

Inteligência Computacional

CP78D

Problemas de busca

Formulação, força bruta e busca cega

Aula 9

Prof. Daniel Cavalcanti Jeronymo

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)
Engenharia Eletrônica – 7º Período

Formulação

- Tipos de problemas de busca

$$y = f(x)$$



Problema inverso – *dado algum conjunto **y** qual conjunto **x** **satisfaz** o mapeamento?*

Problema de otimização – *qual o maior/menor valor possível de **y**?*

Formulação

- Situação hipotética: uma senha de quatro dígitos numéricos
- Como formular o problema em forma de função?



Formulação

- Situação hipotética: uma senha de quatro dígitos numéricos
- Como formular o problema em forma de função?



- **Entrada:** sequência numérica de quatro dígitos
- **Saída:** Válida / Não-válida

Formulação

- Situação hipotética: uma senha de quatro dígitos numéricos
- Como formular o problema em forma de função?



- **Entrada:** ~~sequência numérica~~ de quatro dígitos
- **Saída:** Válida / Não-válida

Formulação

- Situação hipotética: uma senha de quatro dígitos numéricos
- Como formular o problema em forma de função?



- **Entrada:** vetor de quatro dígitos
- **Saída:** Válida / Não-válida

Formulação

- Situação hipotética: uma senha de quatro dígitos numéricos

--	--	--	--

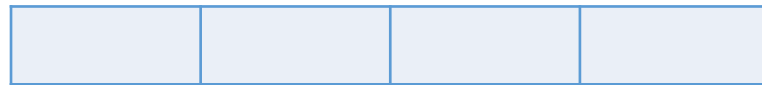
solução candidata

0000	0015
0001	0016
0002	0017
0003	0018
0004	0019
0005	0020
0006	0021
0007	0022
0008	0023
0009	0024
0010	0025
0011	0026
0012	...
0013	9998
0014	9999

- Entrada:** vetor de quatro dígitos
- Saída:** Válida / Não-válida

Formulação

- Situação hipotética: uma senha de quatro dígitos numéricos



0000	0015
0001	0016
0002	0017
0003	0018
0004	0019
0005	0020
0006	0021
0007	0022
0008	0023
0009	0024
0010	0025
0011	0026
0012	...
0013	9998
0014	9999

espaço de busca
(search space)

- Entrada:** vetor de quatro dígitos
- Saída:** Válida / Não-válida

Formulação

- Situação hipotética: uma senha de quatro dígitos numéricos

?	?	?	?	0000	0015
				0001	0016
				0002	0017
				0003	0018
				0004	0019
				0005	0020
				0006	0021
				0007	0022
				0008	0023
				0009	0024
				0010	0025
				0011	0026
				0012	...
				0013	9998
				0014	9999

- Entrada:** vetor de quatro dígitos
- Saída:** Válida / Não-válida

Força bruta

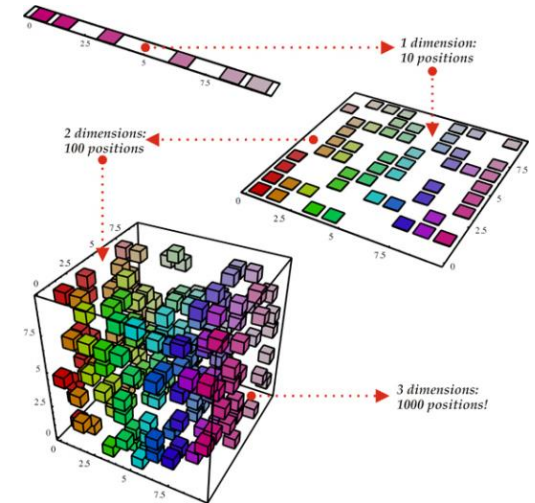
- Busca exaustiva
 - Todas as soluções candidatas ao problema são enumeradas e verificadas

0000	0015
0001	0016
0002	0017
0003	0018
0004	0019
0005	0020
0006	0021
0007	0022
0008	0023
0009	0024
0010	0025
0011	0026
0012	...
0013	9998
0014	9999



Força bruta

- Busca exaustiva - Desvantagens
 - Explosão combinatorial das soluções conforme dimensionalidade
 - Nem sempre é necessário analisar todas as soluções candidatas
 - A representação do problema pode ser inadequada



Força bruta

- Sudoku

?	?
---	---

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	3	8	7	9	5	1	4	6	?
B	5	6	2	4	8	3	7	1	?
C	4	9	1	6	2	7	8	3	5
D	2	5	8	3	7	9	1	4	6
E	7	4	6	2	1	5	3	9	8
F	1	3	9	8	4	6	5	2	7
G	9	7	5	1	3	2	6	8	4
H	8	2	3	7	6	4	9	5	1
I	6	1	4	5	9	8	2	7	3

Força bruta

- Sudoku



É necessário testar 10^2 soluções?

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	3	8	7	9	5	1	4	6	?
B	5	6	2	4	8	3	7	1	?
C	4	9	1	6	2	7	8	3	5
D	2	5	8	3	7	9	1	4	6
E	7	4	6	2	1	5	3	9	8
F	1	3	9	8	4	6	5	2	7
G	9	7	5	1	3	2	6	8	4
H	8	2	3	7	6	4	9	5	1
I	6	1	4	5	9	8	2	7	3

Força bruta

- Sudoku

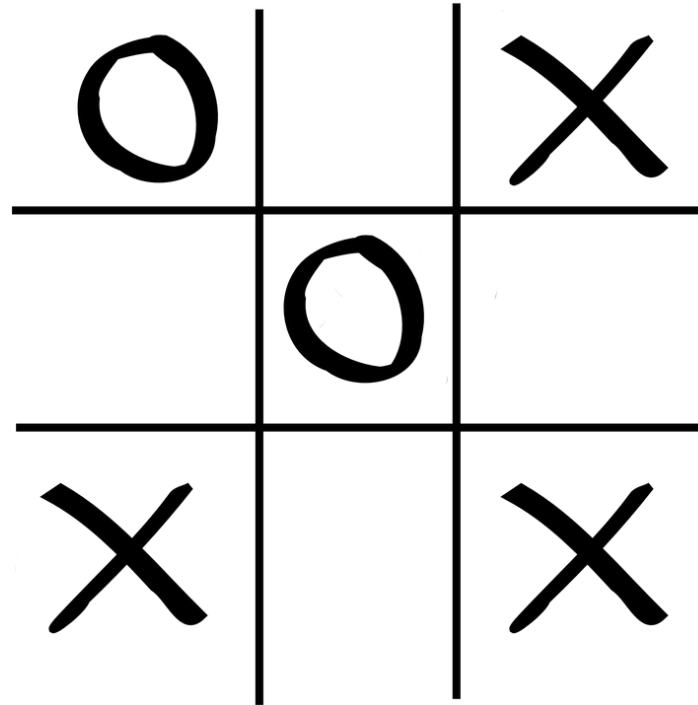
?	?
---	---

Não!
 Solução: heurísticas
 Próxima aula!

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	3	8	7	9	5	1	4	6	?
B	5	6	2	4	8	3	7	1	?
C	4	9	1	6	2	7	8	3	5
D	2	5	8	3	7	9	1	4	6
E	7	4	6	2	1	5	3	9	8
F	1	3	9	8	4	6	5	2	7
G	9	7	5	1	3	2	6	8	4
H	8	2	3	7	6	4	9	5	1
I	6	1	4	5	9	8	2	7	3

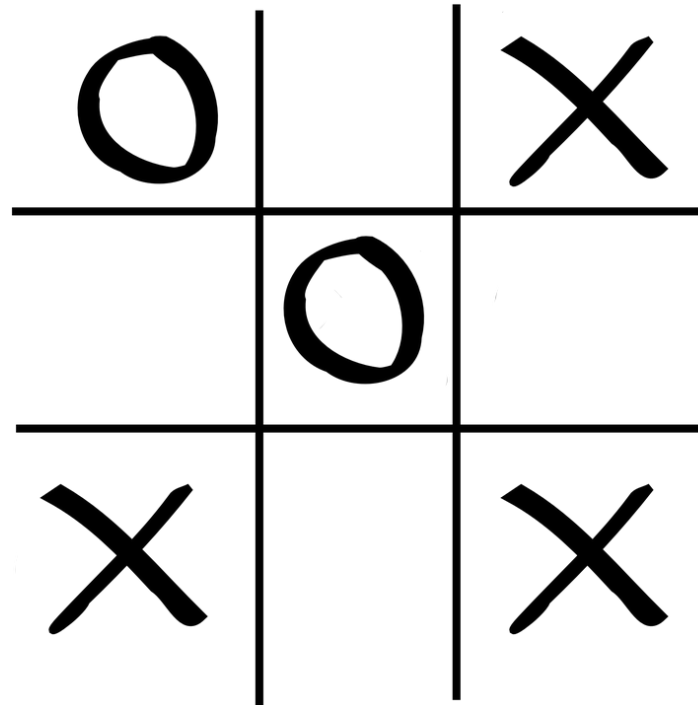
Força bruta

- Jogo da velha – como formular problema de busca?



Força bruta

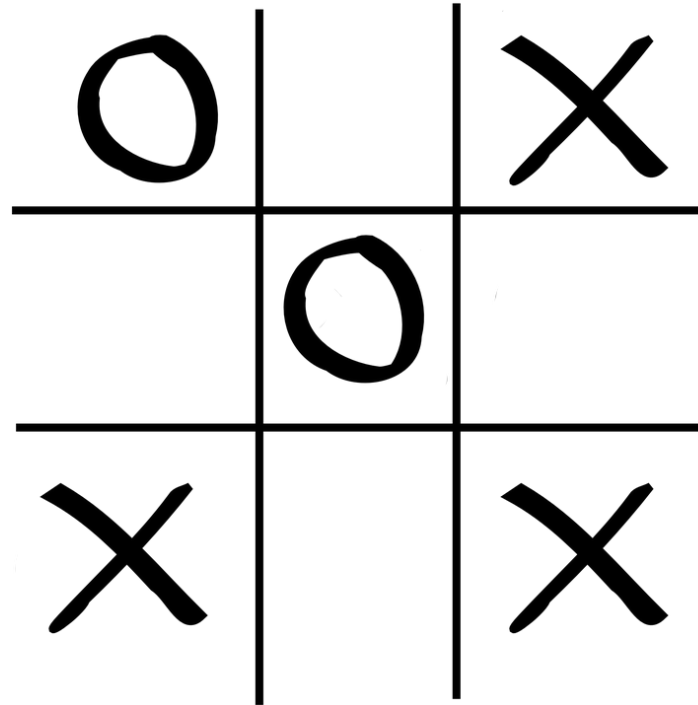
- Jogo da velha – identificar estados do problema



- **Entrada:** vetor de jogadas
- **Saída:** Vencedor (O ou X)

Força bruta

- Jogo da velha – identificar estados do problema



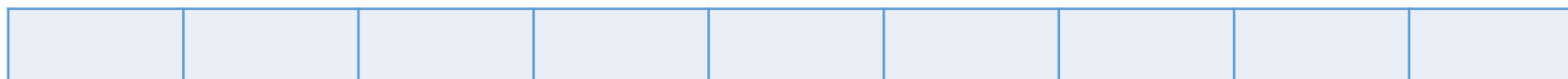
- Estado - tabuleiro
- Estado inicial
- Estado seguinte
- Estado objetivo

- **Entrada:** vetor de jogadas
- **Saída:** Vencedor (O ou X)

Força bruta

- Representação de estados

O *espaço de busca* é limitado: 9 jogadas



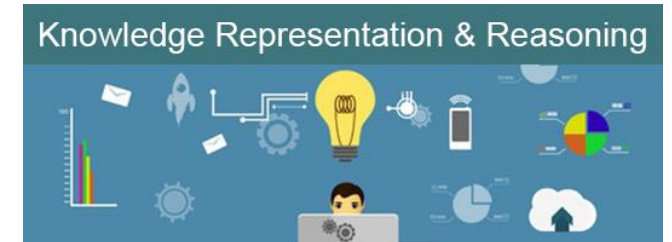
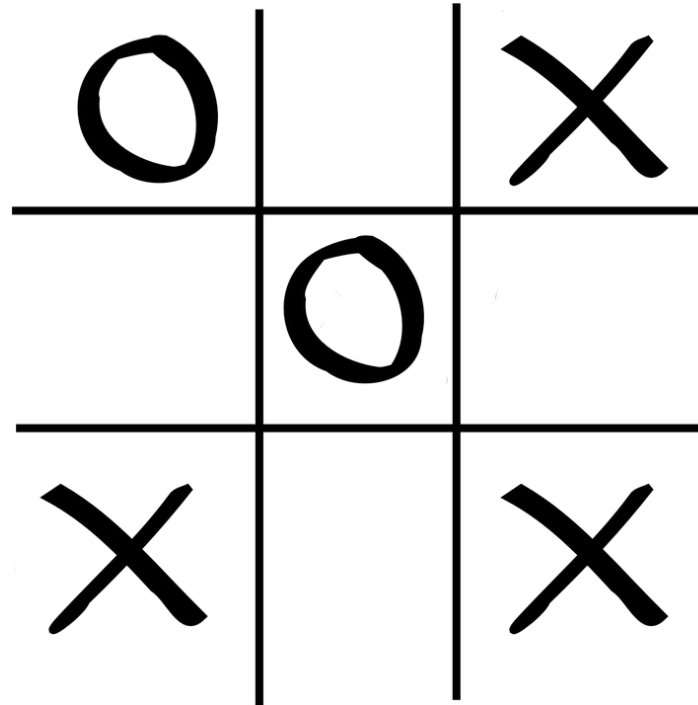
A representação por vetor identifica o estado atual do problema

Falha em representar o problema (jogadas)

- **Entrada: vetor de jogadas**
- **Saída:** Vencedor (O ou X)

Força bruta

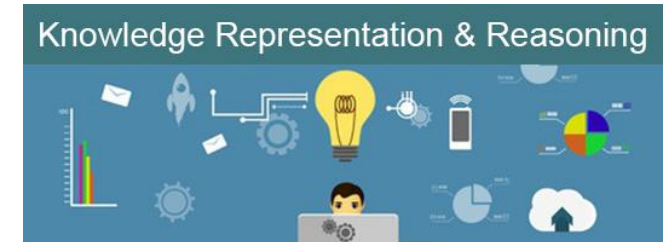
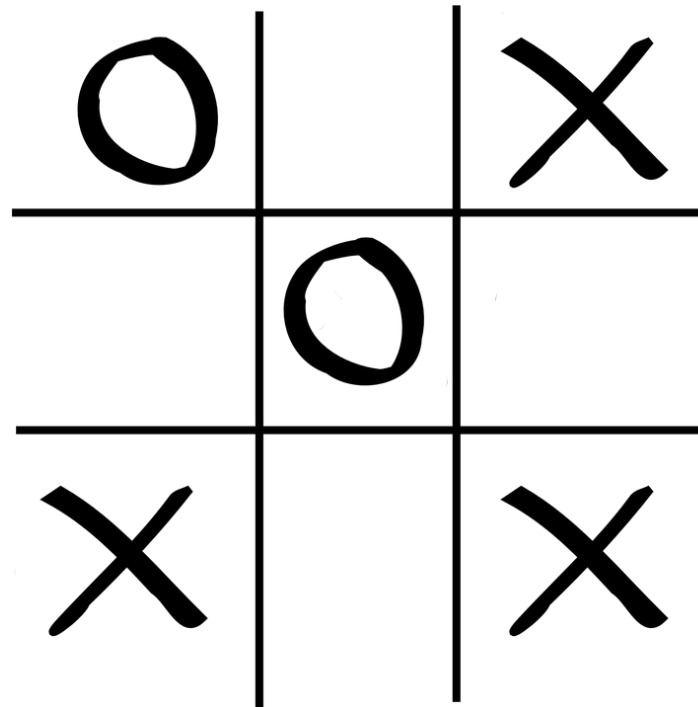
- Como representar o conhecimento do jogo?
 - *Embarcar estrutura do domínio do problema na solução candidata*



- **Entrada:** vetor de jogadas
- **Saída:** Vencedor (O ou X)

Força bruta

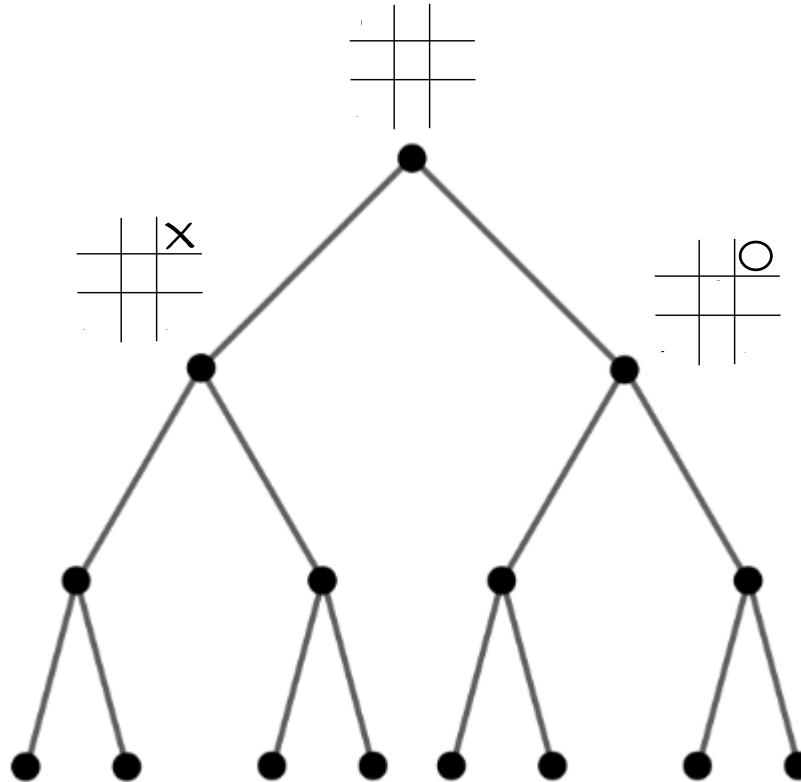
- Como representar o conhecimento do jogo?
 - *Embarcar estrutura do domínio do problema na solução candidata*



- **Entrada:** ~~vetor~~ de jogadas
- **Saída:** Vencedor (O ou X)

Busca cega

- Como representar decisões a cada instante do problema?



- **Entrada:** grafo de jogadas
- **Saída:** Vencedor (O ou X)

Busca cega

- Definição do problema de busca
 - **Estado** – representação do problema em um instante
 - Estado inicial – ex. tabuleiro vazio
 - Teste de objetivo – função booleana que diz se um estado é *estado objetivo*
 - **Ação (operador)** – move o problema de um estado à outro
 - **Função sucessora** – mapeia um estado à um conjunto de próximos estados (*vizinhança*)
 - **Espaço de estados** – conjunto de todos estados alcançáveis a partir do estado inicial
 - **Solução** - sequência de ações que levam do estado inicial para o estado objetivo

Busca cega

- Busca cega
 - Estratégias de busca **sem informação**
 - Buscam sucessores de um estado e verificam se o estado objetivo foi atingido



Busca cega

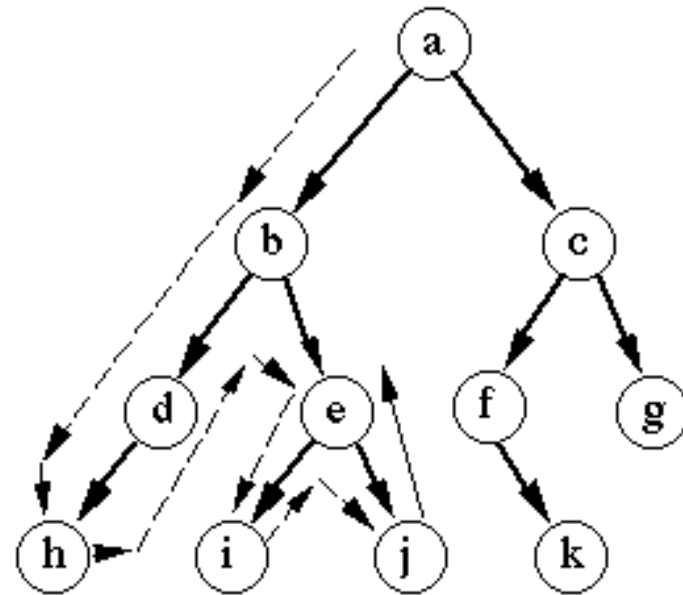
- As diferentes estratégias são avaliadas de acordo com critérios
 - **Completeza** – encontra a solução se ela existe?
 - **Complexidade**
 - **tempo** – número de estados visitados
 - **espaço** – número de estados na memória
 - **Otimalidade** – encontra a melhor solução?

Busca cega

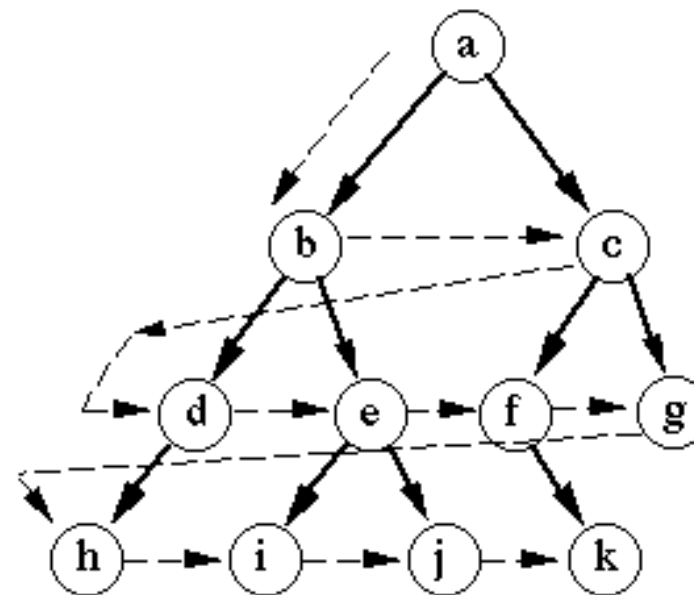
- Estratégias de busca
 - **Busca em largura**
 - **Busca em profundidade**
 - Busca em profundidade iterativa
 - Busca de custo uniforme
 - Bidirecional
 - Busca em profundidade branch and bound
 - ...

Busca cega

- Busca em profundidade e em largura



Busca em profundidade
LIFO



Busca em largura
FIFO

Atividade

- Jogo da velha

tictactoe.py

- Busca de labirinto

maze.py

maze.txt