

# Inteligência Artificial

Professor: José Eurípedes Ferreira de Jesus Filho  
*jeferreirajf@gmail.com*

Universidade Federal de Jataí – UFJ

# Aula anterior

- Aprendemos sobre **agentes inteligentes**.
  - Diferenças entre **agentes** e **agentes inteligentes**.
  - Definição de **ambiente**.
  - Diferentes tipos de **ambientes**.
  - Diferentes classificações de **ambientes**.

# Agenda

- Introdução.
- Agentes de resolução de problemas.
- Problemas bem definidos.
- Problemas do mundo real.
- Busca.
- Informação parcial.

# Introdução

- Agentes reativos
  - Baseados no mapeamento direto de estados para ações.
- Agentes baseados em objetivos
  - Considera ações futuras e conveniência dos seus resultados.
- **Agente de resolução de problemas**
  - É um agente especial baseado em objetivos.

# Agentes de resolução de problemas

- Objetivo
  - O agente pode ter várias metas.
  - As vezes **adotar um objetivo** simplifica o problema.
  - A formulação de objetivos baseado na situação atual e na medida de desempenho é o primeiro passo para a resolução de problemas.

# Agentes de resolução de problemas

- Formulação de problemas
  - Quais as ações que devem ser consideradas?
  - Quais os estados que devem ser explorados?
  - Qual o objetivo?
- As vezes detalhes demais levam a problemas muito difíceis!

# Agentes de resolução de problemas

- Busca
  - É o processo de examinar várias sequências possíveis que levam ao estado desejado/conhecido e então **escolher a melhor sequência**.
  - Um algoritmo de busca recebe **um problema** e devolve uma sequência de ações como **solução**.
- Uma solução deve ser possível de execução!

# Problemas bem definidos

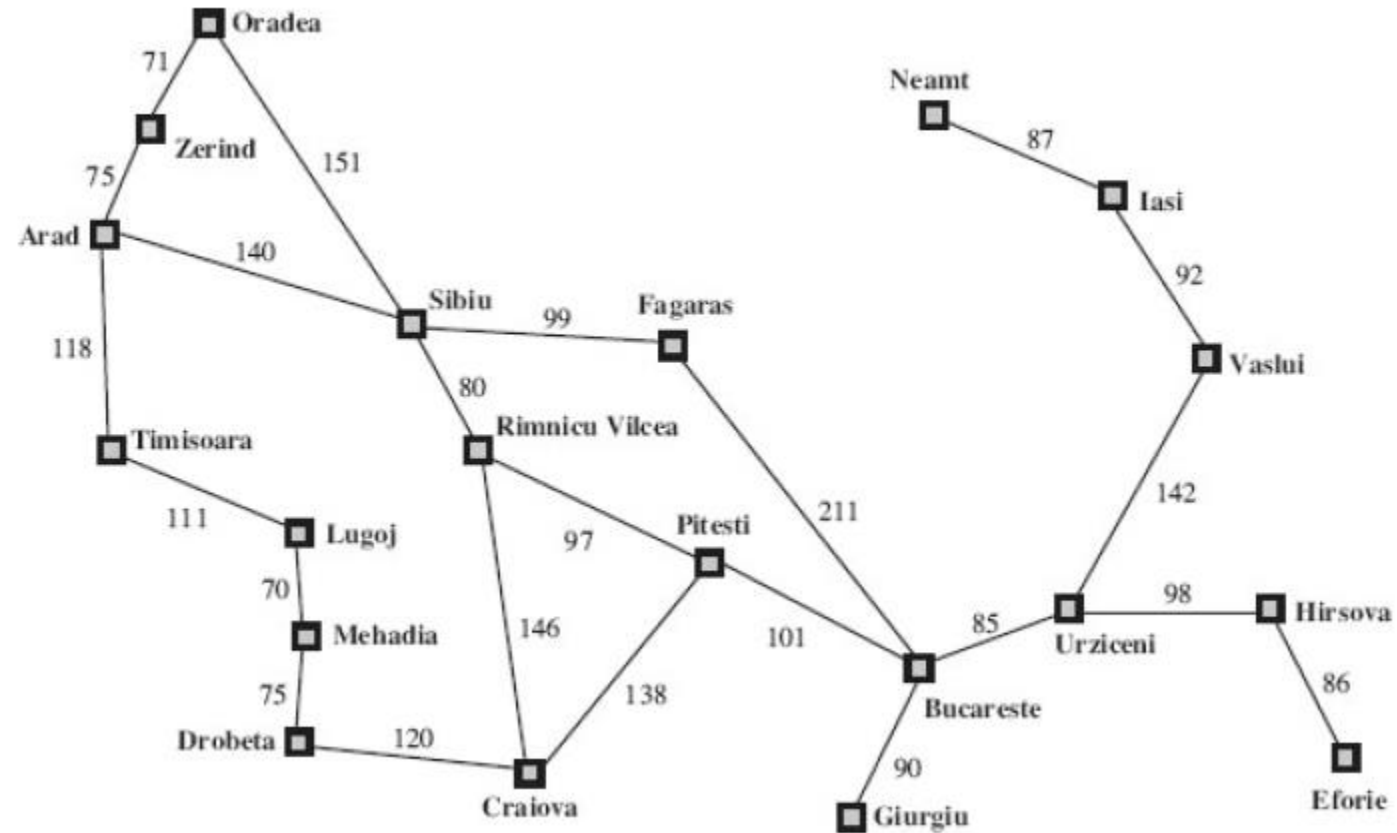
- Um problema bem definido precisa de:
  - Estado inicial;
    - Conjunto de possíveis estados onde o agente começa a busca;
  - Ações possíveis;
    - Geralmente descrita pela função ***Sucessor***( $x$ ) onde  $x$  é um estado e a função retorna um conjunto de pares ordenados  $\{acao, proximo\_estado\}$  possíveis a partir de  $x$ .
  - Espaço de estados;
    - Definido implicitamente pela função ***Sucessor*** e pelo **estado inicial**.
  - Teste de objetivo;
    - Determina se um dado estado é um estado objetivo.
  - Custo do caminho.
    - Atribui um custo numérico a cada caminho. Está relacionado com a função de desempenho.
    - Custo de passo: valor numérico de ir para de um estado  $x$  para um estado  $y$ , denotado como  $c(x, y)$ .



# Problemas bem definidos

- Processo de abstração
  - Processo de remover detalhes não relevantes de uma representação.
  - Importante para a simplificação de problemas.
  - As vezes adotar um objetivo ajuda no processo de abstração.

# Problemas bem definidos



# Problemas bem definidos

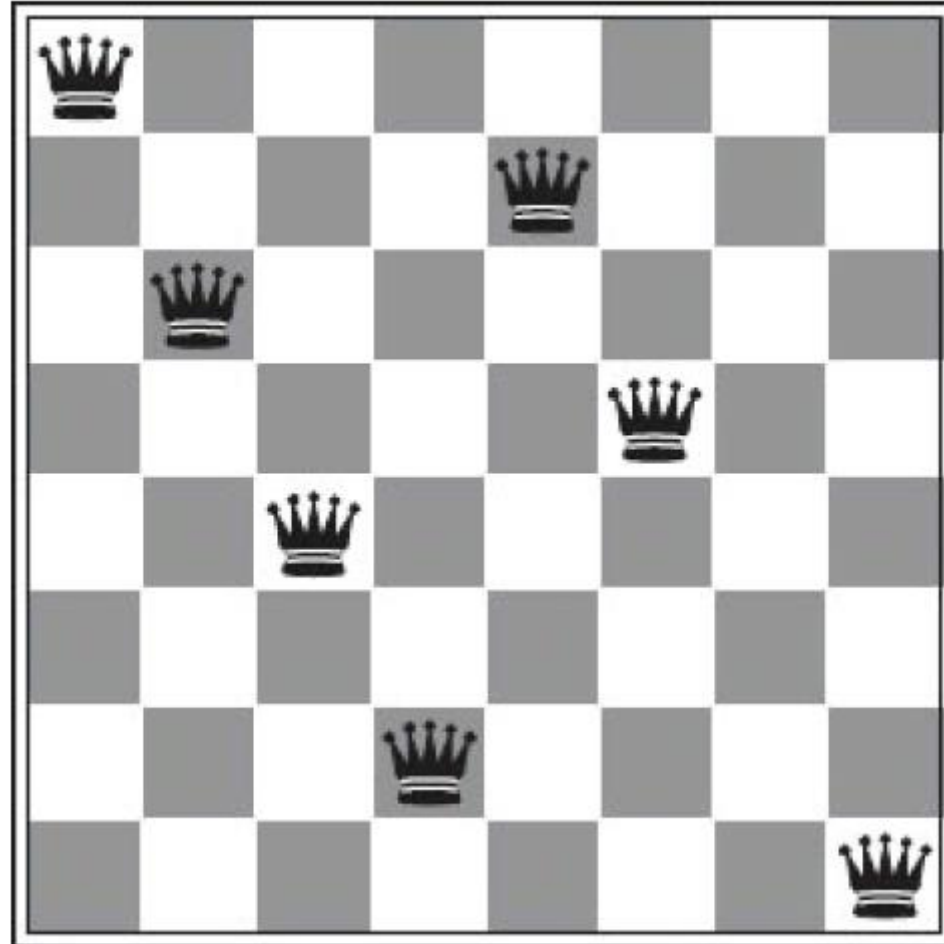
7	2	4
5		6
8	3	1

Estado inicial

	1	2
3	4	5
6	7	8

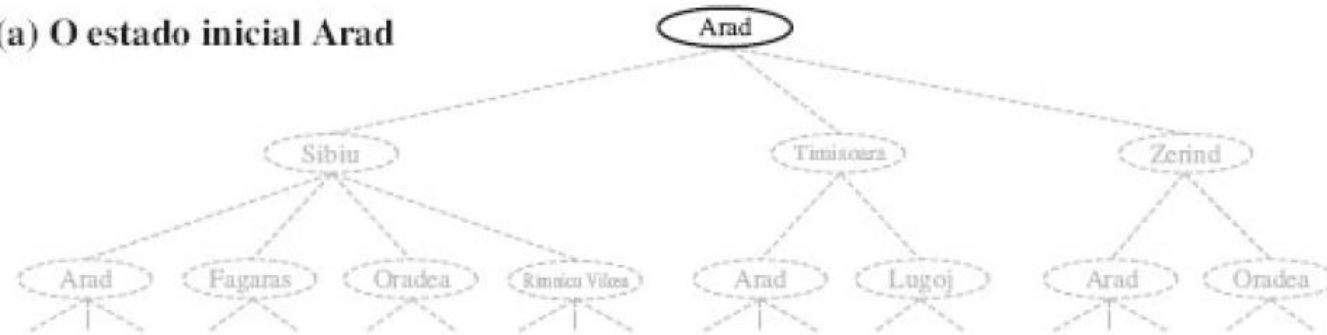
Estado objetivo

# Problemas bem definidos

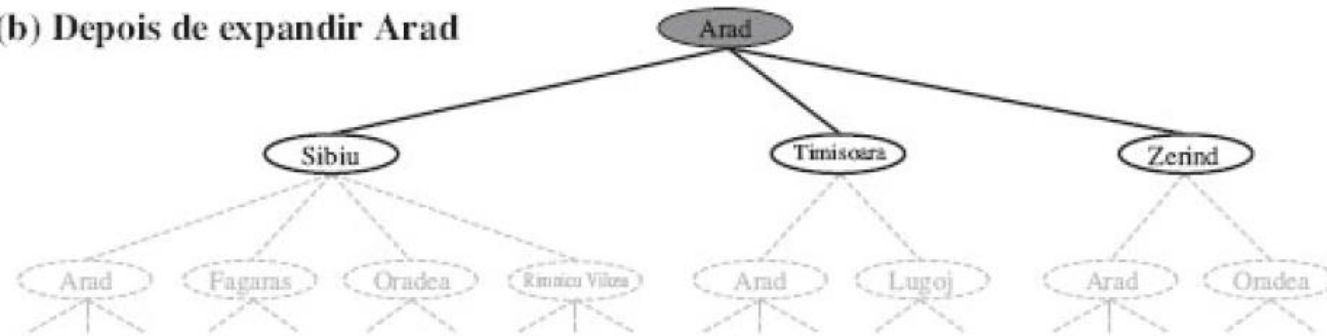


# Busca

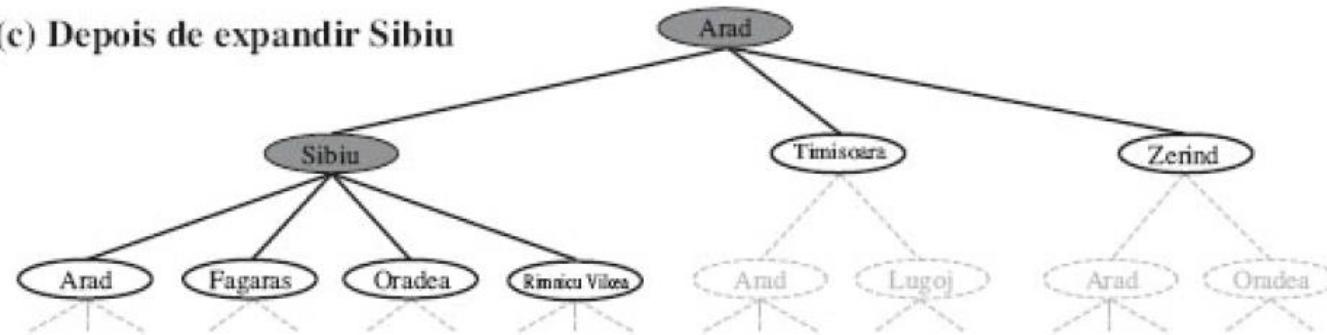
(a) O estado inicial Arad



(b) Depois de expandir Arad



(c) Depois de expandir Sibiu



# Busca

**Função** BUSCA-EM-ÁRVORE(*problema*, *estratégia*) **retorna** uma solução ou falha

Inicializar a árvore de busca usando o estado inicial de *problema*

**Repita**

**Se** não existe nenhum candidato para expansão **então retornar** falha

Escolher um nó folha para expansão de acordo com *estratégia*

**Se** o nó contém um estado objetivo **então retornar** a solução correspondente

**Senão** expandir o nó e adicionar os nós resultantes à árvore de busca

# Busca

**Função** BUSCA-EM-ÁRVORE(*problema*, *fila*) **retorna** uma solução ou falha

*fila*  $\leftarrow$  INSERIR( CRIAR-NÓ( ESTADO-INICIAL[*problema*] ), *fila* )

**Repita**

Se VAZIA?(*fila*) **então retornar** falha

*Nó*  $\leftarrow$  REMOVER-PRIMEIRO(*fila*)

Se TESTAR-OBETIVO[*problema*] aplicado a ESTADO[*Nó*] tem sucesso **então retornar** SOLUÇÃO(*nó*)

*fila*  $\leftarrow$  INSERIR-TODOS(EXPANDIR(*nó*, *problema*), *fila*)

# Busca

**Função** EXPANDIR(*nó*, *problema*) **retorna** um conjunto de nós

*sucessores*  $\leftarrow$  conjunto vazio

**Para cada** <ação, resultado> em SUCESSOR[*problema*]( ESTADO[*nó*] ) **faça**

*s*  $\leftarrow$  um novo NÓ

ESTADO[*s*]  $\leftarrow$  resultado

NÓ-PAI[*s*]  $\leftarrow$  *nó*

AÇÃO[*s*]  $\leftarrow$  ação

CUSTO-DO-CAMINHO[*s*]  $\leftarrow$  CUSTO-CAMINHO[*nó*] + CUSTO-DO-PASSO[*nó*, ação, *s*]

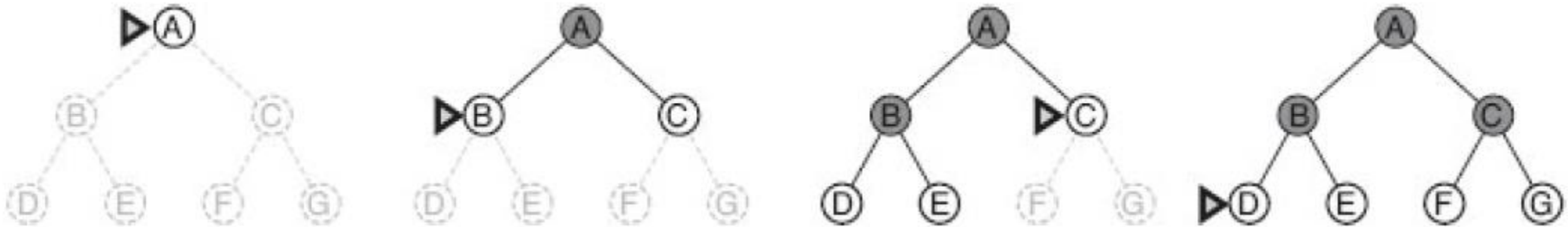
PROFUNDIDADE[*s*]  $\leftarrow$  PROFUNDIDADE[*nó*] + 1

adicionar *s* a *sucessores*

**retornar** *sucessores*



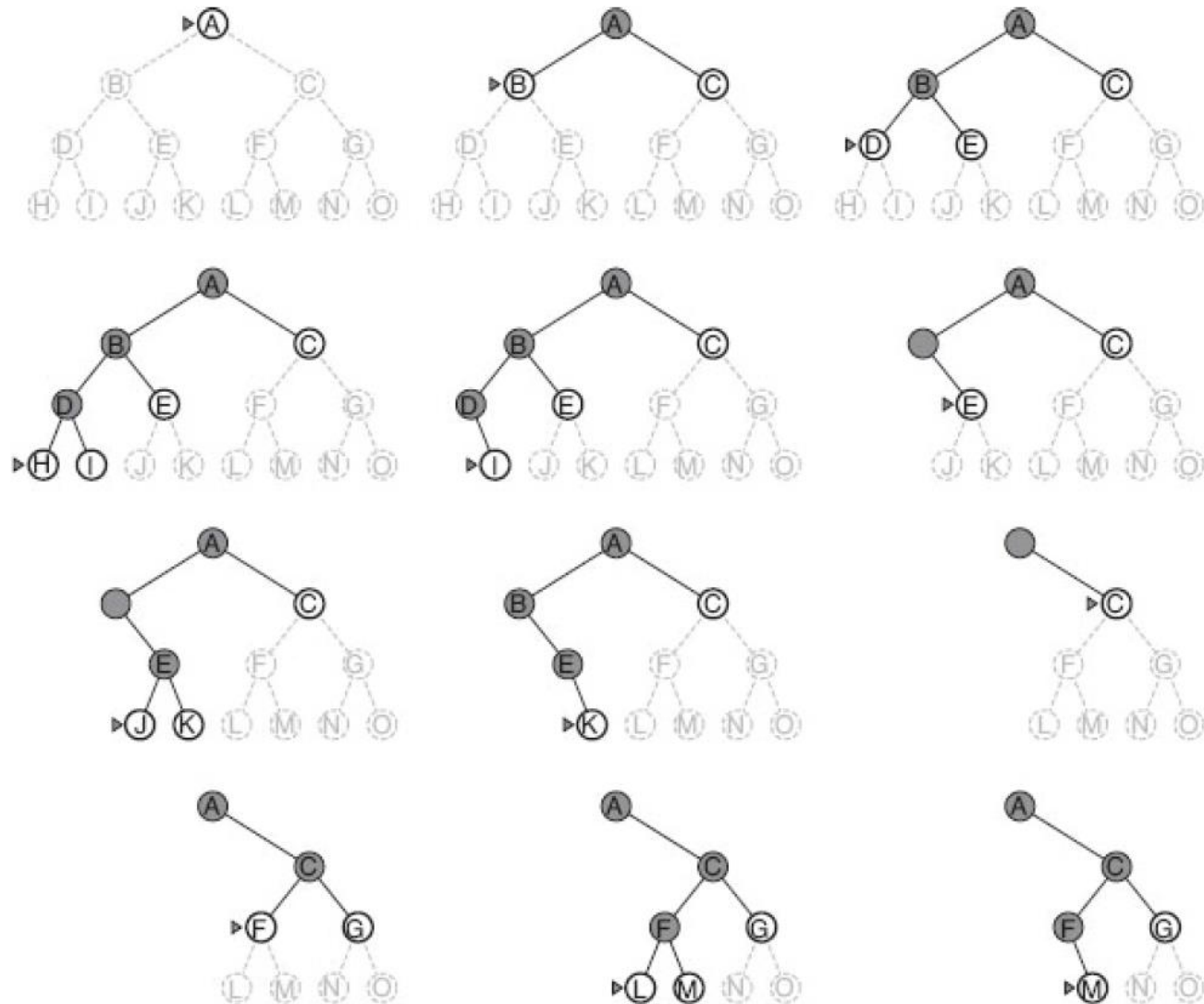
# Busca em extensão (largura)



# Busca de custo uniforme

- Busca em extensão + critério de expansão do menor/menor custo de caminho.
  - Ao invés de expandir o nó mais “*raso*”, expande-se o nó com menor/menor custo de caminho.
  - Ótimo para problemas de partir de um ponto **a** para chegar em um ponto **b**.

# Busca em profundidade



# Busca em profundidade limitada

- Busca em profundidade + critério de tratar nós da profundidade  $\ell$  como sem sucessores.
  - A partir da profundidade  $\ell$ , os nós não são mais expandidos.
  - Amplamente utilizado em jogos de dama/xadrez.
  - Existe possibilidades de melhorias no algoritmo para ser mais rápido/economizar memória.

# Busca em profundidade iterativa

- Busca em profundidade + critério de aumentar gradativamente o limite  $\ell$  de profundidade.
  - Inicialmente,  $\ell$  vale 1, depois 2, depois 3, assim sucessivamente até que uma solução seja encontrada.

# Repetição de estados

- Em problemas onde as ações podem ser revertidas a repetição de estados pode ocorrer.
  - Pode transformar um problema solúvel em um insolúvel.
  - *“Algoritmos que esquecem sua história estão condenados a repeti-la”.*
  - **Solução:** Basta comparar o nó a ser expandido com os nós já visitados!

# Informação parcial

- Problemas sem sensores.
  - O agente não possui sensor.
  - Ele pode iniciar dentre um dos vários estados iniciais possíveis.
  - Uma ação pode levar para um dentre vários estados sucessores possíveis.
  - O agente deve raciocinar sobre o conjunto de estados que pode alcançar, ao invés de um único estado isolado.
  - É possível fazer a coerção para um estado objetivo.
  - Cada conjunto de estados possíveis são chamados **estado de crença**.

# Informação parcial

- Problemas de contingência.
  - O mundo é parcialmente observável ou as ações são incertas.
  - A percepção do agente fornece novas informações.
  - A solução geralmente toma a forma de uma árvore e pode ser puramente sequencial.
  - Geralmente as soluções incluem ações baseadas em contingências.



# Informação parcial

- Problemas de exploração.
  - Os estados e as ações são desconhecidos.
  - O agente deve explorar para descobrir.
  - Um caso extremo do problema de contingência.