ Heurística

- ~~estudo dos métodos e regras de descoberta e invenção~~ (origem da palavra)
- **regras** para escolher quais ramos em um espaço de busca tem maior probabilidade de levar a uma **solução aceitável** do problema.

Heurística

□ Heurística

- ~~estudo dos métodos e regras de descoberta e invenção~~ (origem da palavra)
- **regras** para escolher quais ramos em um espaço de busca tem maior probabilidade de levar a uma **solução aceitável** do problema.

Busca **Informada** :)

Heurística



- Quando usar **heurísticas**?

Heurística

- Quando usar **heurísticas**?

- **PROBLEMAS AMBÍGUOS**: problemas que podem não ter uma solução exata por características dos dados ou do problema

Heurística

□ Quando usar **heurísticas**?

- **PROBLEMAS AMBÍGUOS**: problemas que podem não ter uma solução exata por características dos dados ou do problema
- **PROBLEMAS CUSTOSO**: problemas que possuem uma solução exata, mas o custo computacional de encontrá-las é muito alto, ou proibitivo.

Heurística



HEURÍSTICAS

Heurística



HEURÍSTICAS

■ podem falhar ...

Heurística



HEURÍSTICAS

- podem falhar ...
- frequentemente baseadas na experiência e intuição

Heurística



HEURÍSTICAS

- podem falhar ...
- frequentemente baseadas na experiência e intuição
- encontrar soluções **sub-ótimas**

Heurística



HEURÍSTICAS

- podem falhar ...
- frequentemente baseadas na experiência e intuição
- encontrar soluções **sub-ótimas**
- consideramos a busca heurística sob duas perspectivas
 - *a medida heurística*
 - *algoritmo que usa heurísticas*

Heurística



HEURÍSTICAS

- podem falhar ...
- frequentemente baseadas na experiência e intuição
- encontrar soluções **sub-ótimas**
- consideramos a busca heurística sob duas perspectivas

- *a medida heurística* →
- *algoritmo que usa heurísticas* →

Subida de Encosta (Hill Climbing)
Busca pela Melhor Escolha (Gulosa)

Roteiro



- 1 Introdução
- 2 Heurística
- 3 Busca Heurística
- 4 Exercícios
- 5 Referências

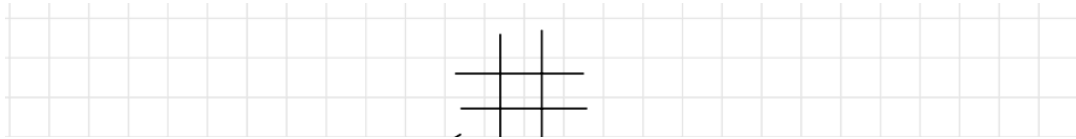
Busca Heurística

Exemplo: 3 primeiros níveis do espaço de estados do jogo da velha reduzido por simetria

Busca Heurística

Exemplo: 3 primeiros níveis do espaço de estados do jogo da velha reduzido por simetria

1 nível

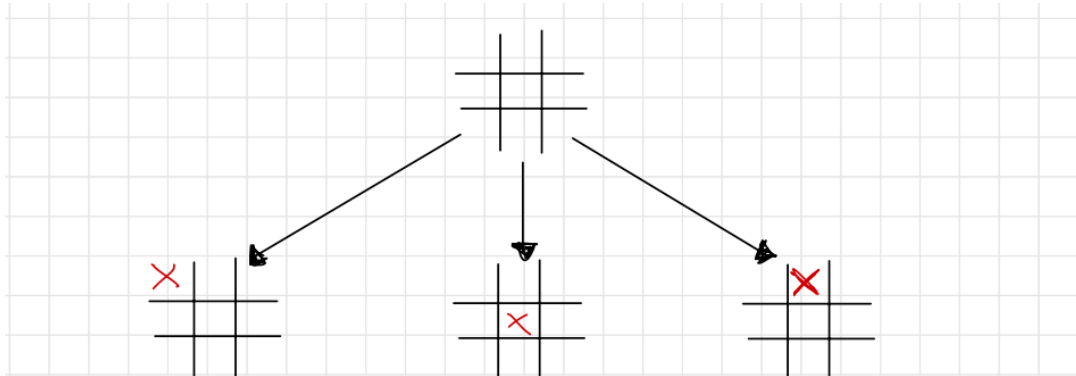


Busca Heurística

Exemplo: 3 primeiros níveis do espaço de estados do jogo da velha reduzido por simetria

1 nível

2 nível



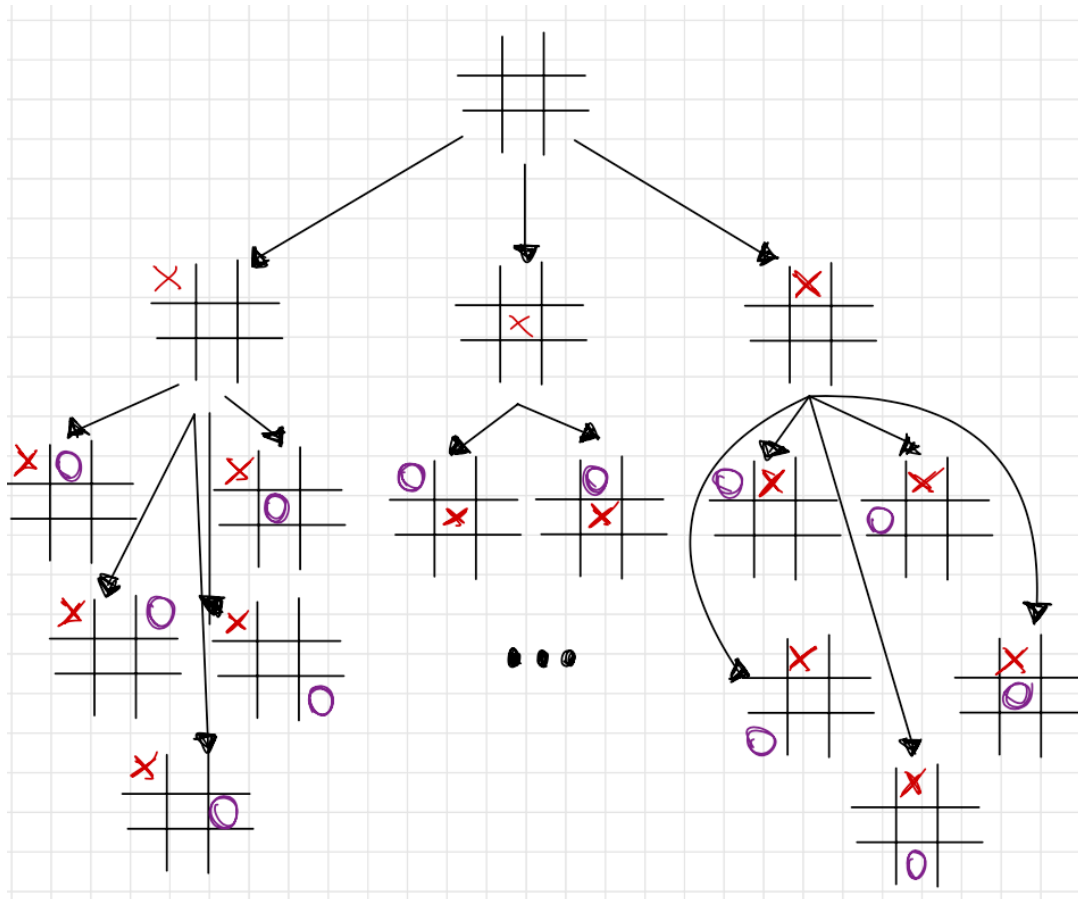
Busca Heurística

Exemplo: 3 primeiros níveis do espaço de estados do jogo da velha reduzido por simetria

1 nível

2 nível

3 nível



Busca Heurística

Exemplo: 3 primeiros níveis do espaço de estados do jogo da velha reduzido por simetria

1 nível

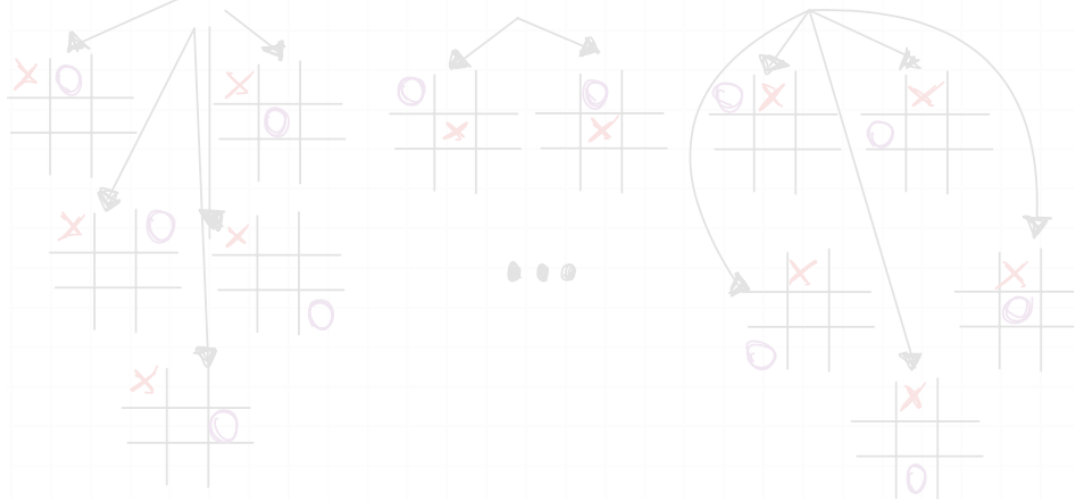


Espaço original = $9!$ estados
Espaço reduzido = $12 \times 7!$ estados

2 nível

$$12 \times 7! < 9!$$

3 nível



Busca Heurística

Exemplo: 3 primeiros níveis do espaço de estados do jogo da velha reduzido por simetria

1 nível

Espaço original = $9!$ estados
Espaço reduzido = $12 \times 7!$ estados

2 nível

$$12 \times 7! < 9!$$

3 nível

Heurística pode reduzir ainda mais!

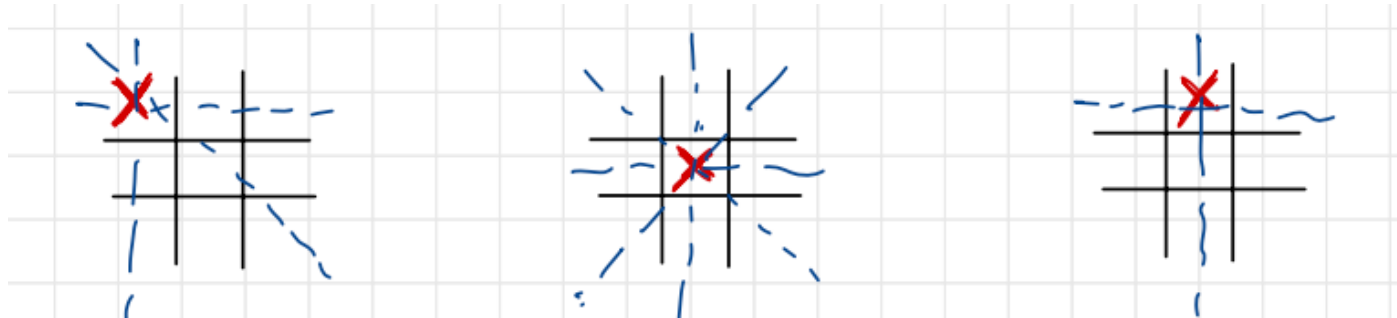
Busca Heurística



Heurística: “mais possibilidades de vitórias” de um estado

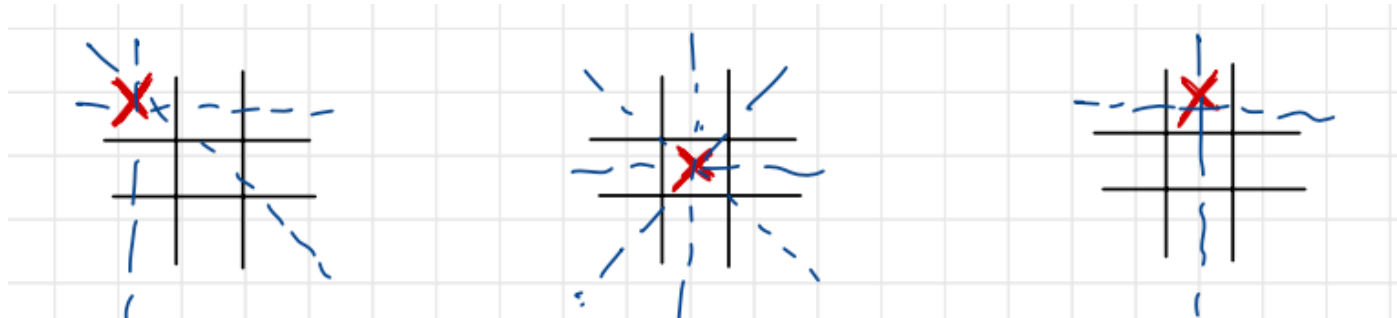
Busca Heurística

Heurística: “mais possibilidades de vitórias” de um estado



Busca Heurística

Heurística: “mais possibilidades de vitórias” de um estado



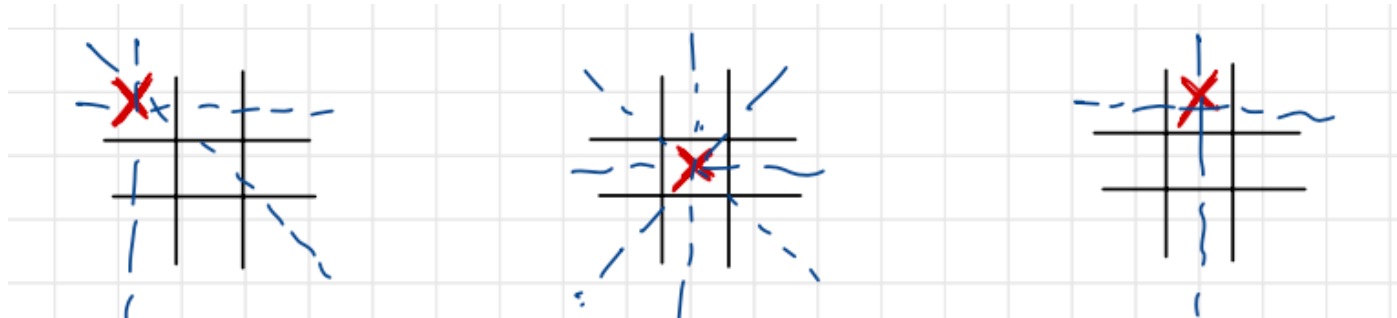
três vitórias
para um X no
canto

quatro vitórias
para um X no
centro

duas vitórias para
um X no centro de
um canto

Busca Heurística

Heurística: “mais possibilidades de vitórias” de um estado



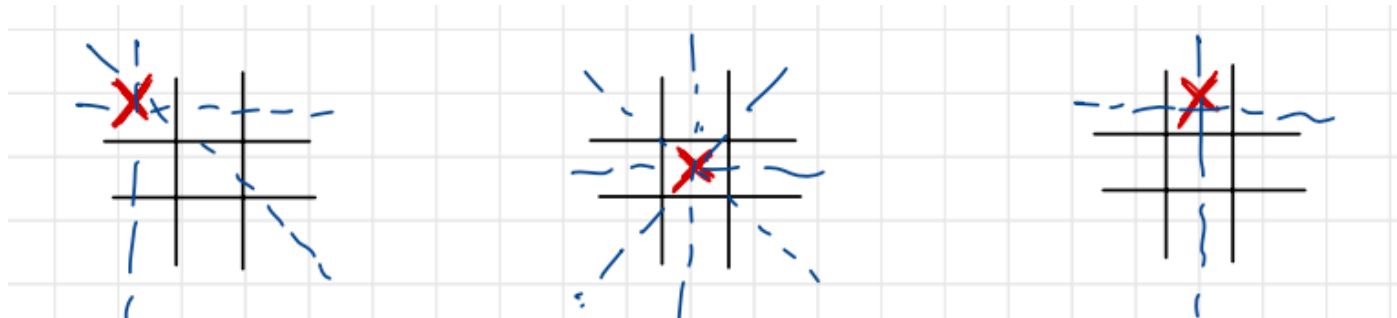
três vitórias
para um X no
canto

quatro vitórias
para um X no
centro

duas vitórias para
um X no centro de
um canto

Busca Heurística

Heurística: “mais possibilidades de vitórias” de um estado



Estimativa grosseira: 25 estados no máximo!

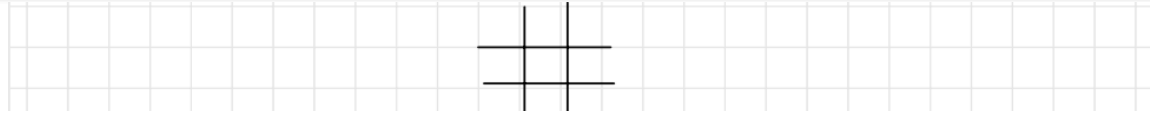
para um X no
canto

para um X no
centro

um X no centro de
um canto

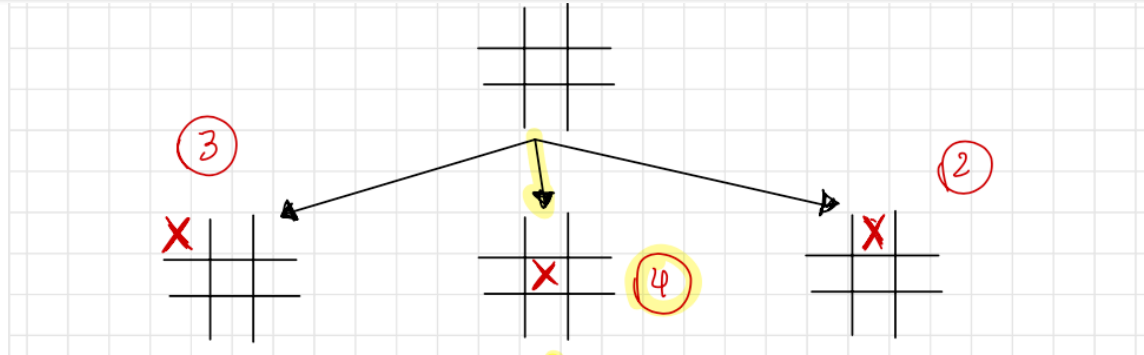
Busca Heurística

Exemplo:



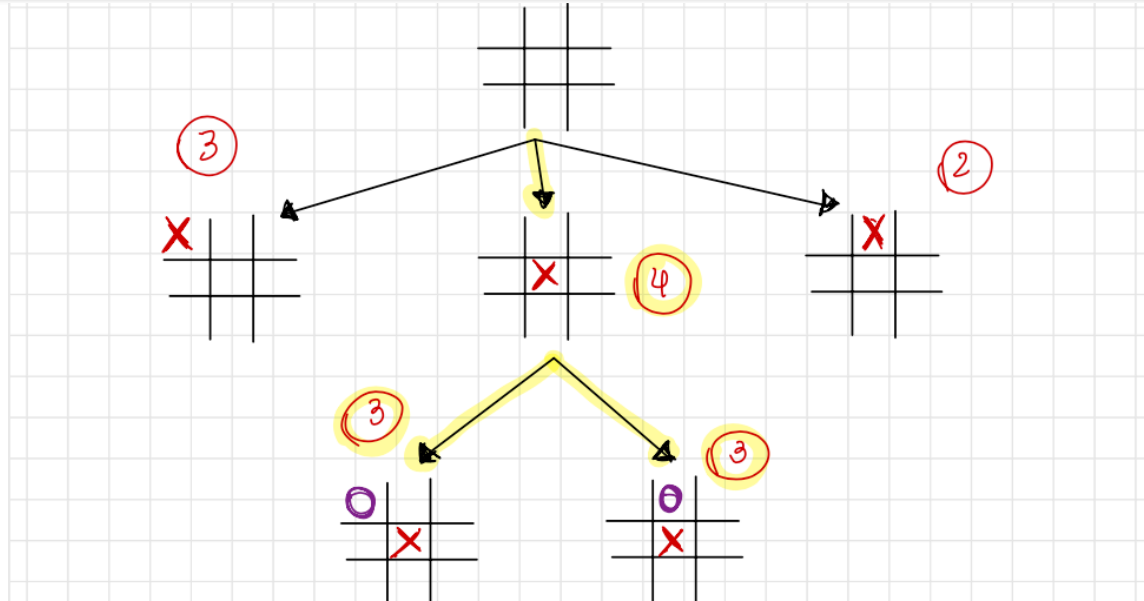
Busca Heurística

Exemplo:



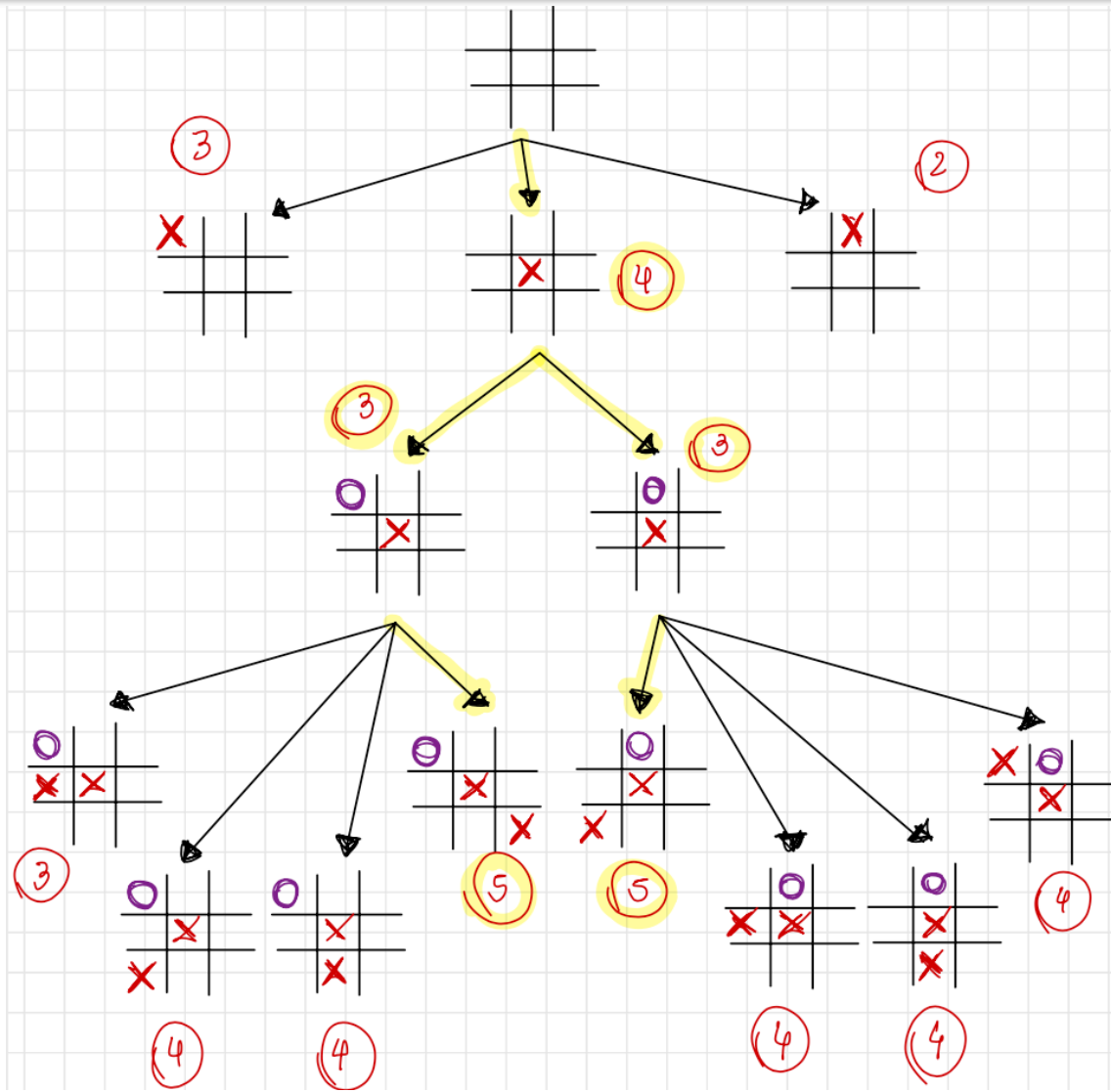
Busca Heurística

Exemplo:



Busca Heurística

Exemplo:



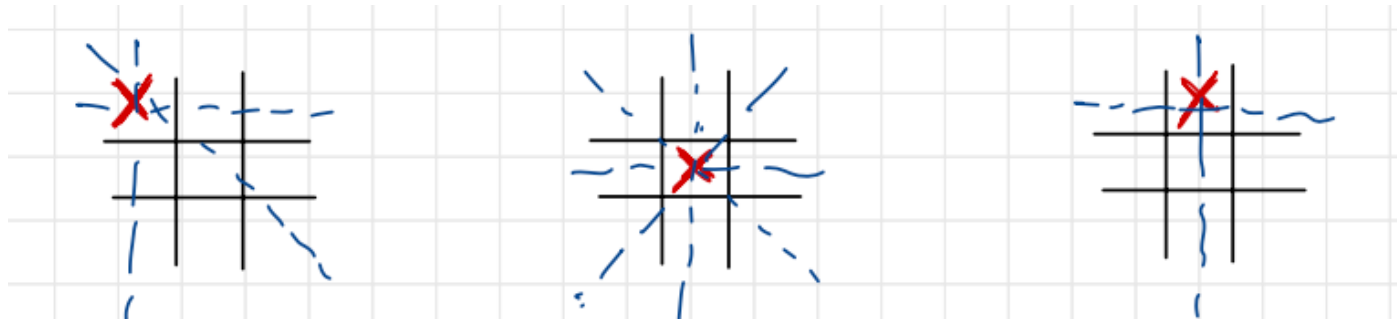
Roteiro



- 1 Introdução
- 2 Heurística
- 3 Busca Heurística
- 4 Exercícios
- 5 Referências

Exercícios

1) Faça o espaço de busca heurístico do jogo da velha até um estado objetivo usando a heurística das “**mais vitórias**”



Exercícios

2) Encontre o estado final do quebra-cabeça de 8 peças usando a seguinte heurística:

- $h(x)$: número de peças na posição correta

2	8	3
1	6	4
7		5

estado
inicial

1	2	3
8		4
7	6	5

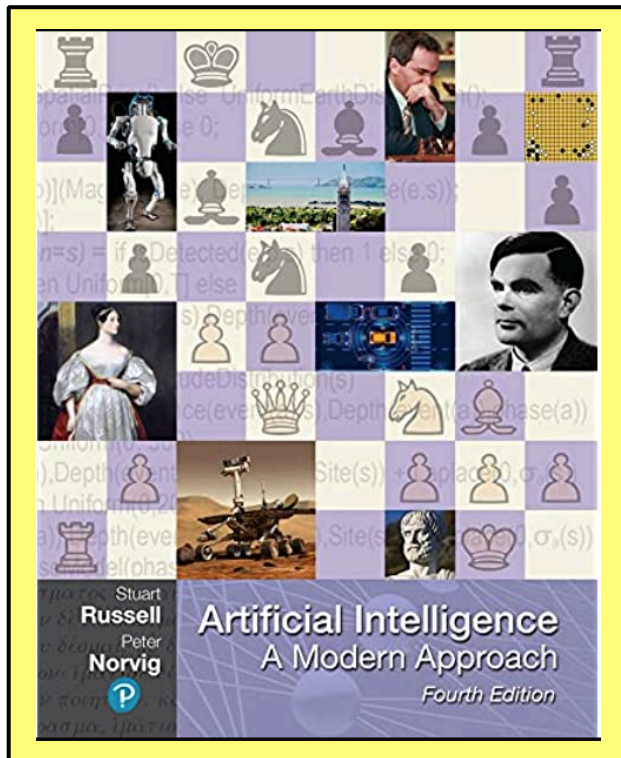
estado
objetivo

Roteiro

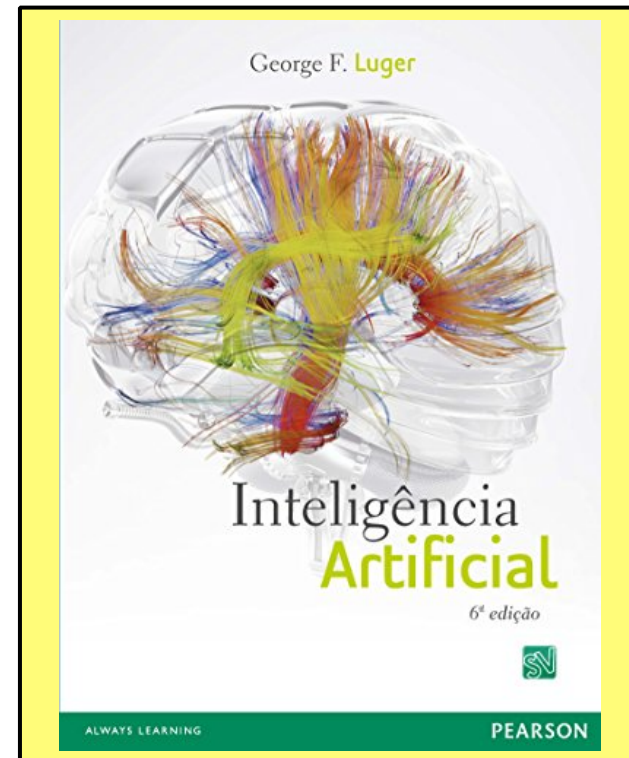


- 1** Introdução
- 2** Heurística
- 3** Busca Heurística
- 4** Exercícios
- 5** Referências

Referências sugeridas



[Russel & Norvig, 2021]



[Luger, 2013]

Perguntas?

Prof. Rafael G. **Mantovani**

rafaelmantovani@utfpr.edu.br