

---

# Inteligência Artificial

---

# Inteligência Artificial

Samy Soares  
samy@ufc.br

---

# BUSCAS: Árvores e Conceitos

# Objetivos

---

- Introduzir os principais conceitos e tipos de buscas em árvore utilizáveis por agentes.
- Apresentar exemplos de problemas para trabalhar os conceitos e reforçar a introduzir a resolução de problemas como buscas.

# Roteiro

---

- Conceitos
  - Solução de problemas como busca
  - Buscas guiadas por dados e por objetivos
  - Gerar e Testar

---

# Conceitos

# Conceitos

---

- Solução de Problemas como Busca
  - Estados *Objetivo* (Goal)
    - Ações tomadas para atingí-lo?

# Conceitos

---

- Solução de Problemas como Busca
  - Estados *Objetivo* (Goal)
    - Ações tomadas para atingí-lo?
      - Função Sucessor



# Conceitos

---

- Solução de Problemas como Busca
  - Estados *Objetivo* (Goal)
    - Ações tomadas para atingí-lo?
      - Função Sucessor
  - Estado *Corrente* (Current)
    - Alcançado pelas ações tomadas previamente;

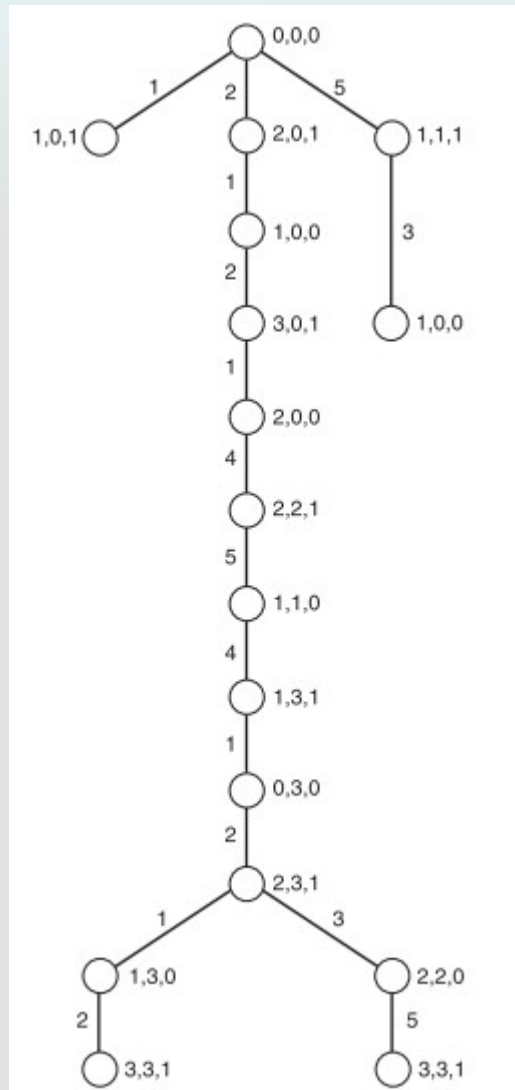
# Conceitos

---

- Solução de Problemas como Busca
  - Estados *Objetivo* (Goal)
    - Ações tomadas para atingí-lo?
      - Função Sucessor
  - Estado *Corrente* (Current)
    - Alcançado pelas ações tomadas previamente;
    - Como chegar a um objetivo a partir do estado corrente?

# Conceitos

- Exemplo



# Conceitos

---

- Exemplo de agente que utiliza busca:

```
function SIMPLE-PROBLEM-SOLVING-AGENT(percept) returns an action
  inputs: percept, a percept
  static: seq, an action sequence, initially empty
           state, some description of the current world state
           goal, a goal, initially null
           problem, a problem formulation

  state  $\leftarrow$  UPDATE-STATE(state, percept)
  if seq is empty then do
    goal  $\leftarrow$  FORMULATE-GOAL(state)
    problem  $\leftarrow$  FORMULATE-PROBLEM(state, goal)
    seq  $\leftarrow$  SEARCH(problem)
  action  $\leftarrow$  FIRST(seq)
  seq  $\leftarrow$  REST(seq)
  return action
```

# Conceitos

## Exemplo

---

- Exemplo: Lentes no Campo de Futebol

# Conceitos

## Exemplo

---

- Exemplo: Lentes no Campo de Futebol
  - Estado inicial: Não procuramos em nenhuma parte
    - Procuraremos no quadrado (1cm x 1cm) do canto superior esquerdo.

# Conceitos

## Exemplo

---

- Exemplo: Lentes no Campo de Futebol
  - Estado inicial: Não procuramos em nenhuma parte
    - Procuraremos no quadrado (1cm x 1cm) do canto superior esquerdo.
  - Estado corrente: Procuramos em alguns quadrados
    - Procuraremos no próximo quadrado, à direita ou abaixo do último que verificamos.

# Conceitos

## Exemplo

---

- Exemplo: Lentes no Campo de Futebol
  - Estado inicial: Não procuramos em nenhuma parte
    - Procuraremos no quadrado (1cm x 1cm) do canto superior esquerdo.
  - Estado corrente: Procuramos em alguns quadrados
    - Procuraremos no próximo quadrado, à direita ou abaixo do último que verificamos.
  - Estado objetivo: Encontramos a lente.



# Conceitos

## Busca guiada por Dados/Objetivos

---

- Busca guiada por Dados (Data-Driven)
  - TOP-DOWN
    - Com informações de entrada, saímos do estado inicial e seguimos em busca de um objetivo com ações válidas.
  - Encadeamento p/ a Frente (Forward Chaining)

# Conceitos

## Busca guiada por Dados/Objetivos

---

- Busca guiada por Objetivos (Goal-Driven)
  - BOTTOM-UP
    - Conhecido um estado objetivo, a busca visa identificar que sequência de movimentos levaria do estado inicial ao objetivo
  - Encadeamento p/ a Trás (Backward Chaining)

# Conceitos

## Busca guiada por Dados/Objetivos

---

- Escolha de métodos Goal/Data-Driven Search:
  - Deseja-se atingir um estado objetivo qualquer ou descobrir como alcançar um específico?
  - Conhece-se algum estado objetivo?
    - O estado objetivo é único?
  - Há informação sobre a instância do problema?
    - Deseja-se obter informação sobre um caso específico?

# Conceitos

## Busca guiada por Dados/Objetivos

---

- Exemplos:
  - Goal-Driven:
    - Prova de Teoremas

# Conceitos

## Busca guiada por Dados/Objetivos

---

- Exemplos:
  - Goal-Driven:
    - Prova de Teoremas
    - Diagnóstico Médico

# Conceitos

## Busca guiada por Dados/Objetivos

---

- Exemplos:
  - Goal-Driven:
    - Prova de Teoremas
    - Diagnóstico Médico
  - Data-Driven:
    - Análise de dados sobre planetas e estrelas (Astronomia)

# Conceitos

## Busca guiada por Dados/Objetivos

---

- Exemplos:
  - Goal-Driven:
    - Prova de Teoremas
    - Diagnóstico Médico
  - Data-Driven:
    - Análise de dados sobre planetas e estrelas (Astronomia)
  - Comparativo:
    - LABIRINTO (?)

# Conceitos

## Gerar e Testar

---

- Gerar e Testar
  - Consiste em gerar e testar cada nó do espaço
    - Teste de Objetivo
  - Exemplo de Busca por FORÇA BRUTA (Exaustiva)



# Conceitos

## Gerar e Testar

---

- Gerar e Testar
  - Utiliza um GERADOR de estados
    - Completo
    - Livre de Redundâncias
    - Correto

# Conceitos

## Gerar e Testar

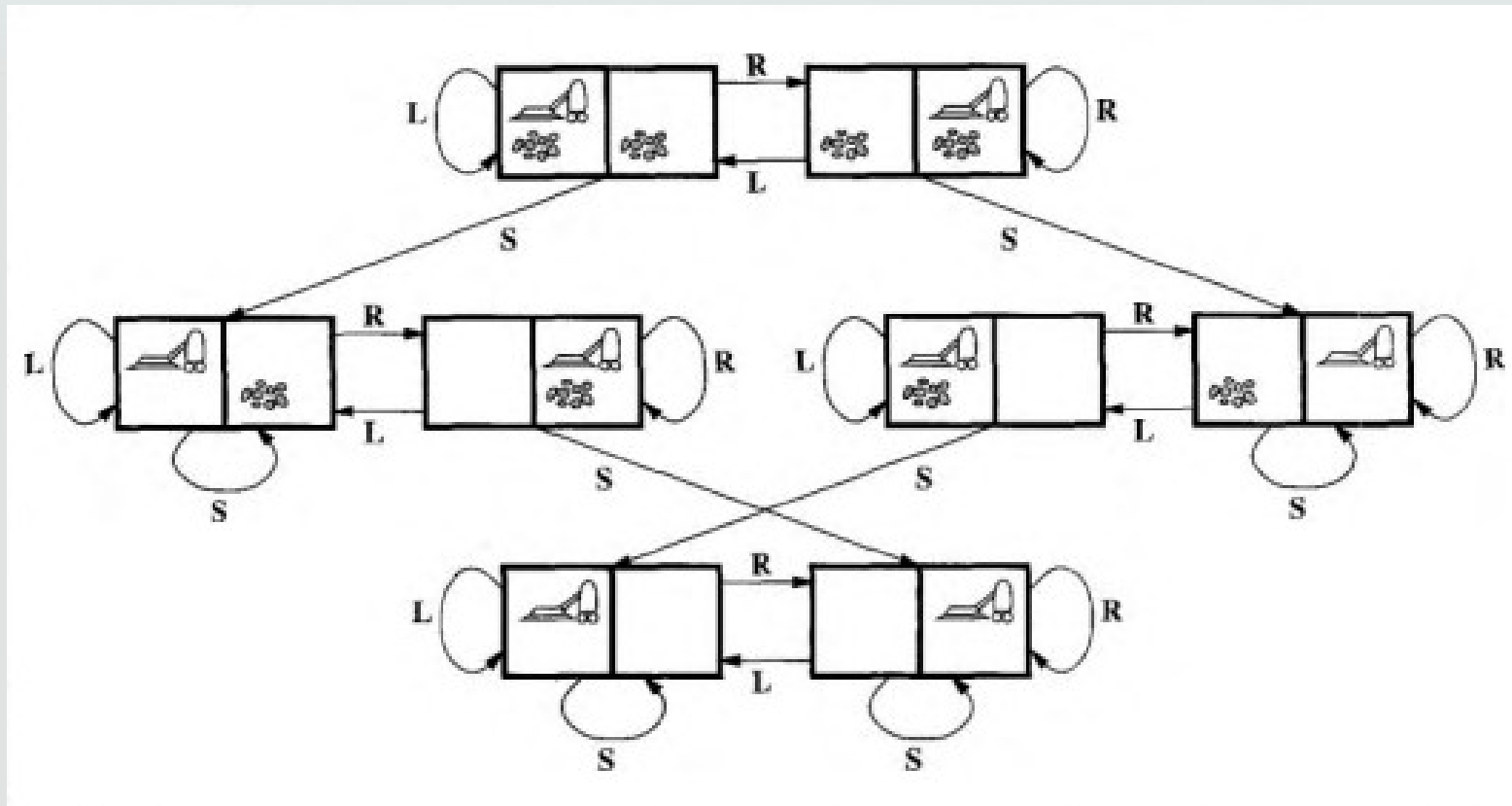
---

- Gerar e Testar
  - Considerada um tipo de busca CEGA
    - A árvore é percorrida independente de informações sobre o espaço de busca.
      - Opõe-se às buscas INFORMADAS.

# Conceitos

## Exemplo

- Exemplo: Aspirador de Pó



# Conceitos

## Exemplo

---

- Exemplo: Aspirador de Pó
  - Espaço de Busca?

# Conceitos

## Exemplo

---

- Exemplo: Aspirador de Pó
  - Espaço de Busca:
    - $2 \times 2^2 = 8$  estados.

# Conceitos

## Exemplo

---

- Exemplo: Aspirador de Pó
  - Espaço de Busca:
    - $2 \times 2^2 = 8$  estados.
  - Estado inicial?

# Conceitos

## Exemplo

---

- Exemplo: Aspirador de Pó
  - Espaço de Busca:
    - $2 \times 2^2 = 8$  estados.
  - Estado inicial:
    - Qualquer estado.

# Conceitos

## Exemplo

---

- Exemplo: Aspirador de Pó
  - Espaço de Busca:
    - $2 \times 2^2 = 8$  estados.
  - Estado inicial:
    - Qualquer estado.
  - Função sucessor?



# Conceitos

## Exemplo

---

- Exemplo: Aspirador de Pó
  - Espaço de Busca:
    - $2 \times 2^2 = 8$  estados.
  - Estado inicial:
    - Qualquer estado.
  - Função sucessor:
    - Gera um estado resultante de aplicar uma ação (aspirar, esquerda, direita) ao estado corrente.

# Conceitos

## Exemplo

---

- Exemplo: Aspirador de Pó
  - Espaço de Busca:
    - $2 \times 2^2 = 8$  estados.
  - Estado inicial:
    - Qualquer estado.
  - Função sucessor:
    - Gera um estado resultante de aplicar uma ação (aspirar, esquerda, direita) ao estado corrente.
  - Teste de Objetivo?

# Conceitos

## Exemplo

---

- Exemplo: Aspirador de Pó
  - Espaço de Busca:
    - $2 \times 2^2 = 8$  estados.
  - Estado inicial:
    - Qualquer estado.
  - Função sucessor:
    - Gera um estado resultante de aplicar uma ação (aspirar, esquerda, direita) ao estado corrente.
  - Teste de Objetivo:
    - Verifica se ambas as salas estão limpas

# Conceitos

---

- Custo de Passo:
  - O custo de executar uma ação em um estado.

# Conceitos

---

- Custo de Passo:
  - O custo de executar uma ação em um estado.
- Custo de Caminho:
  - Soma dos custos dos passos;

# Conceitos

---

- Custo de Passo:
  - O custo de executar uma ação em um estado.
- Custo de Caminho:
  - Soma dos custos dos passos;
    - Normalmente, busca-se o mínimo.

# Conceitos

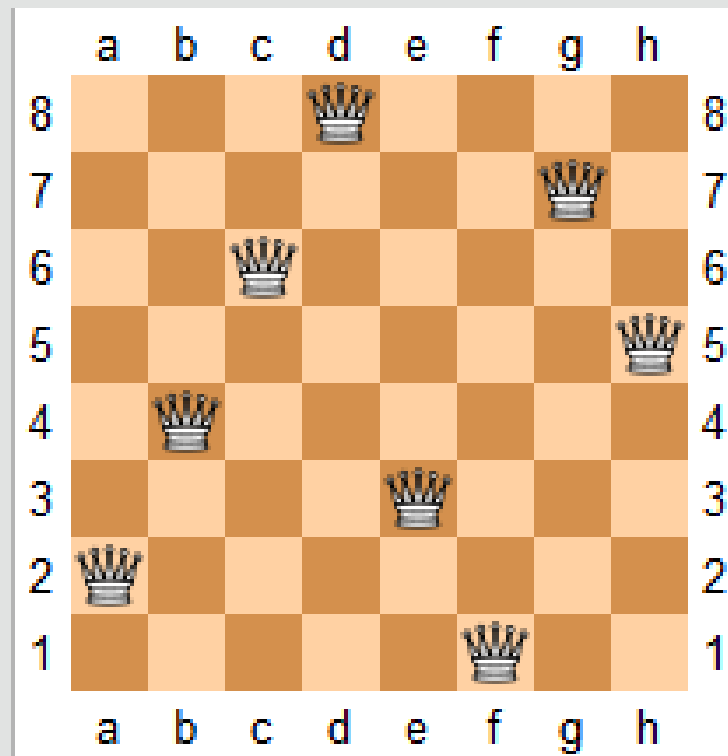
---

- Exemplo: Aspirador de Pó
  - Custo do Caminho:
    - Se cada passo custar 1, o custo de caminho é o número de passos até o objetivo.

# Conceitos

## Exemplo

- Exemplo 2: O problema das 8 Rainhas
  - 8 Rainhas no tabuleiro de xadrez sem que nenhuma seja ameaçada.





# Conceitos

## Exemplo

---

- Exemplo 2: O problema das 8 Rainhas
  - Estado inicial:
    - Nenhuma Rainha no Tabuleiro.

# Conceitos

## Exemplo

---

- Exemplo 2: O problema das 8 Rainhas
  - Estado inicial:
    - Nenhuma Rainha no Tabuleiro.
  - Teste de Objetivo:
    - 8 Rainhas no tabuleiro e nenhuma é ameaçada.

# Conceitos

## Exemplo

---

- Exemplo 2: O problema das 8 Rainhas
  - Estado inicial:
    - Nenhuma Rainha no Tabuleiro.
  - Teste de Objetivo:
    - 8 Rainhas no tabuleiro e nenhuma é ameaçada.
  - Função sucessor:
    - Coloca uma Rainha em qualquer quadrado vazio.

# Conceitos

## Exemplo

---

- Exemplo 2: O problema das 8 Rainhas
  - Estado inicial:
    - Nenhuma Rainha no Tabuleiro.
  - Teste de Objetivo:
    - 8 Rainhas no tabuleiro e nenhuma é ameaçada.
  - Função sucessor:
    - Coloca uma Rainha em qualquer quadrado vazio.
  - Espaço de Busca:
    - Qualquer disposição com 0 a 8 rainhas no tabuleiro.
      - $64 \times \dots \times 57 = \sim 3 \times 10^{14}$  estados.

# Conceitos

## Exemplo

---

- Exemplo 2 (Formulação Alternativa): 8 Rainhas
  - Estado inicial:
    - Nenhuma Rainha no Tabuleiro.
  - Teste de Objetivo:
    - 8 Rainhas no tabuleiro e nenhuma é ameaçada.

# Conceitos

## Exemplo

---

- Exemplo 2 (Formulação Alternativa): 8 Rainhas
  - Estado inicial:
    - Nenhuma Rainha no Tabuleiro.
  - Teste de Objetivo:
    - 8 Rainhas no tabuleiro e nenhuma é ameaçada.
  - Função sucessor:
    - Coloca uma Rainha **na coluna vazia mais à esquerda** de maneira que ela não seja ameaçada por nenhuma outra.

# Conceitos

## Exemplo

---

- Exemplo 2 (Formulação Alternativa): 8 Rainhas
  - Estado inicial:
    - Nenhuma Rainha no Tabuleiro.
  - Teste de Objetivo:
    - 8 Rainhas no tabuleiro e nenhuma é ameaçada.
  - Função sucessor:
    - Coloca uma Rainha na coluna vazia mais à esquerda de maneira que ela não seja ameaçada por nenhuma outra.
  - Espaço de Busca:
    - Disposições de  $0 \leq n \leq 8$  rainhas, uma por coluna nas  $n$  colunas mais à esquerda.
      - 2057 estados (!!).

# Conceitos

---

- Exemplo 2: 8 Rainhas
  - Custo do Caminho:
    - Fixo, tamanho 8.



# Referências

---

- Russel, S., Norvig, P.; Inteligência Artificial; Editora Campus, Tradução da 2a edição, 2004.
- Coppin, B.; Inteligência Artificial; Editora LTC, Tradução da 1a edição, 2010.

# Dúvidas

---

