

# **RACIOCÍNIO AUTOMÁTICO**

## **INTRODUÇÃO**

Luís Morgado

ISEL-ADEETC

# RESOLUÇÃO AUTOMÁTICA DE PROBLEMAS

- **DECISÃO SEQUENCIAL**

- Saber o que fazer
- Resultado: Políticas de acção

- **PLANEAMENTO**

- Saber como fazer
- Resultado: Planos

- **OPTIMIZAÇÃO**

- Saber qual a melhor configuração de parâmetros perante um conjunto de restrições
- Resultado: Configurações de parâmetros

**Raciocínio  
automático**

---

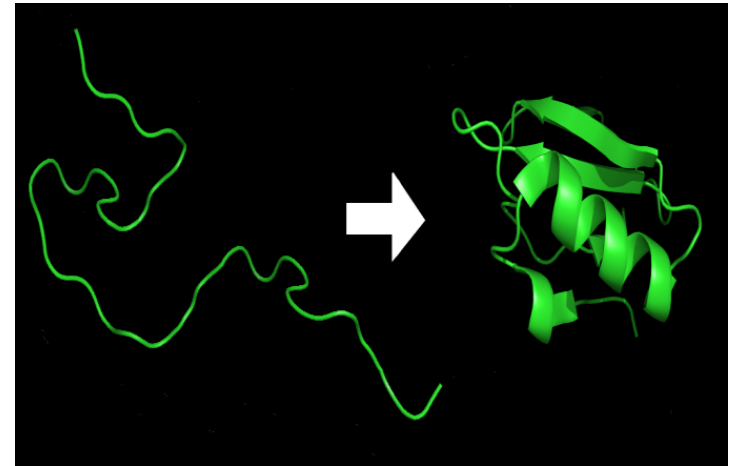
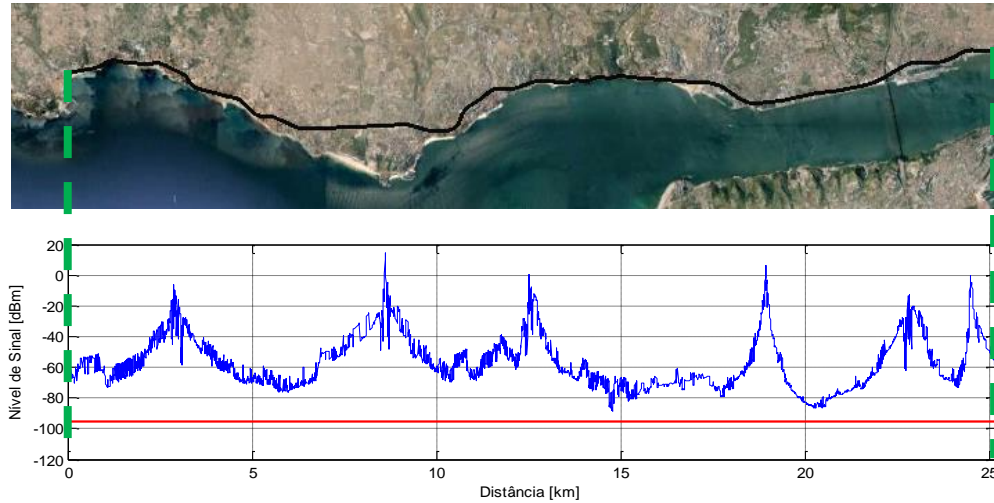
- **CLASSIFICAÇÃO**

- Saber o que é
- Resultado: Conceitos, Relações

**Aprendizagem  
automática**



# PROBLEMAS DE OPTIMIZAÇÃO



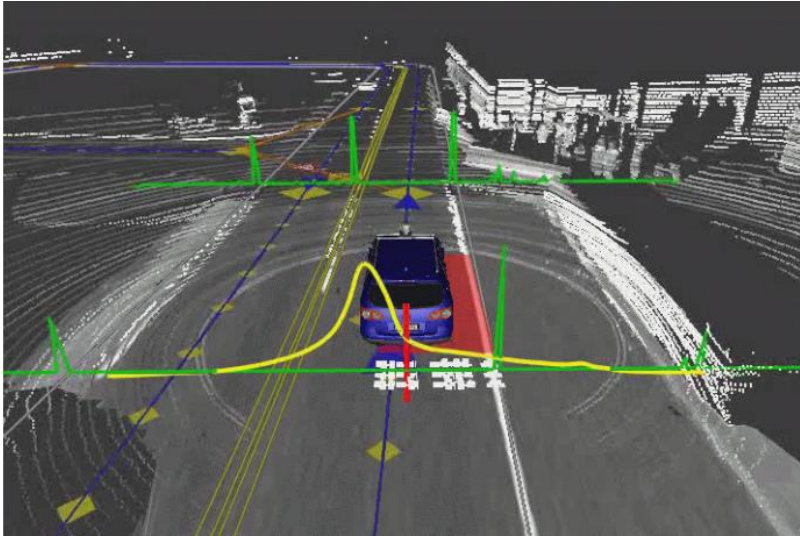
# PROBLEMAS DE PLANEAMIENTO



$$\begin{aligned}y &= c_0 + c_2x^2 + c_4x^4 + c_6x^6 + \dots \\&= c_0 + \frac{c_0}{2}x^2 + \frac{c_0}{2 \cdot 4}x^4 + \frac{c_0}{2 \cdot 4 \cdot 6}x^6 + \dots \\&= c_0 \left( 1 + \frac{1}{2}x^2 + \frac{1}{2 \cdot 4}x^4 + \frac{1}{2 \cdot 4 \cdot 6}x^6 + \dots \right)\end{aligned}$$



# PROBLEMAS DE DECISÃO SEQUENCIAL



# RACIOCÍNIO AUTOMÁTICO

- Capacidade de um sistema computacional resolver de forma automática um problema com base numa representação de conhecimento do respectivo domínio, produzindo uma solução a partir de diversas alternativas possíveis
- Processo computacional que tendo como entrada uma **representação de conhecimento** de um determinado domínio, **produz como resultado conclusões baseadas nesse conhecimento**
- O processo de manipulação da representação de forma a obter conclusões é normalmente designado *inferência*
- **Processo cognitivo**
  - Representação de conhecimento
  - Exploração de alternativas
  - Controlo de processamento

# **RACIOCÍNIO AUTOMÁTICO**

- **Tomada de decisão**

- Processo cognitivo que resulta na selecção de uma opção entre várias alternativas possíveis
- Deliberação

- **Tipos de raciocínio**

- Raciocínio teórico
  - Orientado para o conhecimento
- Raciocínio prático
  - Orientado para acção

# **RACIOCÍNIO AUTOMÁTICO**

- **Aspectos principais**

- **Representação do problema**

- Determinante para o processo de raciocínio

- **Eficiência**

- **Eficácia**

- **Método de raciocínio**

- Define método de exploração de alternativas (opções)

- Define estratégia de controlo do raciocínio

- Critérios de prioridade de exploração de alternativas



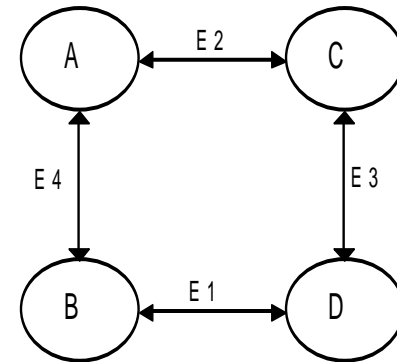
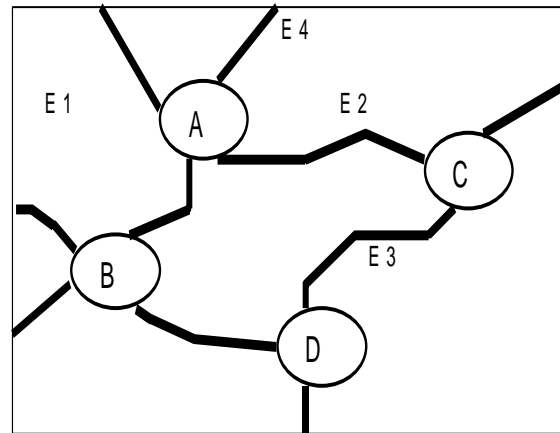
# MÉTODOS DE RACIOCÍNIO AUTOMÁTICO

- **Exemplos**

- Inferência lógica
- Inferência estatística
- Planeamento simbólico
- Procura em espaços de estados
- Processos de decisão sequencial

# REPRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

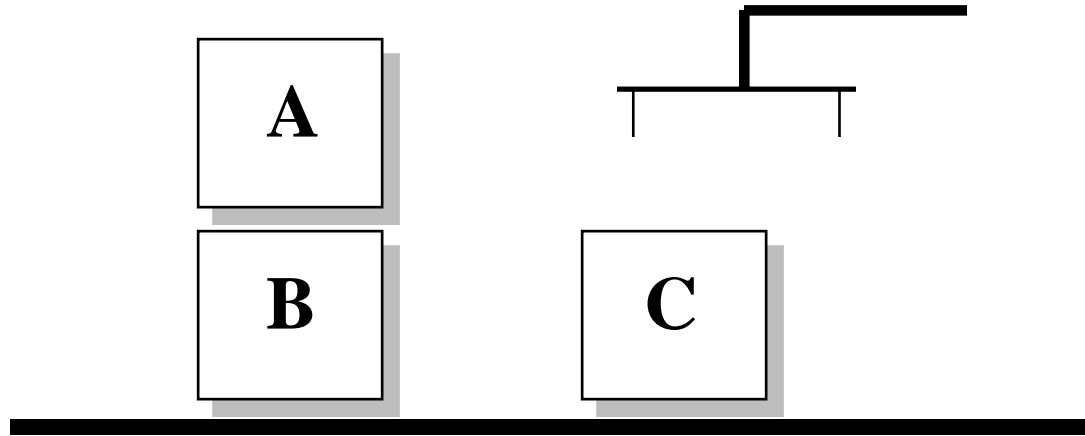
**Exemplo:** representação de uma rede de estradas



- A forma de representação deve ser adequada
  - Ao domínio do problema
  - Ao método de raciocínio

	A	B	C	D
A		E 4	E 2	-
B	E 4		-	E 1
C	E 2	-		E 3
D	-	E 1	E 3	

# EXEMPLO: MUNDO DOS BLOCOS



[Wooldridge, 2002]

- Robot
- Blocos
- Mesa

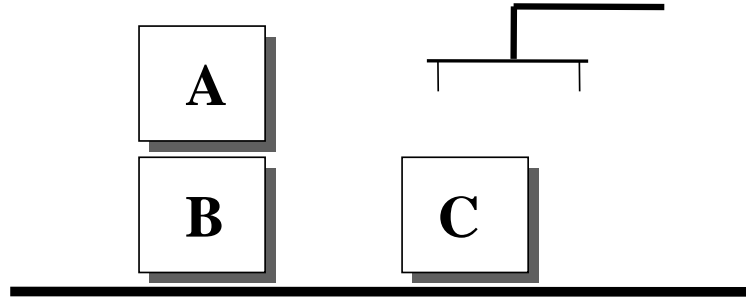
# MUNDO DOS BLOCOS

- Uma representação possível (simbólica)
  - $\text{on}(x, y)$  Bloco  $x$  está sobre bloco  $y$
  - $\text{on\_table}(x)$  Bloco  $x$  está sobre a mesa
  - $\text{clear}(x)$  Bloco  $x$  está livre
  - $\text{holding}(x)$  Braço do robot tem  $x$
  - $\text{arm\_empty}$  Braço do robot está livre

# MUNDO DOS BLOCOS

- Exemplo de **representação da situação do mundo**

clear(A)  
on(A, B)  
on\_table(B)  
on\_table(C)  
arm\_empty





# MUNDO DOS BLOCOS

- Exemplo de representação de acção

**stack(x, y)**

- Pré-condições: `clear(y)`, `holding(x)`
- Remover: `clear(y)`, `holding(x)`
- Adicionar: `arm_empty`, `on(x, y)`

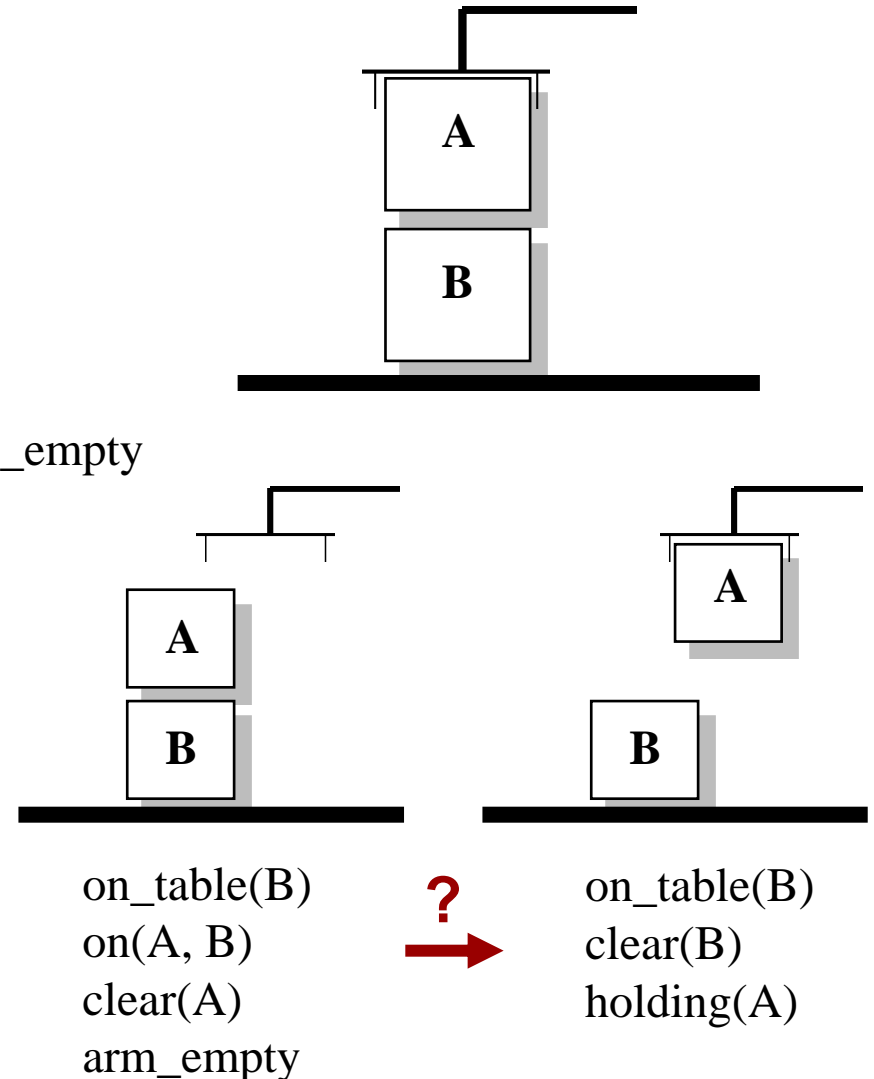
**unstack(x, y)**

- Pré-condições: `on(x, y)`, `clear(x)`, `arm_empty`
- Remover: `on(x, y)`, `arm_empty`
- Adicionar: `clear(y)`, `holding(x)`

- Representação relacional**

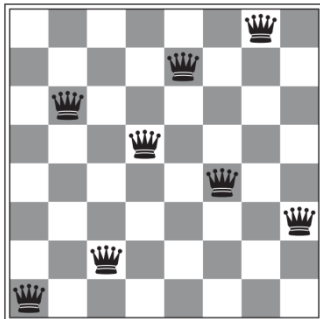


- Raciocínio simbólico**

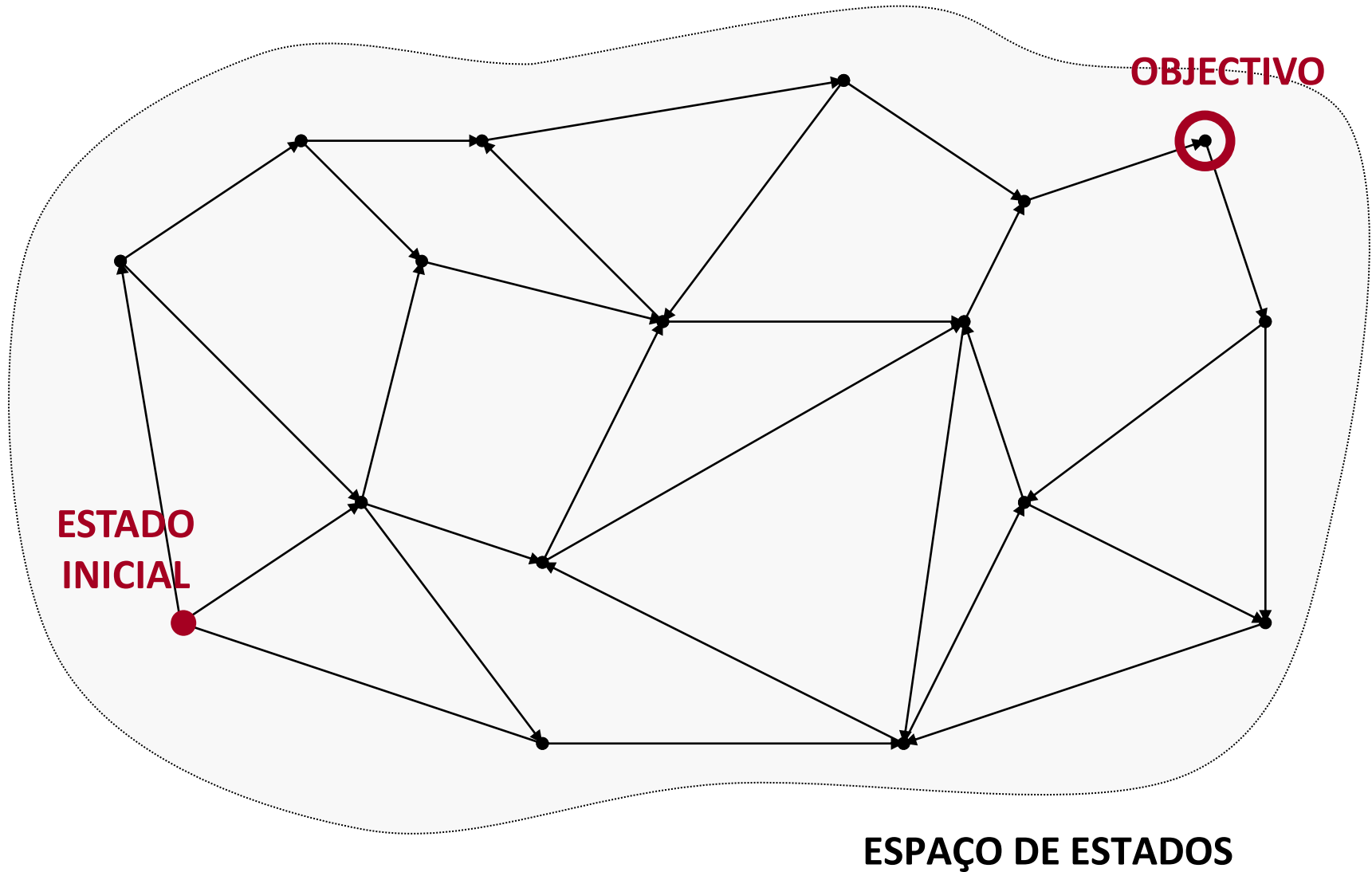


# ESPAÇO DE CONFIGURAÇÕES

- **Configuração** (problema, sistema)
  - Simbólica
  - Numérica
- **Transformação** de estado
  - Definição funcional
  - Definição procedimental
  - Definição relacional (simbólica)
- **Exemplo:** Problema das rainhas

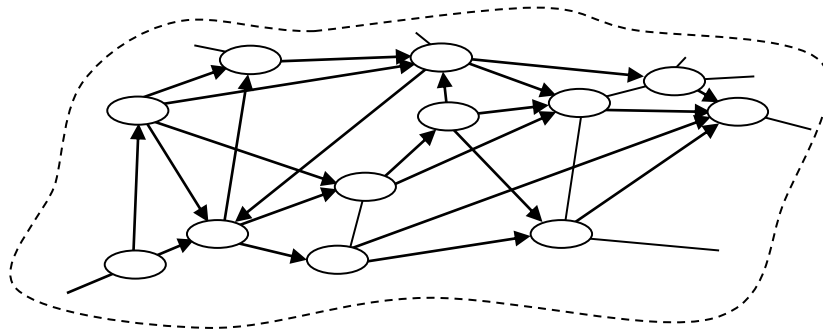


# RACIOCÍNIO ATRAVÉS DE PROCURA



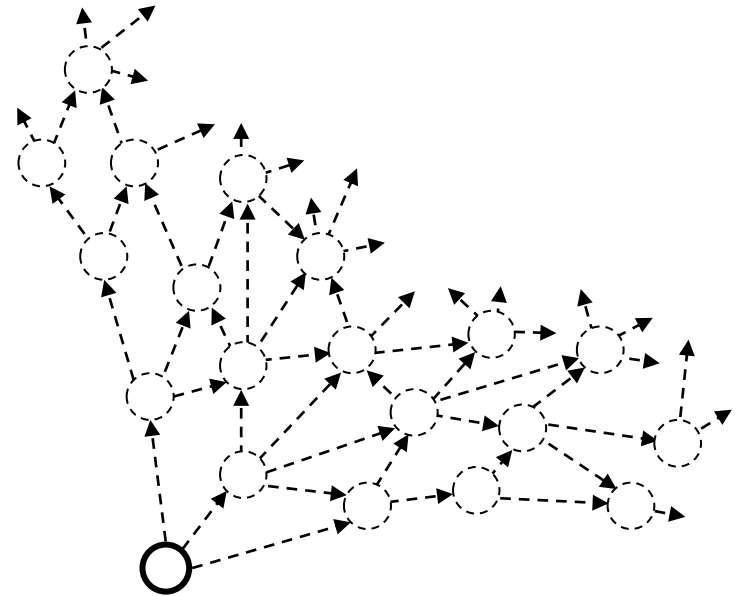
# RACIOCÍNIO ATRAVÉS DE PROCURA

## SIMULAÇÃO DE HIPÓTESES DE EVOLUÇÃO DE ESTADO



○ Estado

→ Transição de estado



## PROCURA EM ESPAÇOS DE ESTADOS

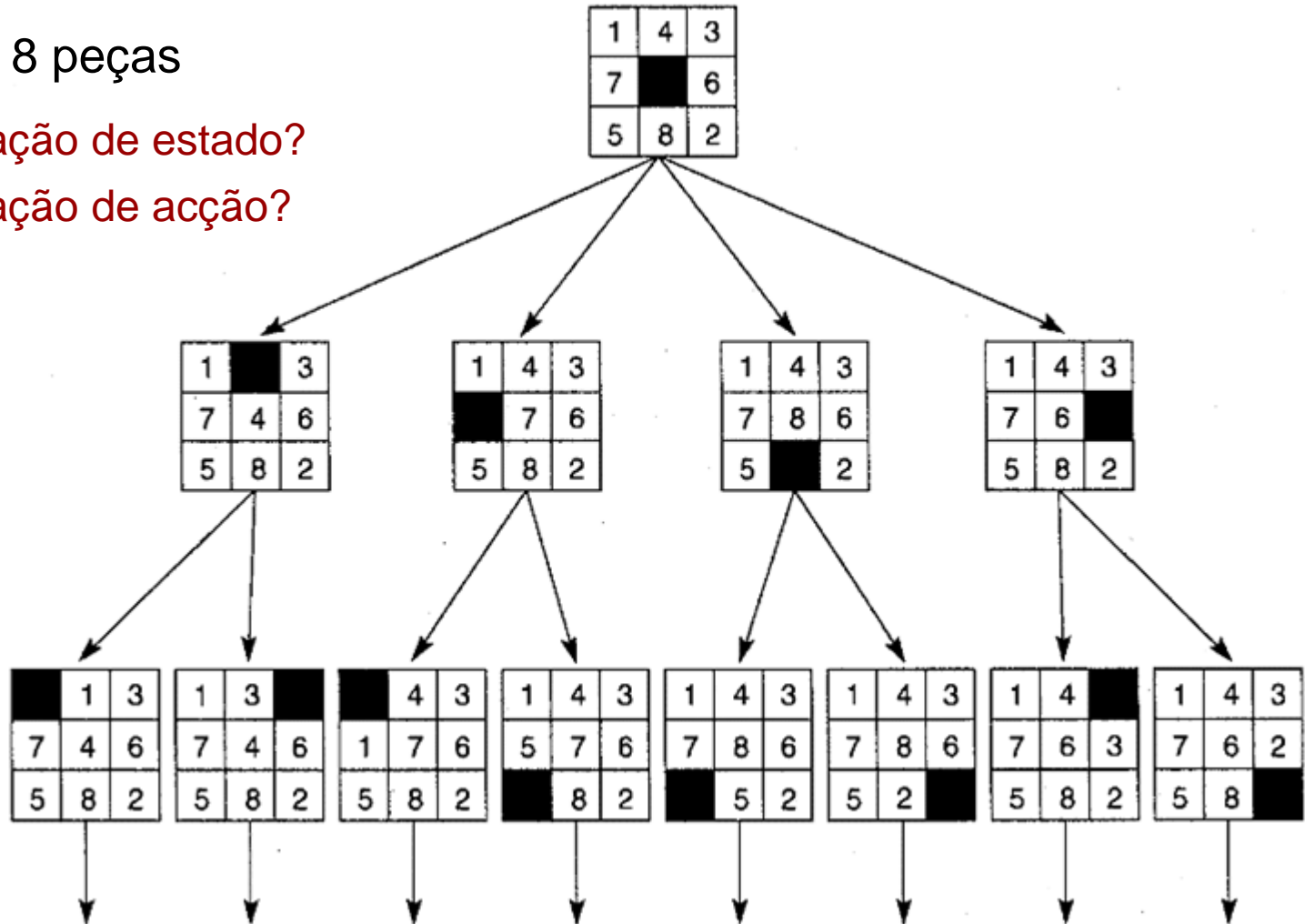
# RACIOCÍNIO ATRAVÉS DE PROCURA

**Exemplo:**

Puzzle de 8 peças

Representação de estado?

Representação de acção?





# RACIOCÍNIO ATRAVÉS DE PROCURA

- **Método *Gerar-e-Testar***

1. Definir objectivo
2. Definir estado inicial
3. Repetir
4.     Comparar estado com o objectivo
5.     Se o objectivo tiver sido atingido então terminar
6.     Aplicar uma transformação possível ao estado actual gerando um novo estado

- Viável para problemas simples

- Não viável no caso geral

- Procura exaustiva
- **Problema da explosão combinatória**

# RACIOCÍNIO ATRAVÉS DE PROCURA

## COMPLEXIDADE COMPUTACIONAL

### FACTOR DE RAMIFICAÇÃO

$b$  – *branching factor*

- Número máximo de sucessores para um qualquer estado

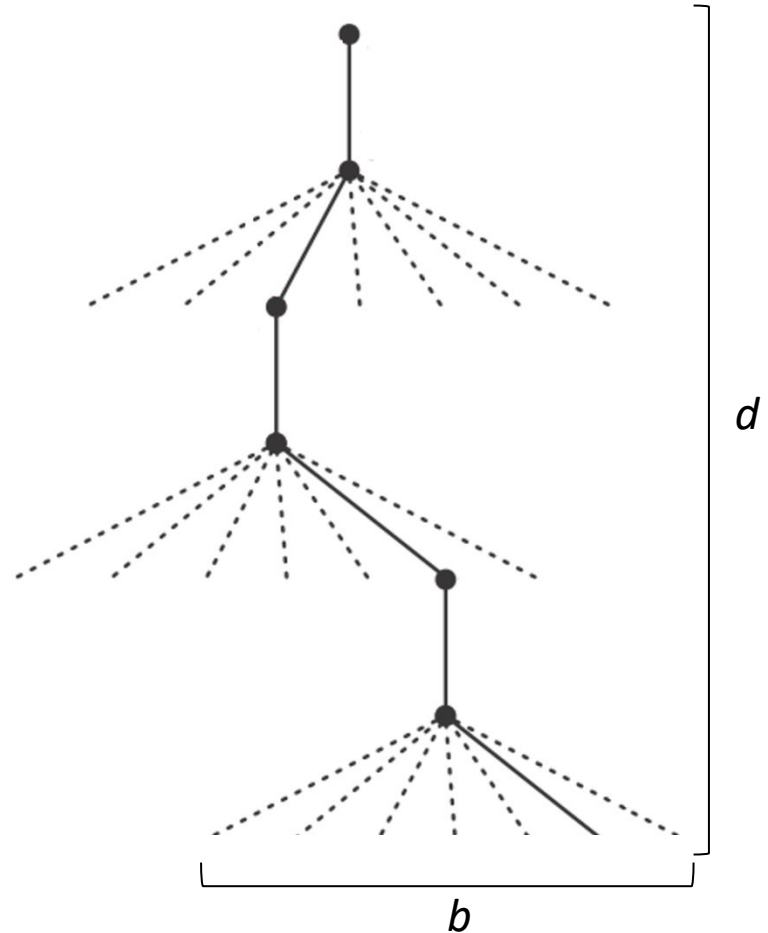
### PROFUNDIDADE DA PROCURA

$d$  – *depth*

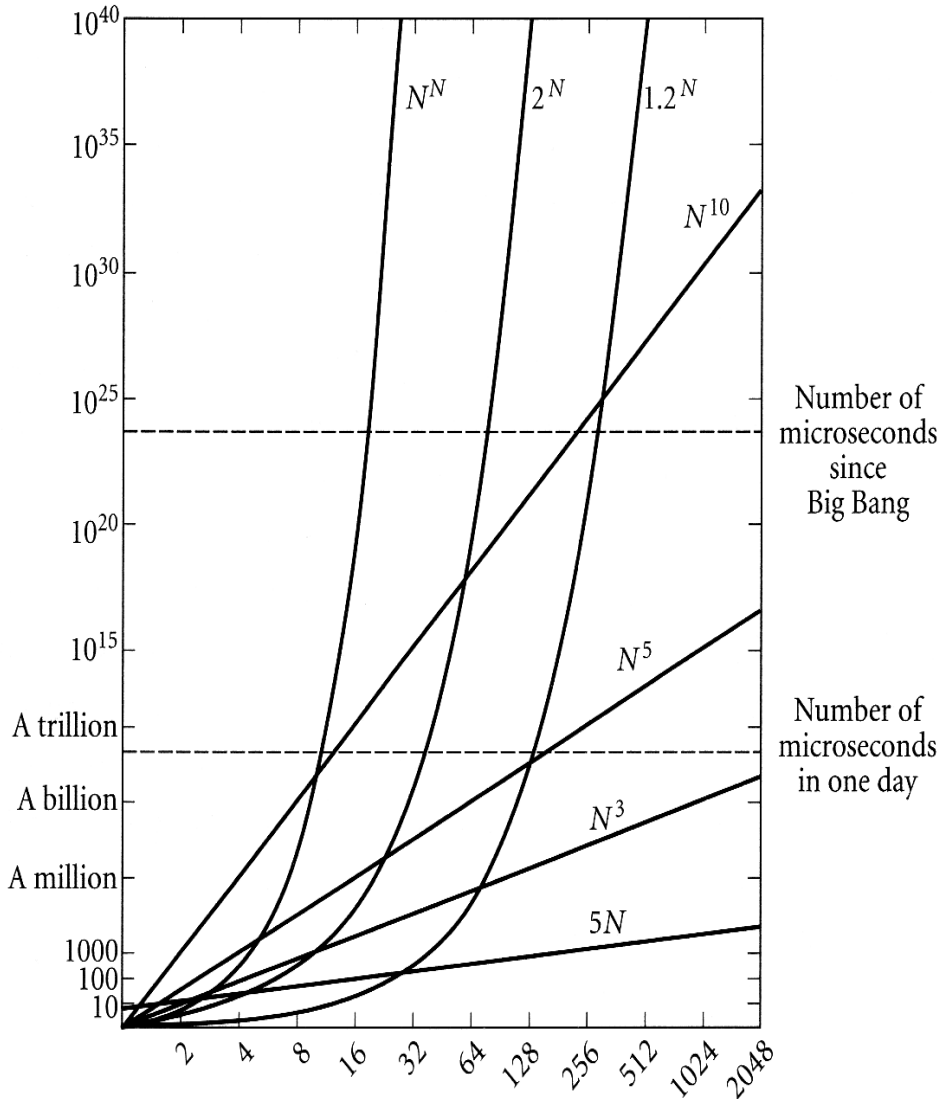
- Dimensão do percurso entre o estado inicial e o estado objectivo

**Evolução exponencial do  
número de alternativas**

$$N = b^d$$



# EVOLUÇÃO EXPONENCIAL



# RACIOCÍNIO ATRAVÉS DE PROCURA

- **Aspectos a considerar num método de procura**
  - **Completo**
    - O método de procura garante que, caso exista solução, esta será encontrada
  - **Ótimo**
    - O método de procura garante que, existindo várias soluções, a solução encontrada é a melhor
  - **Complexidade**
    - **TEMPO** (complexidade temporal)
      - **Tempo necessário** para encontrar uma solução
    - **ESPAÇO** (complexidade espacial)
      - **Memória necessária** para encontrar uma solução

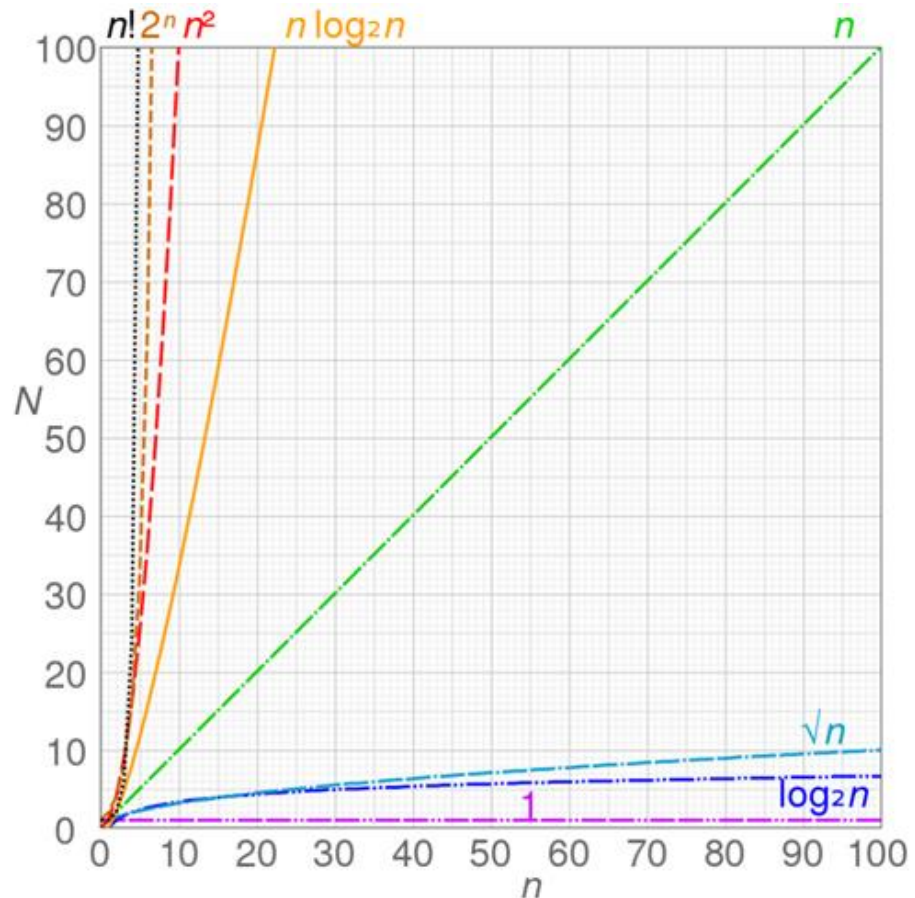
# COMPLEXIDADE COMPUTACIONAL

## Notação $f = O(g)$

$f(x)$  é de ordem  $O(g(x))$  se existirem duas constantes positivas  $x_0$  e  $c$  tal que:  
( $x > x_0$ ) :  $f(x) \leq cg(x)$

### Exemplo:

Funções de referência de complexidade computacional





# RACIOCÍNIO ATRAVÉS DE PROCURA

- **ESTADO**

- Define **configuração**  
(de resolução do problema)

- **TRANSIÇÃO**

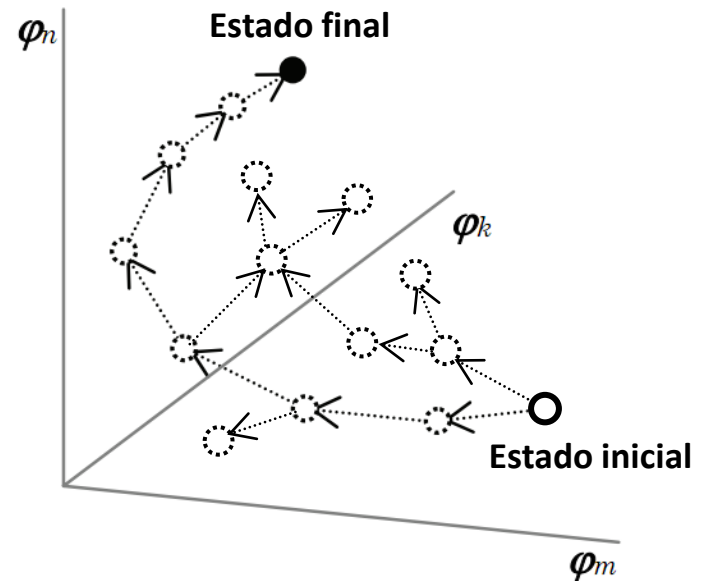
- Representa uma **transformação** de estado
  - **Operador** (de transição de estado)
  - **Vector** (de transição de estado)

- **VALOR**

- Função de valor de estado

- **SOLUÇÃO**

- Estado
- Percurso (**plano** de acção)



# BIBLIOGRAFIA

[Russel & Norvig, 2010]

S. Russell, P. Norvig, *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, 3rd Edition, Prentice Hall, 2010

[Nilsson, 1998]

N. Nilsson , *Artificial Intelligence: A New Synthesis*, Morgan Kaufmann 1998

[Luger, 2009]

G. Luger , *Artificial Intelligence: Structures and Strategies for Complex Problem Solving* , Addison-Wesley, 2009

[Jaeger & Hamprecht, 2010]

M. Jaeger, F. Hamprecht, *Automatic Process Control for Laser Welding*, Heidelberg Collaboratory for Image Processing (HCI) , 2000

[Pearl, 1984]

J. Pearl, *Heuristics: Intelligent Search Strategies for Computer Problem Solving*, Addison-Wesley, 1984

[Montemerlo, 2008]

M. Montemerlo *et al.*, *Junior: The Stanford Entry in the Urban Challenge*, Stanford Artificial Intelligence Lab, 2008