

Aula 3

Inteligência Artificial Aplicada

Prof. Dr. Luciano Frontino de Medeiros

Conversa Inicial

- ▀ **Resolver problemas, uma das atividades mais nobres do ser humano**
- ▀ **Um dos temas mais estudados e desenvolvidos da IA**

▀ Temas:

- **Resolução de problemas de busca**
- **Componentes de um problema de busca**
(...)

(...)

- **Exemplos de problemas**
- **Estratégias de busca sem informação**
- **Estratégias de busca com informação**

Resolução de Problemas de Busca

■ **Agentes de resolução de problemas:**

- Os agentes de resolução de problemas tomam decisões sobre (...)

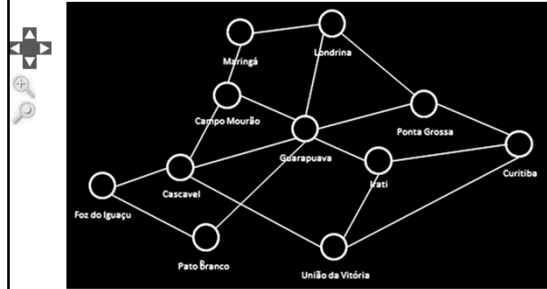
(...)

- os próximos passos encontrando as sequências de ações que resultam nos estados desejáveis

(Russel; Norvig, 2004, p. 62).

■ **Problema do viajante:**

- Um dos problemas típicos é como percorrer todos os locais considerando um custo mínimo ótimo



■ **Formulação de problemas:**

- Passo essencial, pois é o processo de decidir quais estados e ações deverão ser considerados na abordagem do problema, dado um determinado objetivo

(Russel; Norvig, 2004, p. 62).

■ **Algoritmo de busca:**

- Recebe na sua entrada um problema e apresenta na sua saída uma solução, descrita sob a forma de uma sequência de ações definidas
- O processo de procurar essa sequência é denominado de busca

Componentes de Problemas de Busca

- Estado inicial
- Função sucessor
- Teste de objetivo
- Função de custo

(Russel; Norvig, 2004, p. 64).

- Estado inicial:

- O estado no qual o agente começa
- Por exemplo, se o agente do exemplo da viagem estiver em Foz do Iguaçu, o estado inicial pode ser descrito como "origem" (Foz do Iguaçu)

- Função sucessor:

- Dado um estado particular x , sucessor (x) retorna um conjunto de pares $\langle \text{ação}, \text{sucessor} \rangle$, no qual cada ação é uma das ações válidas no estado x e cada sucessor pode ser alcançado partindo de x

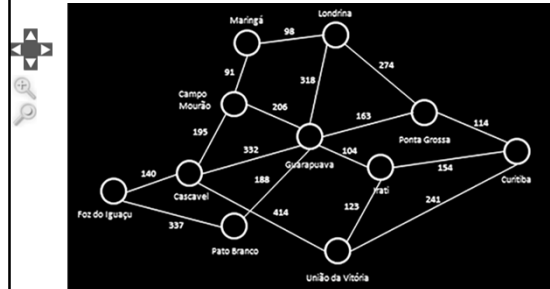
- Teste de objetivo:

- Determina se um estado é objetivo
- O objetivo do exemplo é o estado final "origem" (Curitiba)
- (...)

(...)

- Pode ser definido como uma propriedade abstrata, e não por um estado ou conjunto de estados específicos

- **Função de custo:**
 - **Atribui um custo numérico a cada caminho**



- **Soluções para o problema:**
 - **Uma solução para um problema é um caminho que leva o agente desde o estado inicial até o estado objetivo (...)**

(...)

- **Uma solução ótima é aquela que apresenta o menor custo dentre todas as soluções possíveis**

Exemplos de Problemas

- **Miniproblemas:**
 - **Destinam-se a ilustrar ou praticar métodos de resolução de problemas, podendo ter descrições concisas e exatas (...)**

(...)

- Podem ser utilizados por diversos métodos para comparação de desempenho

- Problemas do mundo real:
 - São aqueles que não tendem a ter uma descrição concisa e exata, abstraídos de situações da realidade
 - “Dividir-para-conquistar”

Exemplo: robô aspirador:

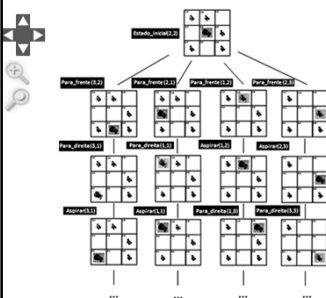
Robô Aspirador	
Formulação	Descrição
Estados	O agente se posiciona em uma de 9 posições diferentes que podem conter sujeira ou não. A quantidade de espaços possíveis (contando que todos contenham sujeira) é de 9×2 estados mais 2 do estado inicial resultando em 20 estados.
Estado inicial	Robô na posição (2,2)
Função sucessor	Gera os estados válidos resultantes da tentativa de ação (Para-frente, Para-direita, Aspirar). Ver na figura 3.
Teste de objetivo	Verificar se todos os quadrados estão limpos.
Custo de caminho	Cada passo custa 1 unidade; o custo do caminho é o número de passos.

Exemplo: *puzzle* de 8 peças:

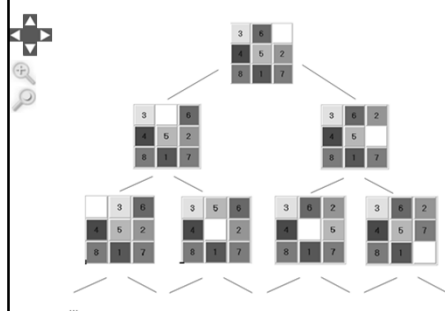
Puzzle de 8 peças		
Formulação	Descrição	Exemplo
Estados	Uma disposição específica das 8 peças sobre o tabuleiro 3x3.	
Estado inicial	Qualquer estado pode ser definido como o estado inicial (Ver figura 4).	
Função sucessor	Gera os estados válidos para execução das quatro ações possíveis: Esquerda, Cima, Baixo, Direita.	
Teste de objetivo	Verifica se o estado alcançado é o mesmo que foi definido como objetivo.	
Custo de caminho	Cada passo custa 1 unidade; o custo do caminho é o número de passos.	

(Adaptado de Russell; Norvig, 2004, p. 66).

Expansão: robô aspirador:



Expansão: *puzzle* de 8 peças:



▪ **Exemplo: problema de roteamento**

Problema de Roteamento	
Formulação	Descrição
Estados	Representação de uma posição ou nó
Estado inicial	Especificado de acordo com o problema
Função sucessor	Os nós ou posições que estão adjacentes
Teste de objetivo	Verificar se pela movimentação através dos nós, chega-se ao nó destino
Custo de caminho	Dado pelo somatório do custo de cada ligação entre os pares de nós

▪ **Complexidade exponencial:**

- Este problema demonstra a explosão combinatória que pode acontecer mesmo o problema tendo poucas instâncias para resolução (...)

Pontos ou nós	$(n-1)!$	Tempo
5	24	Insignificante
10	362880	Insignificante
15	87,17 bilhões	9 segundos
20	$1,2 \cdot 10^{17}$	3,9 anos
25	$6,2 \cdot 10^{23}$	19,6 milhões de anos

Estratégias de Busca sem Informação

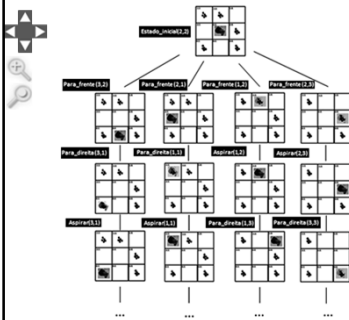
▪ **Árvores de busca:**

- Geradas a partir do estado inicial e pela função sucessor, configurando assim o espaço de estados (...)

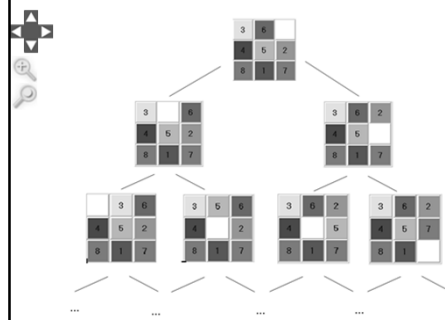
(...)

- Um nó de busca é a raiz da árvore, relativa ao estado inicial, expandindo nos estados possíveis a partir da função sucessor, gerando um novo ramo ou conjunto de estados

Expansão: robô aspirador:



Expansão: puzzle de 8 peças:



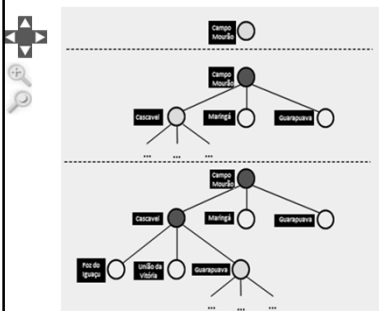
Estratégia de busca:

- O propósito da busca é fazer a expansão de forma contínua, avaliando os nós gerados, escolhendo um e verificando se o nó é um estado objetivo ou não
- (...)

(...)

- A escolha de qual estado expandir é determinada pela estratégia de busca

Exemplo de expansão:



Algoritmo genérico de busca:

```
function BUSCA-EM-ARVORE (problema, estratégia)
  Inicializa a árvore de busca usando o estado inicial;
  repeat
    if não existe nenhum candidato para expansão then
      return falha;
    escolher nó para expansão conforme estratégia;
    if nó contém estado objetivo then
      return solução encontrada;
    else
      expandir o nó e adicionar os nós resultantes na árvore de busca;
```

(Adaptado de Russel; Norvig, 2004, p. 71).

Estratégias de Busca com Informação

- Estratégias de busca sem informação:
 - Extensão ou amplitude
 - Custo uniforme
 - (...)

(...)

- Profundidade
- Profundidade limitada
- Aprofundamento iterativo
- Bidirecional

- Estratégias de busca com informação:
 - Busca gulosa (*greedy search*)
 - Busca A* (A-estrela)

■ Comparação: busca sem informação:

Critério	BE	BCU	BP	BPL	BAIP	BB
Completa?	Sim ^a	Sim ^{a,b}	Não	Não	Sim ^a	Sim ^{a,d}
Tempo	$O(b^{d+1})$	$O(b^{C \cdot d \cdot \epsilon_1})$	$O(b^m)$	$O(b^l)$	$O(b^d)$	$O(b^{d/2})$
Espaço	$O(b^{d+1})$	$O(b^{C \cdot d \cdot \epsilon_1})$	$O(bm)$	$O(b \cdot l)$	$O(bd)$	$O(b^{d/2})$
Ótima?	Sim ^c	Sim	Não	Não	Sim ^c	Sim ^{c,d}

(Adaptado de Russel; Norvig, 2004, p. 81).

■ Comparação: busca com informação:

Critério	Busca Gulosa	A*
Completa?	Não ^a	Sim ^b
Tempo	$O(b^m)$	$O(b^m)$ no pior caso $O(\log h^*(n))$ se o espaço de busca é uma árvore com um objetivo apenas
Espaço	$O(b^m)$	$O(b^m)$, expande todos os nós
Ótima?	Não	Sim

(Adaptado de Russel; Norvig, 2004, p. 95-97).

