



INF 1771 – Inteligência Artificial

Aula 05 – Busca Local

Edirlei Soares de Lima
<elima@inf.puc-rio.br>

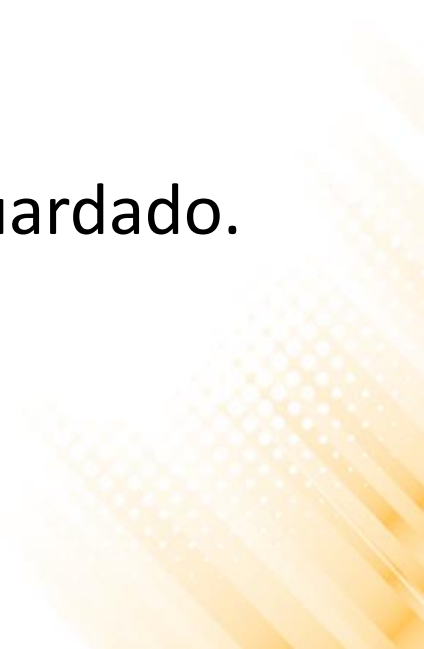
Métodos de Busca

- **Busca Cega ou Exaustiva:**
 - Não sabe qual o melhor nó da fronteira a ser expandido. Apenas distingue o estado objetivo dos não objetivos.
- **Busca Heurística:**
 - Estima qual o melhor nó da fronteira a ser expandido com base em funções heurísticas.
- **Busca Local:**
 - Operam em um único estado e movem-se para a vizinhança deste estado.

Busca Local

- Em muitos problemas o **caminho para a solução é irrelevante**.
 - **Jogo das n-rainhas:** o que importa é a configuração final e não a ordem em que as rainhas foram acrescentadas.
 - **Outros exemplos:**
 - Projeto de Circuitos eletrônicos;
 - Layout de instalações industriais;
 - Escalonamento de salas de aula;
 - Otimização de redes;
- Se o caminho para a solução não importa, podemos utilizar um algoritmo de **busca local**.

Busca Local

- Algoritmos de busca local operam sobre um **único estado corrente**, ao invés de vários caminhos.
 - Em geral se movem apenas para os **vizinhos** desse estado.
 - O caminho seguido pelo algoritmo não é guardado.
- 

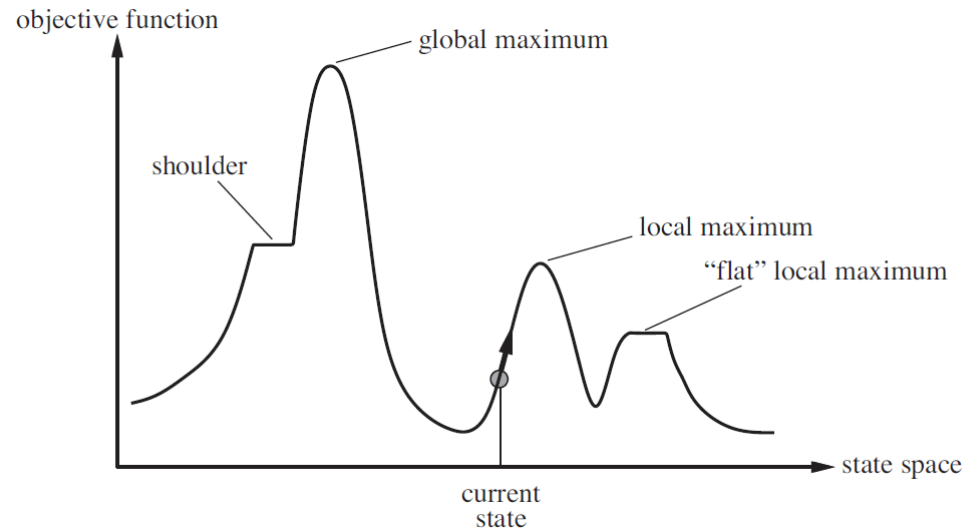
Busca Local

- **Vantagens:**
 - Ocupam pouquíssima memória (normalmente constante).
 - Podem encontrar soluções razoáveis em grandes ou infinitos espaços de estados.
- **São uteis para resolver problemas de otimização.**
 - Buscar por estados que atendam a uma função objetivo.

Busca Local

- **Panorama do Espaço de Estados:**

- **Local** = Estado;
- **Elevação** = Valor de custo da função heurística;
- Busca-se o máximo ou mínimo global;



Busca Local

- **Principais Algoritmos:**
 - Hill Climbing
 - Simulated Annealing
 - Local Beam
 - Genetic Algorithms



Pseudocódigo – Hill Climbing

Função Hill-Climbing(*Problema*) **retorna** um estado que é o máximo local

Início

EstadoAtual ← FazNó(*Problema*[EstadoInicial])

loop do

Vizinho ← SucessorDeMaiorValor(EstadoAtual)

se Vizinho[Valor] for menor ou igual EstadoAtual[Valor] **então**

retorna EstadoAtual

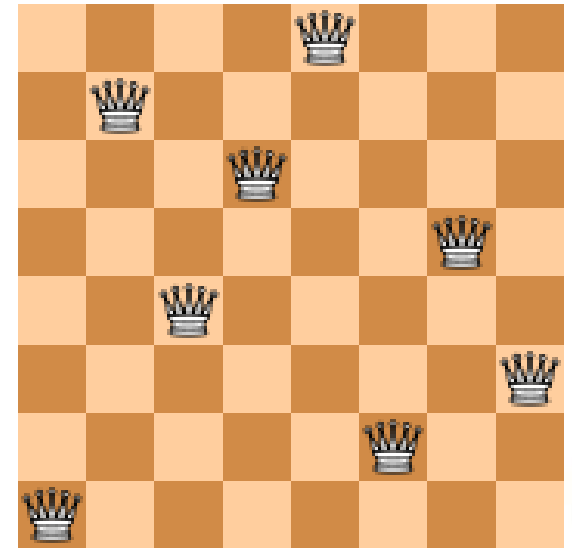
EstadoAtual ← Vizinho

Fim

- Consiste de de um loop que continuamente move-se para os estados que aumentam o valor em sua função de avaliação.
- Termina quando atinge um "pico" onde nenhum vizinho tem um valor maior.
- Não mantem uma árvores de busca.

Hill Climbing – Exemplo

- **Problema: 8 Rainhas (estados completos)**
 - Em cada estado: 8 rainhas no tabuleiro, uma em cada coluna.
- **Ações:**
 - Mover uma rainha para outro quadrado na mesma coluna.
- **Função Heurística (h):**
 - Número de rainhas sendo atacadas.
- **Objetivo:**
 - $h = 0$ (nenhuma rainha sendo atacada)




Hill Climbing – Exemplo

- $h = 17$
- Melhor movimento: 12

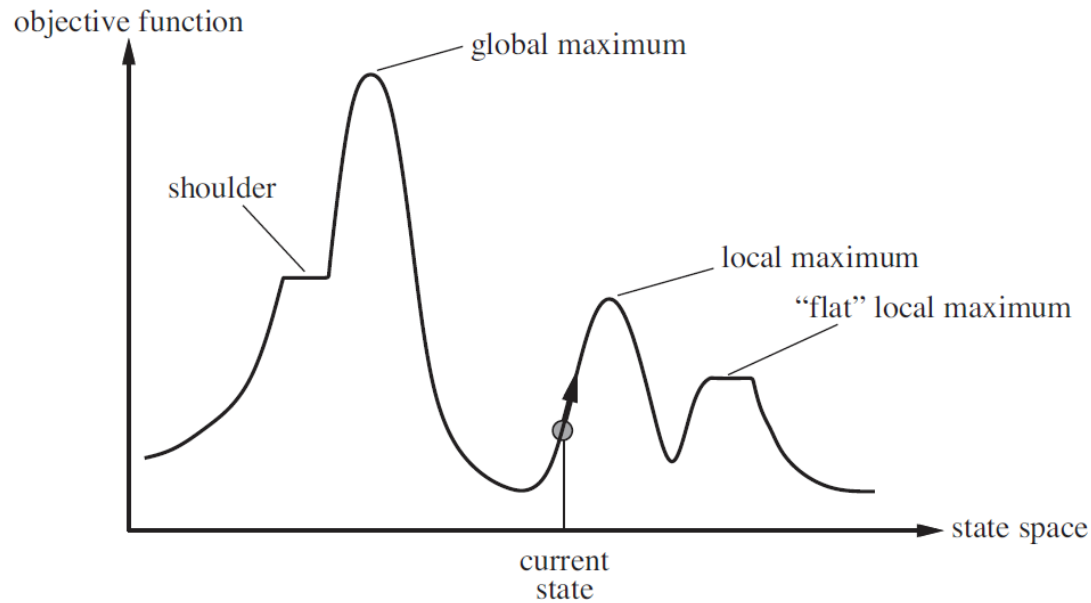
18	12	14	13	13	12	14	14
14	16	13	15	12	14	12	16
14	12	18	13	15	12	14	14
15	14	14	👑	13	16	13	16
👑	14	17	15	👑	14	16	16
17	👑	16	18	15	👑	15	👑
18	14	👑	15	15	14	👑	16
14	14	13	17	12	14	12	18

Hill Climbing

- É um **algoritmo guloso** – escolhe sempre o primeiro melhor vizinho para progredir na busca.
 - Essa abordagem pode ter **bons resultados em alguns problemas**. Sendo capaz de progredir rapidamente para a solução problema.
 - Mas, sofre de três sérios **problemas**:
 - Máximos locais
 - Planícies
 - Encostas e Picos
- 

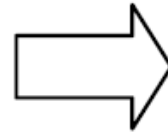
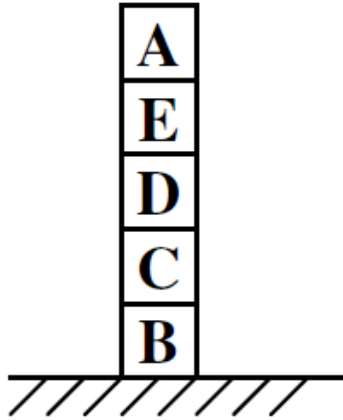
Hill Climbing

- Máximos Locais
- Planícies

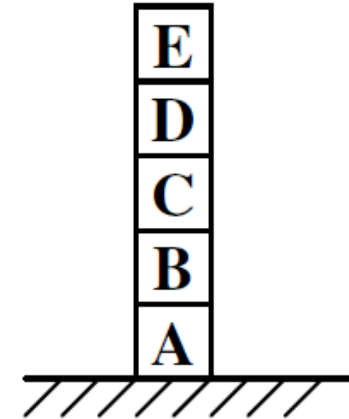


Hill Climbing – Exemplo

Estado Inicial

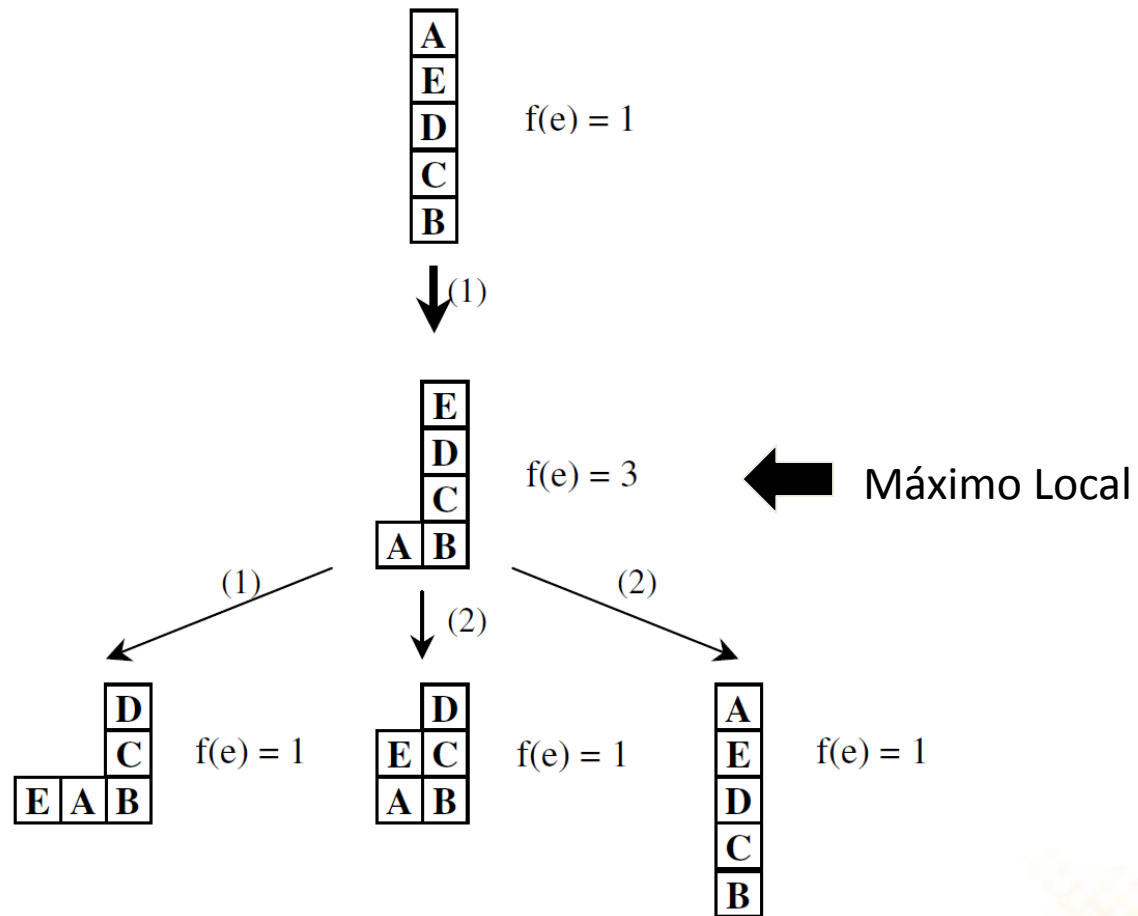


Estado Meta



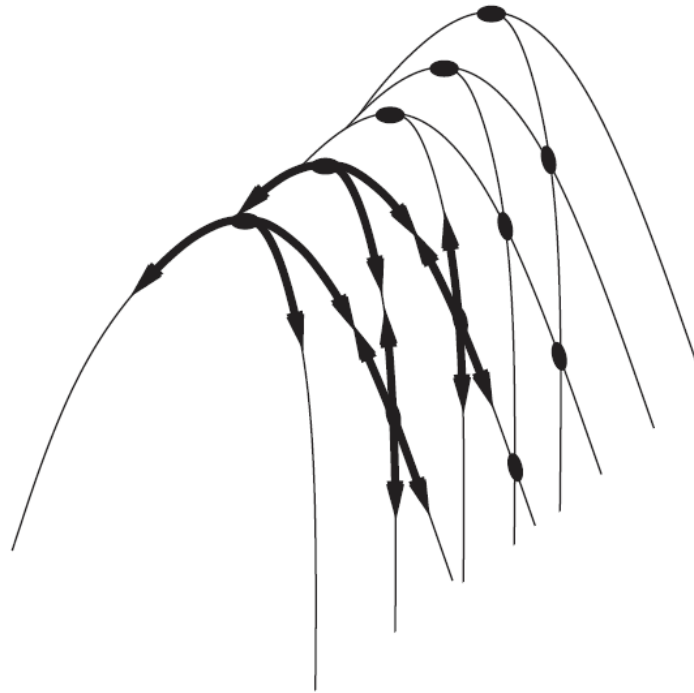
- **Ações Possíveis:**
 - Pegar um bloco e colocar ele sobre a mesa.
 - Pegar um bloco e colocar ele sobre outro bloco.
- **Heurística:**
 - +1 para cada bloco em cima do bloco onde ele deve estar.
 - -1 para cada bloco em cima do bloco errado.

Hill Climbing – Exemplo



Hill Climbing

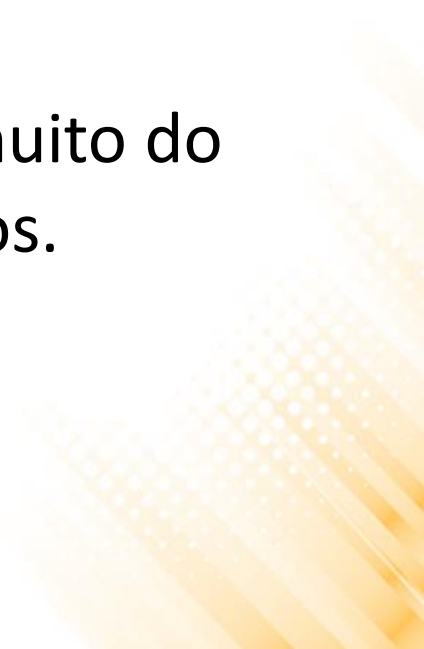
- Encostas e Picos



Hill Climbing – Exemplo

- **Problema: 8 Rainhas**
- **Inicializando aleatoriamente o estado inicial:**
 - O algoritmo fica em **preso em um máximo local** em 86% das vezes.
 - Resolve apenas 14% das instancias.
- Quando tem sucesso, resolve o problema em **aproximadamente 4 passos** – nada mal para um espaço de estados com 17 milhões de estados.

Hill Climbing

- **Variações:**
 - Random-Restart Hill Climbing;
 - **Não é ótimo e não é completo.**
 - O desempenho do Hill Climbing depende muito do **formato do panorama** do espaço de estados.
- 

Busca Online

- Todos os métodos de busca vistos até o momento são **offline**, ou seja, o agente calcula todos antes passos antes de agir.
- Agentes de busca online devem **intercalar entre busca e execução das ações**.
- Apropriado para **ambientes dinâmicos, desconhecidos** e também para **espaços de busca muito grandes**.

Busca Online - Exemplo

- **Informações:**

- **Ações(s)**

- Lista de ações possíveis no estado s .

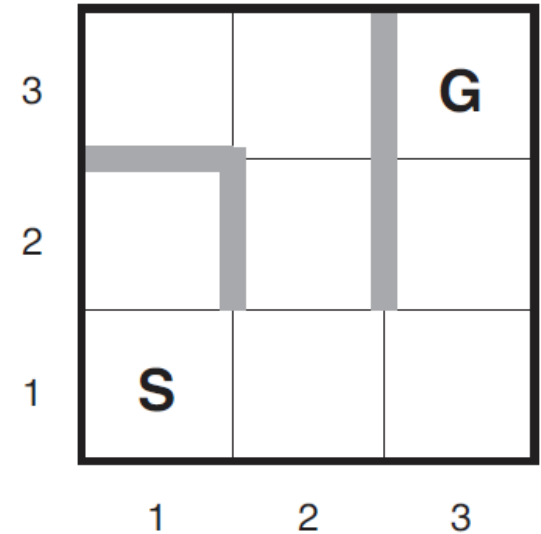
- **$C(s, a, s')$**

- Custo da execução da ação a no estado s resultando no estado s' .

- **TesteObjetivo(s)**

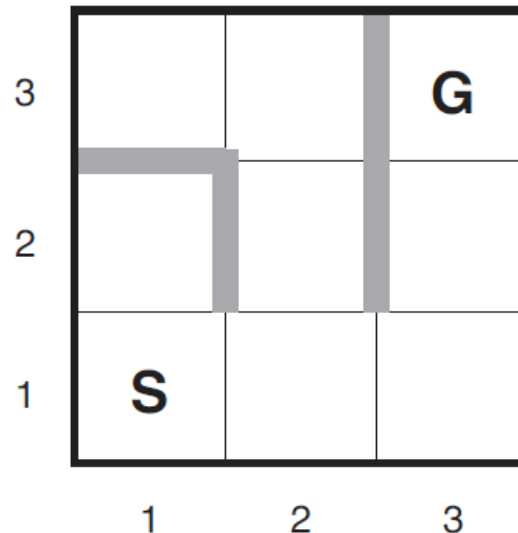
- Testa se s é o estado objetivo.

- O agente somente tem acesso aos estados sucessores após executar as ações.



Busca em Profundidade Online

- Realiza uma busca em profundidade executando as ações fisicamente durante o processo até chegar no estado objetivo.
- Se todos os vizinhos de um estado já foram visitados é necessário retornar fisicamente para a posição anterior.

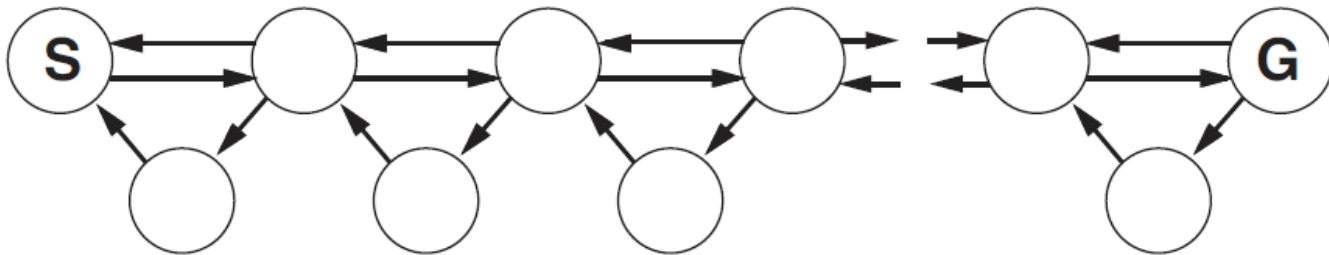


Busca Local Online

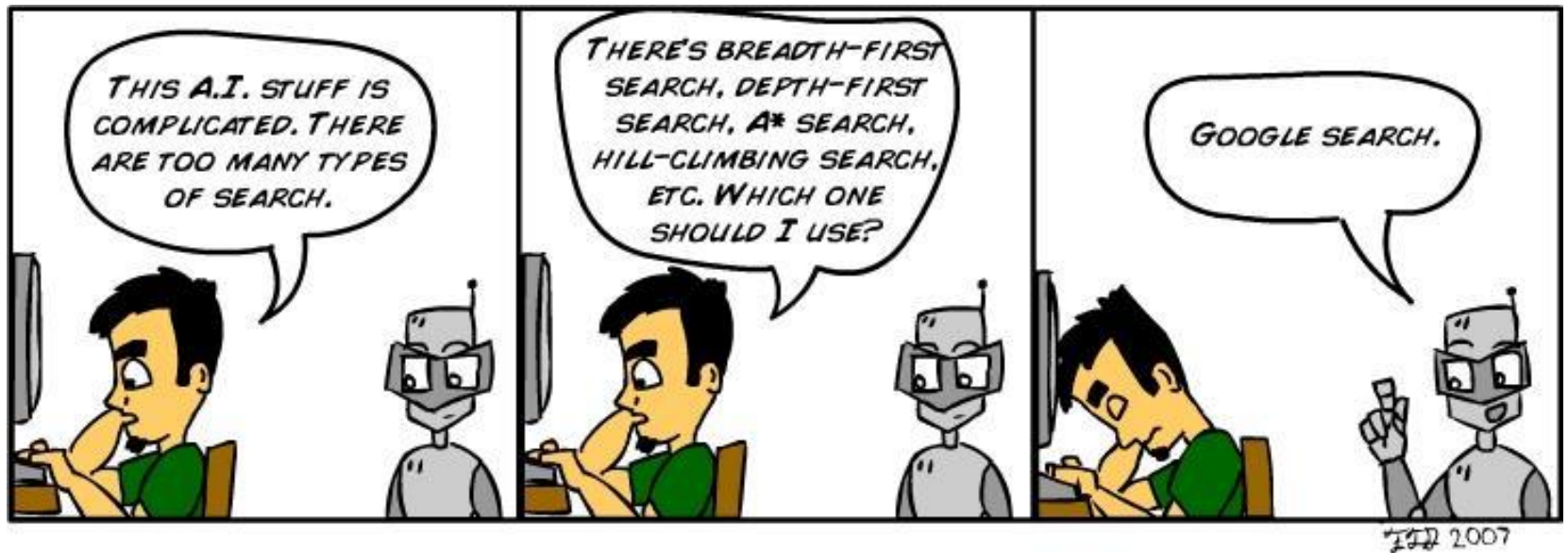
- O **hill climbing** é naturalmente um algoritmo de busca online.
- **Problema:**
 - Na sua forma mais simples, pode deixar o agente parado em um **máximo local** sem ter para onde ir.
 - Não é possível **reiniciar o processo randomicamente** porque o agente não pode teletransportar.
- **Solução:**
 - Caminhada aleatória ao chegar em uma máximo local.

Busca Local Online

- A caminhada aleatória garante que o agente eventualmente vai encontrar o objeto ou completar o processo de exploração.
- Esse processo pode ser lento.



Qual Algoritmo Usar?



Leitura Complementar

- Russell, S. and Norvig, P. **Artificial Intelligence: a Modern Approach**, 3rd Edition, Prentice-Hall, 2009.
- **Capítulo 4: Informed Search and Exploration**

