

Busca em espaços de estado

Buscas informadas: heurística

Prof. Dr. Waldemar Bonventi Jr.

2025

Características: buscas não informadas

- Nenhum nó tem preferência na escolha
 - Gerar e testar, aplicar operações na ordem
- Busca em largura consome mais memória
 - Pois guarda todos os estados visitados até aquele nível
 - Em profundidade, menos estados visitados por nível
- Busca em profundidade só é mais eficiente se a solução estiver “do lado esquerdo” da árvore
 - Mas não dá para saber de antemão
 - Humanos realizam mentalmente este tipo de busca

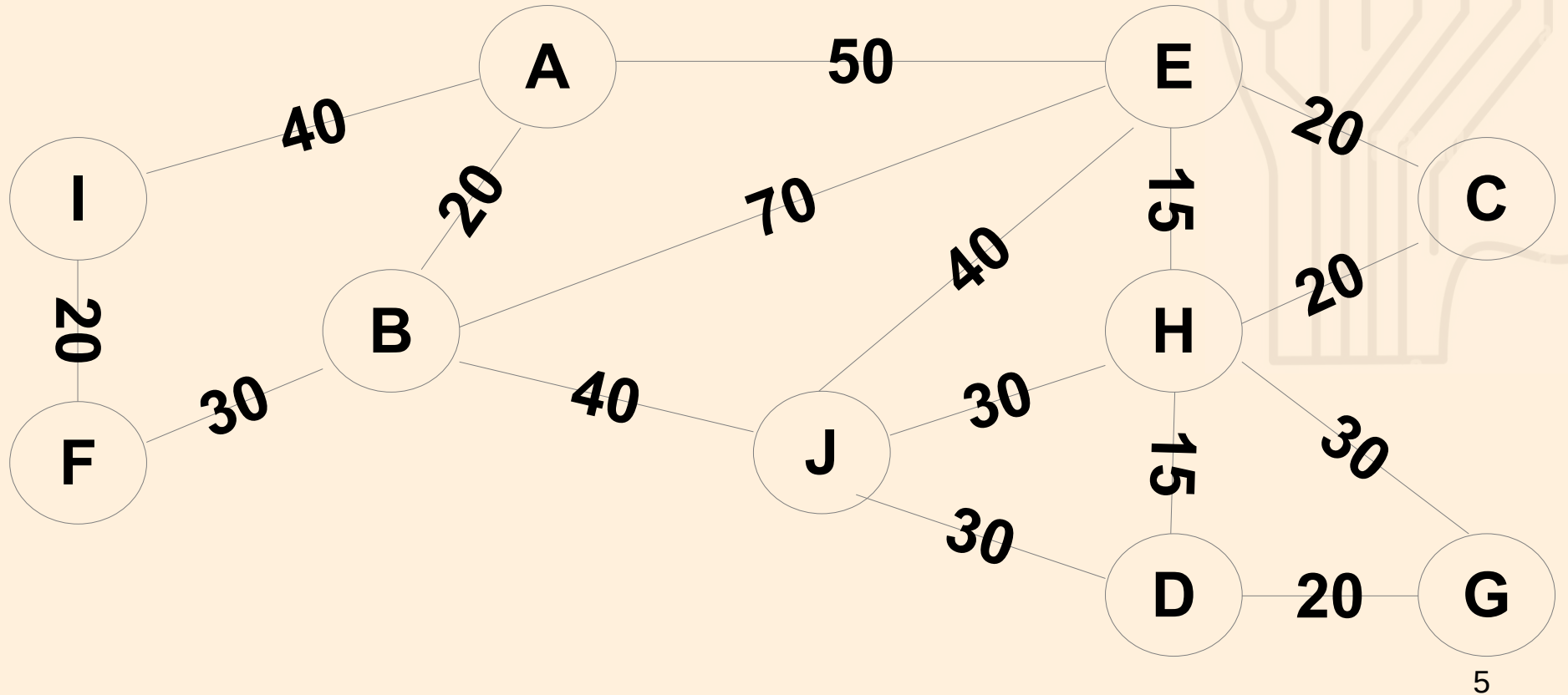
Buscas com heurísticas ou informadas

- Heurísticas podem ser entendidas como um conjunto de **regras gerais** que direcionam a solução
 - Não são as instruções propriamente ditas – pois isto é algoritmo ou sequência de ações
- Uma escolha (um ramo) na construção da árvore de busca pode ser melhor que outra
 - As operações não são mais aplicadas rigorosamente em ordem, mas a de melhor heurística tem preferência

Exemplo: jogos de tabuleiro

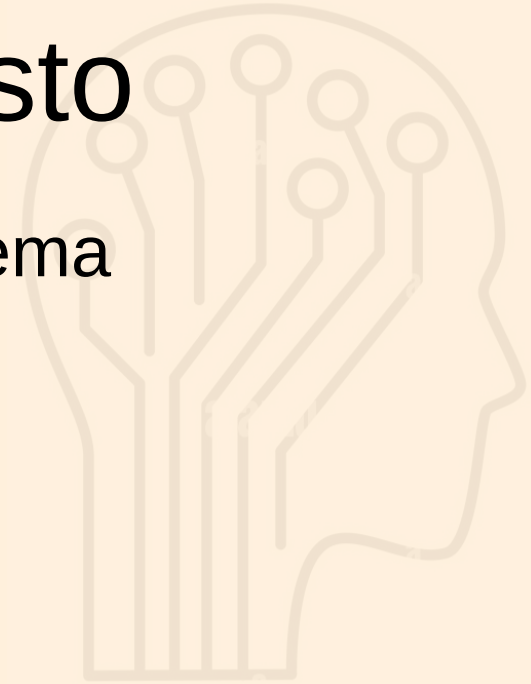
- Com uma análise das posições das peças é possível determinar, das escolhas seguintes, quais são as melhores e as piores
 - A heurística guia a decisão, através de regras gerais que estipulam o que é uma boa ou má jogada

Exemplo: encontrar um caminho do nó “A” até “D”



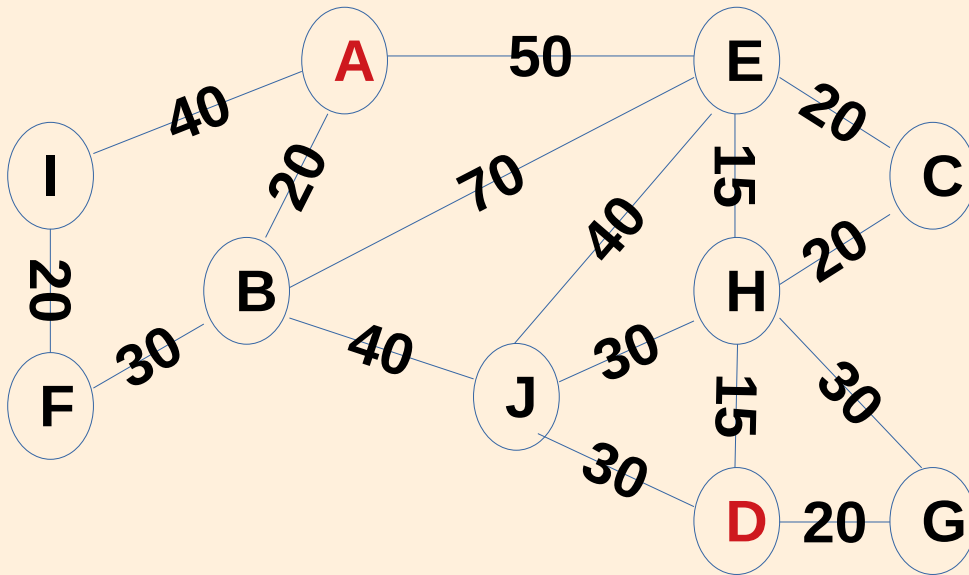
Heurística: menor custo

- Custo – o que se quer minimizar no problema
 - Tempo
 - Despesas
 - Distância
 - Espaço
 - Insumos
 - Mão-de-obra
 - ...
- A definição de como se calcular o custo depende do problema a ser resolvido

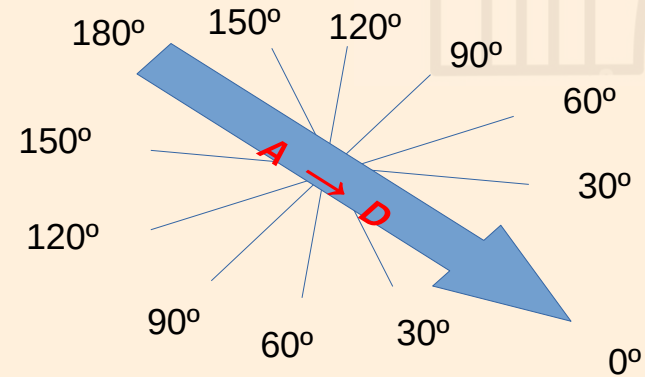


Heurística para o caso das cidades

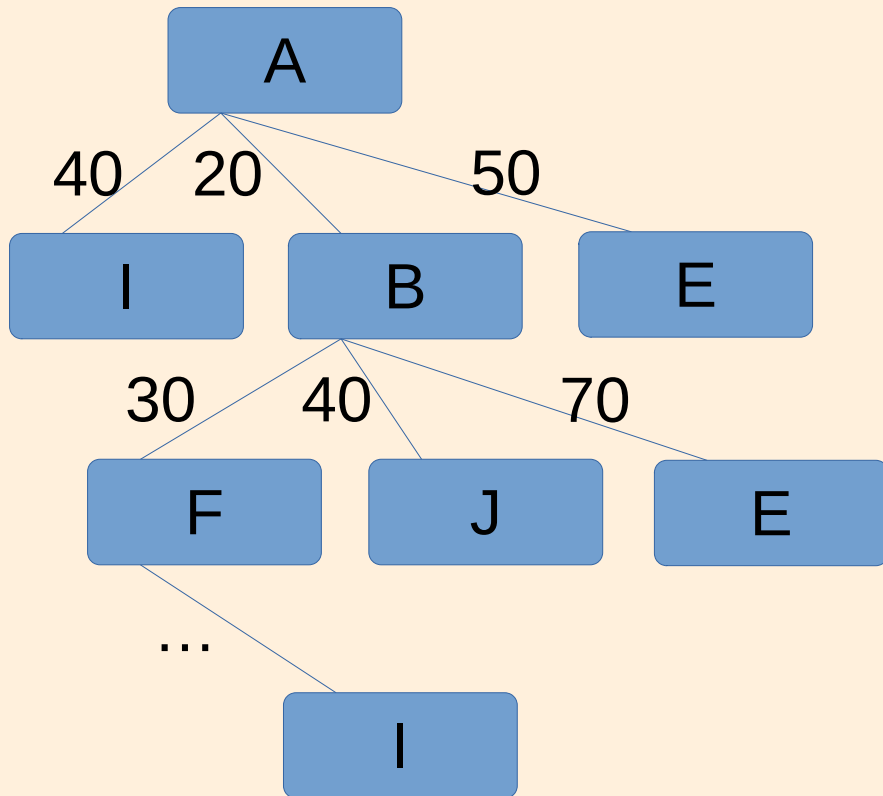
- Custo = distância até cidade mais próxima
vezes um indicador da direção correta



Uma “bússola” que indique o desvio da rota – em graus
Apontando da origem para o destino

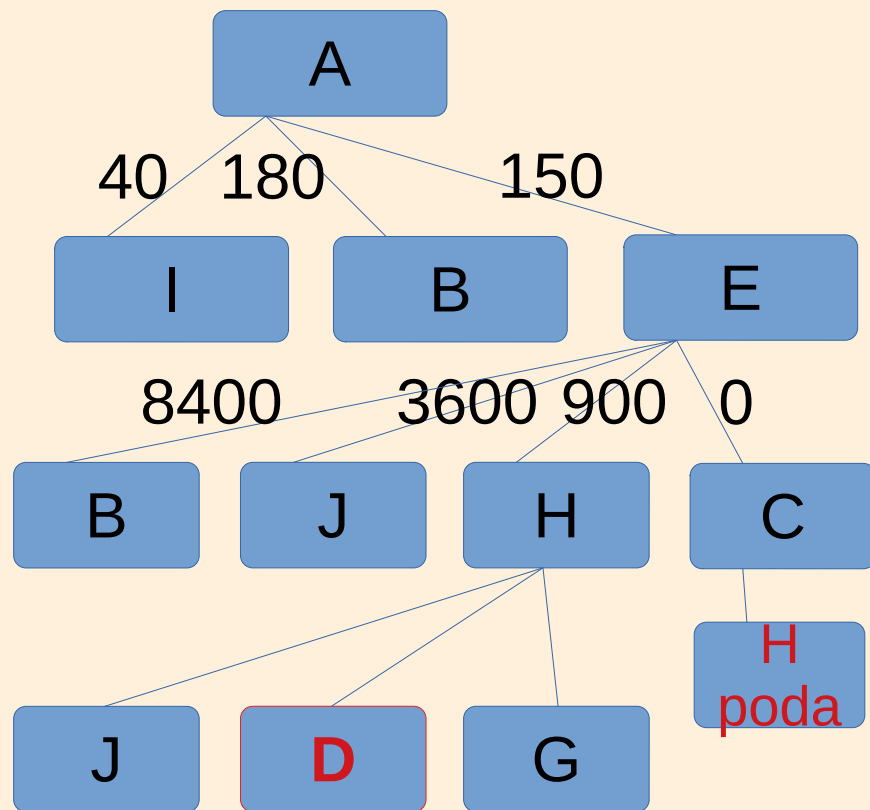


Se a heurística fosse só distância...



- $AI = 40$
- **$AB = 20$**
- $AE = 50$
-
- **$BF = 30$**
- $BJ = 40$
- $BE = 70$ (poda)
-
- $FI = \text{já saiu da rota...}$

Heurística = distância X direção



$$AI = 40 \times 120^\circ = 4800$$

$$AB = 20 \times 90^\circ = 1800$$

$$AE = 50 \times 30^\circ = 1500$$

$$EB = 70 \times 120^\circ = 8400$$

$$EJ = 40 \times 90^\circ = 3600$$

$$EH = 15 \times 60^\circ = 900$$

$$EC = 20 \times 30^\circ = 600$$

$$HJ =$$

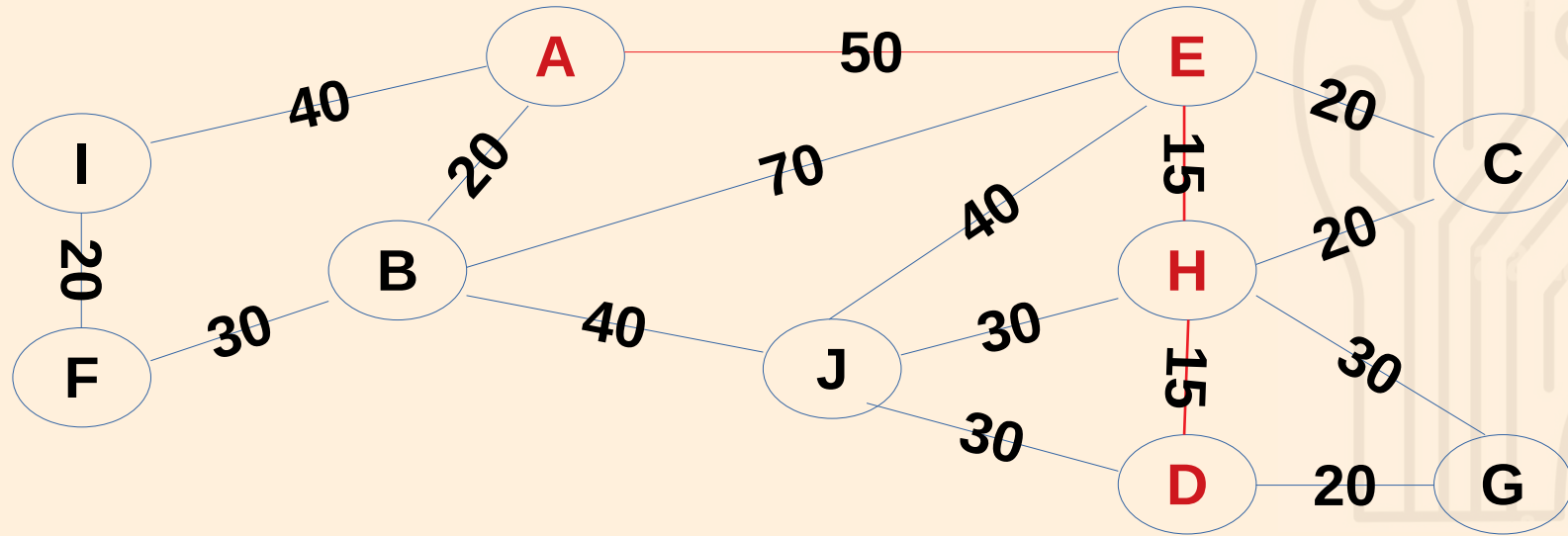
$$HD =$$

$$HG =$$

se a meta estiver
no próximo,
vá direto a ela

Em caso de
empate, priorize
uma heurística.
Por ex. a
direção

Resultado



A heurística utilizada: (direção correta X ponto mais próximo) não garante o caminho mais curto em todos os casos.

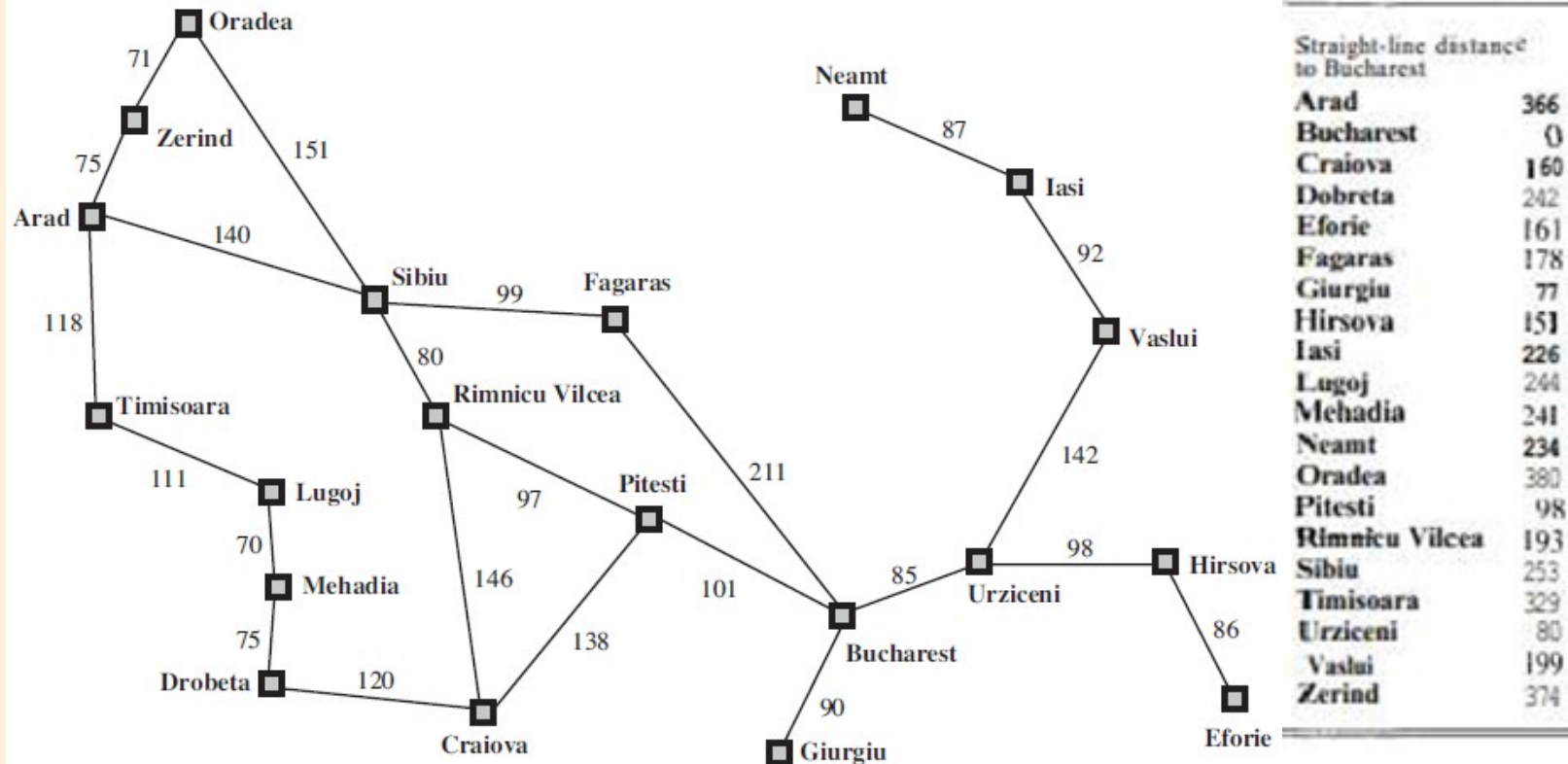
Mas, como vimos, heurística é uma regra geral, um “palpite” que auxilia na busca da solução, porque não sabemos a princípio “qual a melhor delas”.¹⁰

Busca A* (A-star)

- Técnica de busca de caminho amplamente utilizada em inteligência artificial,
 - especialmente em desenvolvimento de jogos e sistemas de navegação
- Extensão do algoritmo de Dijkstra,
 - aprimorado por meio do uso de uma função heurística (H)
 - para guiar a busca de forma mais eficiente em direção ao objetivo.
- O algoritmo calcula um custo total (F) para cada nó,
 - que é a soma do custo real (G) do ponto de partida até o nó atual
 - e a distância estimada (H) do nó atual até o destino.

$$F = G + H$$

Consider the following map of Romania taken from Text book Russell and Norvig.
Artificial Intelligence: A Modern Approach. 3rd Edition. Prentice Hall, 2010,





Apply the following Inform and uninformed searched algorithm in above network

- Breadth First Search
- Depth First Search

Busca
A*
(a-star)

Quais heurísticas o A* pode usar?

- O algoritmo A* pode utilizar diversas funções heurísticas, que são estimativas do custo de movimento do nó atual até o destino final.
- A escolha da heurística é crucial, pois afeta diretamente a eficiência do algoritmo e a garantia de encontrar o caminho mais curto
- Distância de  Manhattan 
- Distância Euclidiana
- Podem ser valores compostos, que incluem múltiplos fatores como
 - trânsito,
 - tempo,
 - custo de combustível,
 - ou até mesmo um "mapa de influência" que penaliza nós perigosos
 - ou caminhos já reivindicados por outras unidades em movimento para evitar colisões