

# Inteligência Artificial

---

Sistemas Baseados em Conhecimento: Agentes Lógicos

Prof. Dr<sup>a</sup>. Andreza Sartori

[asartori@furb.br](mailto:asartori@furb.br)

# Documentos Consultados/Recomendados

- Barros, F.; Prudêncio, R. **Introdução aos Agentes Inteligentes**. <http://www.cin.ufpe.br/~in1116/IAI-2016/>
- COPPIN, Ben. **Inteligência artificial**. Rio de Janeiro: LTC, 2013.
- KLEIN, Dan; ABBEEL, Pieter. **Intro to AI**. UC Berkeley. Disponível em: <http://ai.berkeley.edu>
- LIMA, Edirlei Soares. **Inteligência Artificial**. PUC-Rio, 2015.
- RUSSELL, Stuart J. (Stuart Jonathan); NORVIG, Peter. **Inteligência artificial**. Rio de Janeiro: Campus, 2013. 1021 p.

# Plano de Ensino da disciplina

**Unidade 1:** Fundamentos de Inteligência Artificial

**Unidade 2:** Busca

**Unidade 3:** Sistemas baseados em conhecimento

**Unidade 4:** Aprendizado de Máquina e Redes Neurais

**Unidade 5:** Tópicos especiais



# Plano de Ensino da disciplina

**Unidade 1:** Fundamentos de Inteligência Artificial

**Unidade 2:** Busca

**Unidade 3:** Sistemas baseados em conhecimento

**Unidade 4:** Aprendizado de Máquina e Redes Neurais

**Unidade 5:** Tópicos especiais



# Plano de Ensino da disciplina

**Unidade 1:** Fundamentos de Inteligência Artificial

**Unidade 2:** Busca

**Unidade 3:** Sistemas baseados em conhecimento

## **3.1. Agentes Lógicos**

### **3.2. Representação do Conhecimento**

#### **3.2.1 Lógica de Primeira Ordem**

### **3.3. Sistemas Especialistas**



# Introdução

- Os seres humanos possuem **conhecimento** e **raciocinam** sobre este conhecimento.
- Exemplos:
  - “Pedro viu **a jóia** e **a** desejou.”
  - “Pedro lançou a pedra contra **a janela** e **a** quebrou.”



# Introdução

- Aspecto fundamental do **comportamento inteligente** é que ele é condicionado pelo **conhecimento que um agente tem** sobre seu mundo.
- Para a Inteligência Artificial, ter conhecimento específico é importante para a resolução de problemas complexos.



# Introdução

- Aspecto fundamental do **comportamento inteligente** é que ele é condicionado pelo **conhecimento que um agente tem** sobre seu mundo.

O que é um agente?

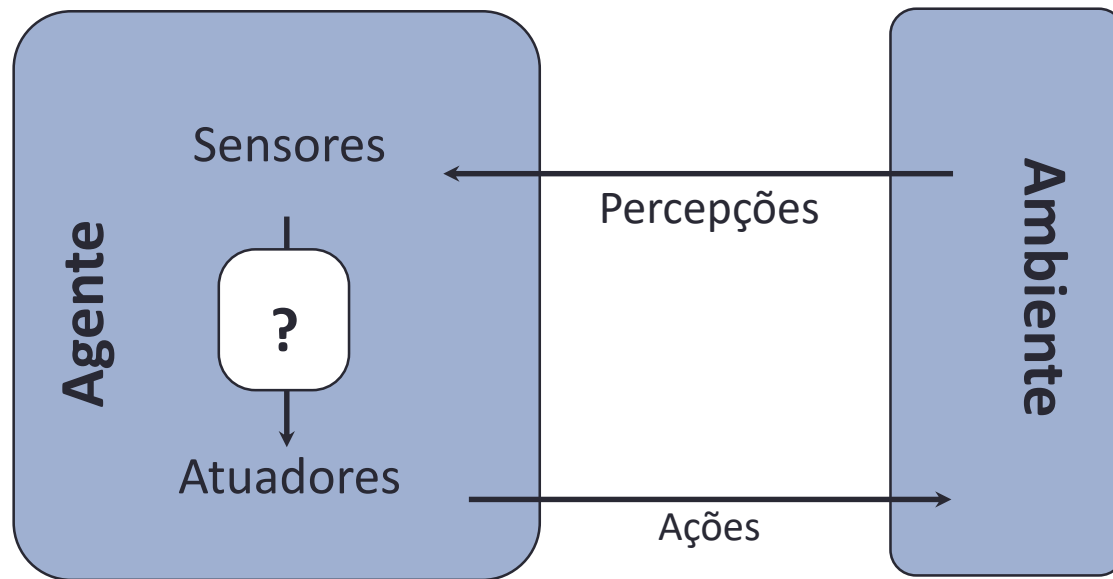
- Para a Inteligência Artificial, ter conhecimento específico é importante para a resolução de problemas complexos.





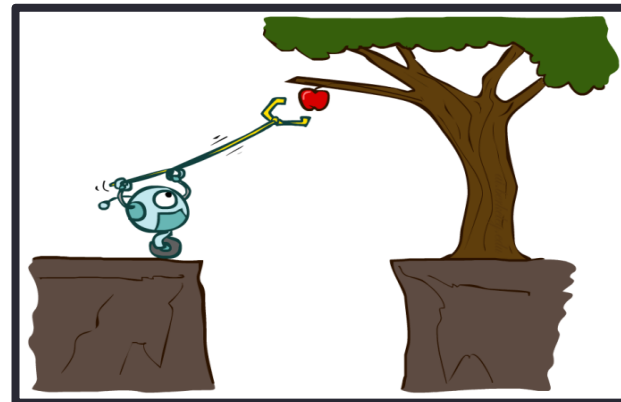
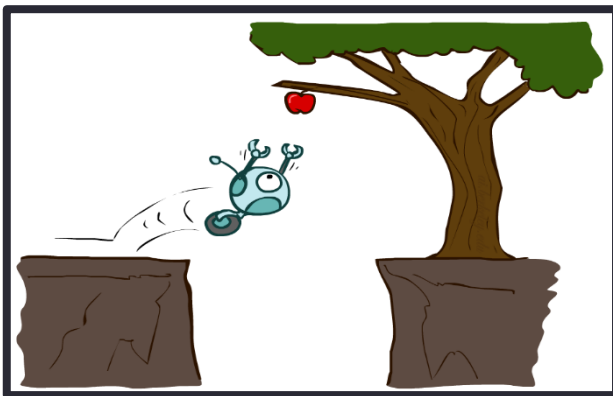
# O que é um agente?

Um **agente** é algo capaz de perceber seu **ambiente** por meio de **sensores** e de agir sobre esse ambiente por meio de **atuadores**.



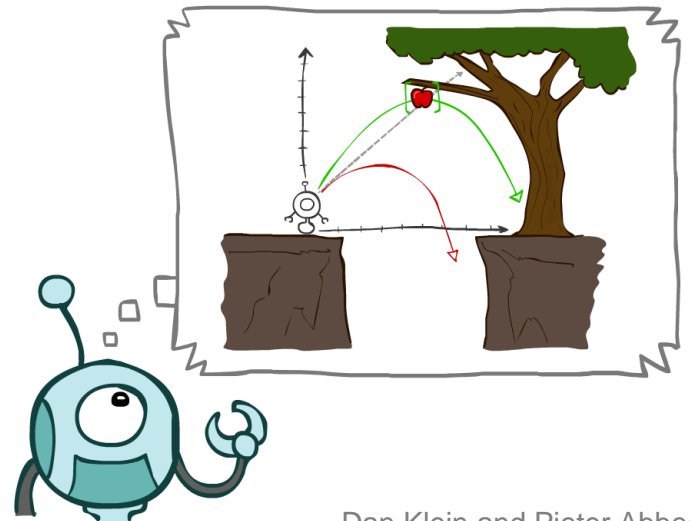
# Agente Racional

- O que é **racional** neste caso?
  - A **medida de desempenho** que define o critério de sucesso (resultado desejado);
  - O **conhecimento anterior** que o agente tem do ambiente;
  - As **ações** que o agente **pode executar**;
  - A sequência de **percepções** do agente até o momento.



# Agente Racional Ideal

Para cada sequência de **percepções** possíveis deve-se selecionar uma **ação** que espera-se que venha a maximizar sua **medida de desempenho**, dada a evidência fornecida pela **sequência** de percepções e por qualquer **conhecimento** interno do agente.



# Conhecimento

- **Dados:**

- Conjunto de caracteres numéricos e/ou alfanuméricos que não possuem significado associado.
  - Ex. 15, m6, west, 100.

- **Informação:**

- Dados organizados.
- Tem significado
  - Ex: 01, 03, 05, 06, 07, 09, 10 (meses)

- **Conhecimento:**

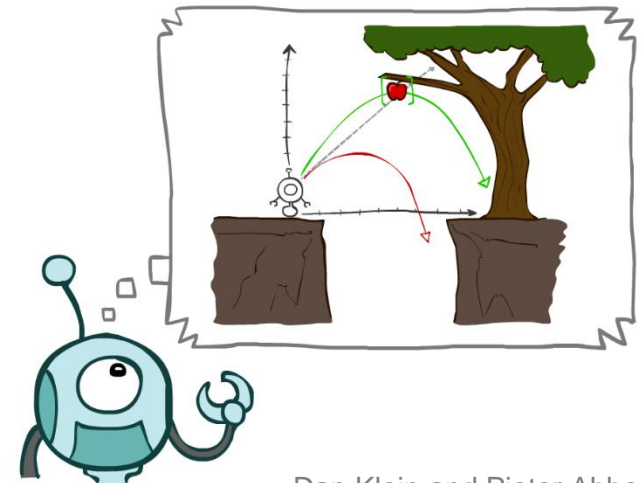
- Conjunto de informações, com suas propriedades e relações.
- Ex: Médico ao diagnosticar uma doença em um paciente.  
Informações que estão no cérebro do médico = conhecimento



# Agentes Baseados em Conhecimento ou Agentes Lógicos

# Agentes Baseados em Conhecimento

- Utilizam o conhecimento e raciocinam sobre suas possíveis ações para resolver problemas complexos.
- São sistemas que:
  - **Conhecem o seu mundo**
    - Esse conhecimento está representado na **Base de Conhecimento** (o problema a ser resolvido é modelado)
  - **Raciocinam sobre possíveis ações**
    - Com auxílio de um **Mecanismo de Inferência** (raciocínio sobre a base de conhecimento para obter conclusões)



Dan Klein and Pieter Abbeel  
ai.berkeley.edu

# Agentes Baseados em Conhecimento

- Componentes principais:
  - **Base de Conhecimento (BC)**
    - É formada por um conjunto de **sentenças** expressadas através de uma **Linguagem de Representação de Conhecimento**.
      - Através da representação lógica das sentenças.
    - Exemplo:
      - S1. Todos os animais respiram.
      - S2. Todos os gatos são animais.
  - **Mecanismo de Inferência**
    - Derivação de novas sentenças a partir de sentenças antigas (extraídas da BC).
      - Dada S1 e S2, podemos deduzir que: Todos os gatos respiram.

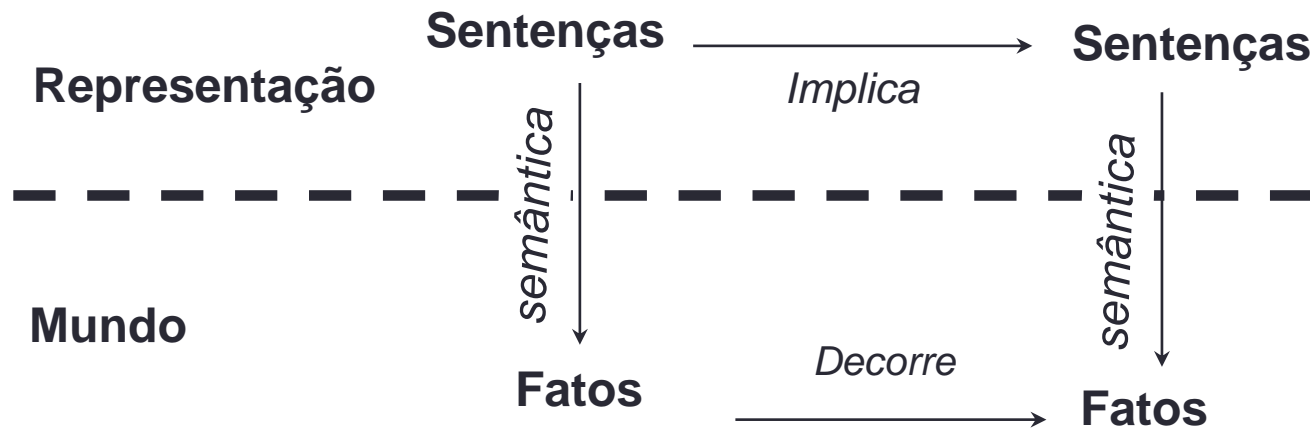
# Linguagem de Representação de Conhecimento

- Se baseiam em diferentes técnicas de representação
  - Redes semânticas (objetos, relações), Frames, Lógica (Se...então)
- É definida por:
  - **Sintaxe:** especifica a estrutura das sentenças.
  - Exemplo na aritmética:
    - ✓  $x+y=4$  (sentença bem formada)
    - ✗  $x4y+=$
  - **Semântica:** especifica o significado das sentenças. Define a verdade de cada sentença com relação a cada “mundo possível”.
  - Exemplo:
    - a sentença “ $x+y=4$ ” é verdadeira em um mundo no qual  $x=2$  e  $y=2$ , mas é falsa em um mundo em que  $x=1$  e  $y=1$ .



# Mecanismo de Inferência: Processo de Raciocínio Lógico

- *Raciocínio Lógico* é um processo de construção de novas sentenças a partir de sentenças existentes.
- Garante que as novas sentenças representam fatos que decorrem dos fatos representados pelas sentenças existentes na BC.
- Se a BC é verdadeira, qualquer sentença derivada da BC por um procedimento de inferência consistente também será verdadeira.



# Agente Genérico Baseado em Conhecimento (Knowledge-based Agent - KB)

Mantém uma base de dados na BC (KB)

input

```
function KB-AGENT(percept) returns an action
  static: KB, a knowledge base
           t, a counter, initially 0, indicating time
  1 TELL(KB, MAKE-PERCEPT-SENTENCE(percept, t))
  2 action ← ASK(KB, MAKE-ACTION-QUERY(t))
  3 TELL(KB, MAKE-ACTION-SENTENCE(action, t))
    t++
  return action
end
```

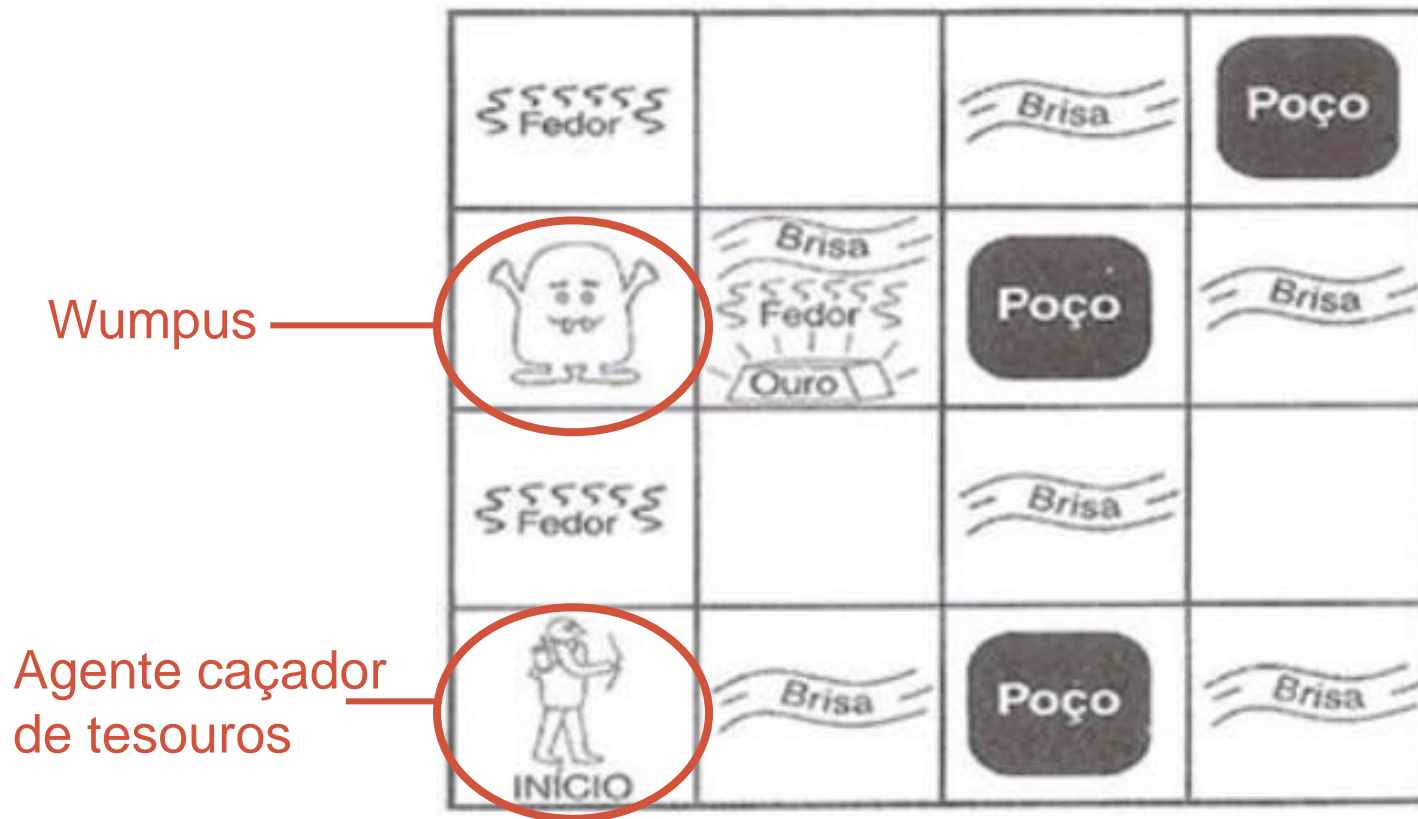
Informa a BC o que o agente está percebendo do ambiente

Realiza a ação escolhida e informa a BC sobre a ação que está sendo realizada

Pergunta a BC qual a próxima ação que deve ser executada

TELL - Informe  
ASK - Pergunte

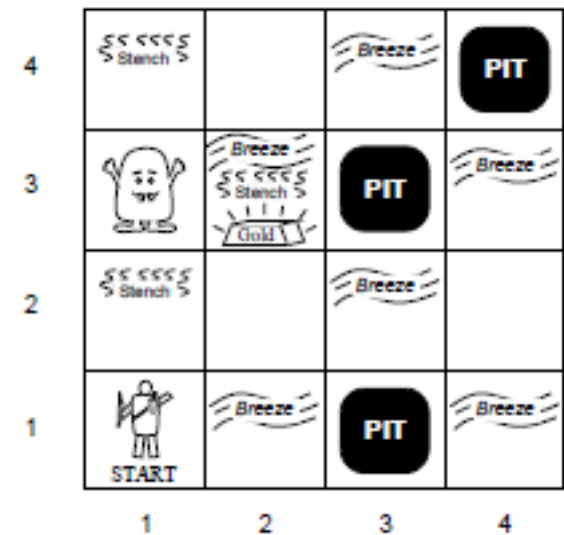
# Exemplo: O Mundo de Wumpus



Para jogar: <http://osric.com/wumpus/>

# O Mundo de Wumpus

- Uma caverna que consiste em salas conectadas por passagens.
- **Wumpus:** monstro que devora qualquer guerreiro que entrar em sua sala. O Wumpus pode ser morto pelo agente, mas o agente só tem uma flecha.
- Possibilidade de encontrar ouro em alguma sala.
- Poços sem fundo nos quais cairá qualquer um que passar pela sala, exceto o Wumpus pois é muito grande.



# O Mundo de Wumpus: Formulação do Problema

- **Medida de desempenho:**

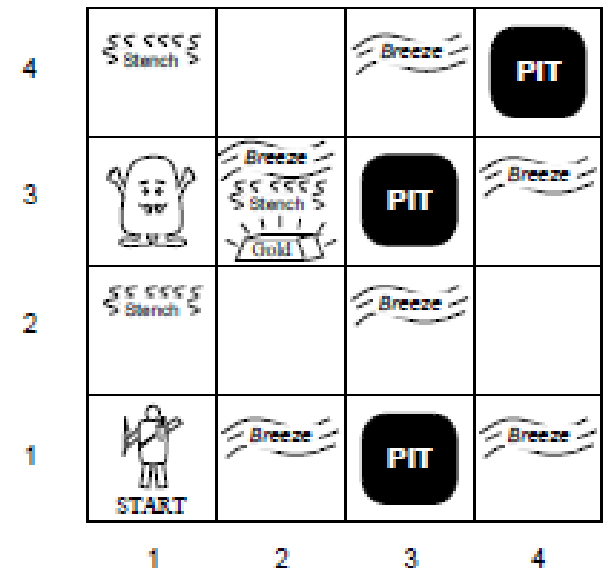
- +1.000 por pegar ouro, -1.000 se cair em um poço ou for devorado pelo Wumpus,
- -1 para cada ação executada, -10 pelo uso da flecha.

- **Ambiente:**

- Salas de 4x4
- O agente sempre começa no quadrado identificado como [1,1] voltado para a direita.
- As posições do ouro, Wumpus e poços são escolhidas aleatoriamente.

- **Atuadores:**

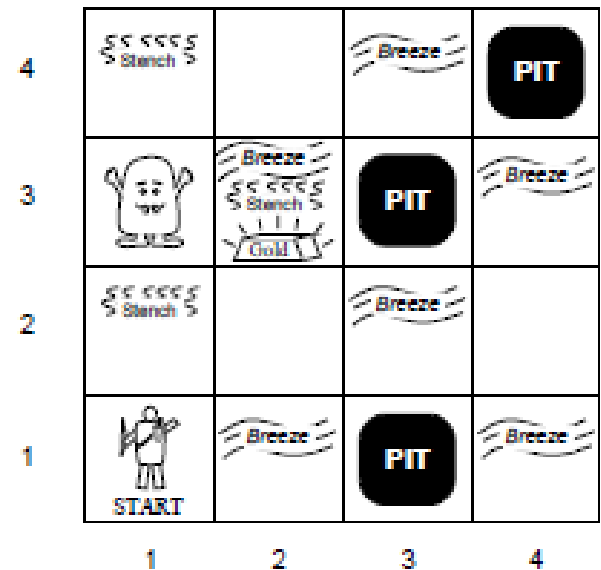
- O agente pode mover-se para frente, virar à esquerda, virar à direita, agarrar um objeto e atirar a flecha.



# O Mundo de Wumpus: Formulação do Problema

- **Sensores (são 5):**

- Em quadrados adjacentes ao Wumpus, exceto diagonal, o agente sente o **fedor** do Wumpus;
- Em quadrados adjacentes a um poço, exceto diagonal, o agente perceberá uma **brisa**;
- Quadrados onde está o ouro, o agente percebe o **resplendor** do ouro;
- Ao caminhar contra uma parede o agente sente um **impacto**;
- Quando o Wumpus morre o agente ouve um **grito**;



Sensores= [fedor, brisa, resplendor, impacto, grito]

# Exercício: Quais são as Propriedades do Ambiente do Mundo de Wumpus?

- Completamente Observável ou Parcialmente Observável?
- Determinístico ou Estocástico?
- Episódico ou Seqüencial?
- Estático ou Dinâmico?
- Discreto ou Contínuo?
- Único agente ou Multiagente?

# Raciocinando e Agindo no Mundo de Wumpus

- **Passo 1:**

- **Posição Atual:**

[1,1]

- **Sensores:**

[nada, nada, nada, nada, nada]

- **Conclusão:**

[1,2] e [2,1] são seguros

- **Movimento escolhido:**

[2,1]

A= Agente

B= brisa

R= resplendor, Ouro

OK= quadrado seguro

P= Poço

F(S)= fedor

V= Visitado

W= Wumpus

1,4	2,4	3,4	4,4
1,3	2,3	3,3	4,3
1,2 OK	2,2	3,2	4,2
1,1 A OK	2,1 OK	3,1	4,1



# Raciocinando e Agindo no Mundo de Wumpus

- **Passo 2:**

- **Posição Atual:**

[2,1]

- **Sensores:**

[nada, brisa, nada, nada]

- **Conclusão:**

Há poço em [2,2], [3,1] ou ambos

- **Movimento escolhido:**

[1,1] e depois [1,2]

A= Agente

B= brisa

R= resplendor, Ouro

OK= quadrado seguro

P= Poço

F(S)= fedor

V= Visitado

W= Wumpus

1,4	2,4	3,4	4,4
1,3	2,3	3,3	4,3
1,2 OK	2,2 P?	3,2	4,2
1,1 V OK	2,1 A B OK	3,1 P?	4,1

# Raciocinando e Agindo no Mundo de Wumpus

- **Passo 3:**

- **Posição Atual:**

[1,2]

- **Sensores:**

[fedor, nada, nada, nada]

- **Conclusão:**

Há Wumpus em [1,3] ou [2,2]

Wumpus não pode estar em [1,1] e [2,2]

Então, Wumpus em [1,3]

Não existe poço em [2,2] – não tem Brisa

Então, Poço em [3,1]

[2,2] é seguro

- **Movimento escolhido:**

[2,2]

A= Agente

B= brisa

R= resplendor, Ouro

OK= quadrado seguro

P= Poço

F(S)= fedor

V= Visitado

W= Wumpus

1,4	2,4	3,4	4,4
1,3 W!	2,3	3,3	4,3
1,2 A S OK	2,2 OK	3,2	4,2
1,1 V OK	2,1 B V OK	3,1 P!	4,1

# Raciocinando e Agindo no Mundo de Wumpus

- **Passo 4:**

- **Posição Atual:**

[2,3]

- **Sensores:**

[fedor, brisa, resplendor, nada, nada]

- **Conclusão:**

O agente descobre um resplendor

Agarra o ouro

Jogo ecerrado 😊

A= Agente

B= brisa

R= resplendor, Ouro

OK= quadrado seguro

P= Poço

F(S)= fedor

V= Visitado

W= Wumpus

1,4	2,4 P?	3,4	4,4
1,3	2,3 A S G B	3,3 P?	4,3
1,2 S V OK	2,2 V OK	3,2	4,2
1,1 V OK	2,1 B OK	3,1 P?	4,1

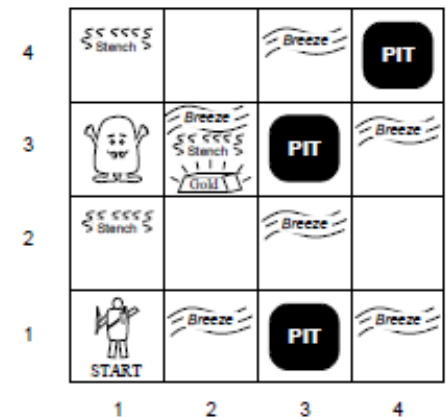
# Recapitulando Conceitos: O Mundo de Wumpus

- Qual a Linguagem de Representação de Conhecimento utilizada para este exemplo?

- Conhecimento descrito em português.

- Como foi possível criar um Jogador Inteligente?

- Através da Base de Conhecimento (regras do jogo).
- Através de um Mecanismo de Inferência: utilizou o conhecimento prévio da BC junto com o conhecimento durante as jogadas para raciocinar e agir.



- **Se** uma caverna não tem fedor, **então** o Wumpus não está nessa caverna, nem está em nenhuma caverna adjacente a ela.
- Em cada caso no qual o agente tira uma conclusão a partir das informações disponíveis, essa conclusão **tem a garantia de ser correta se as informações disponíveis estiverem corretas**.
  - Essa é uma propriedade fundamental do raciocínio lógico.

# Engenharia do Conhecimento

- Estuda *como* construir uma **Base de Conhecimento** (BC)
- O **Engenheiro de Conhecimento** é responsável por criar uma representação formal dos objetos e relações de um domínio específico.

## 1. **Nível do conhecimento:** aquisição de conhecimento

- conhecimento em “estado puro” - linguagem natural
  - e.g., táxi automático: a ponte Princesa Isabel liga a Rua da Imperatriz à Rua Nova

## 2. **Nível lógico:** formalização

- conhecimento codificado em sentenças - linguagem formal
  - e.g. sentença lógica: `liga(Ponte-PI,RI,RN)`

## 3. **Nível de máquina:** implementação

- estrutura de dados representando as sentenças do nível lógico
  - e.g., listas, tabelas, objetos, etc.

# Ciclo de vida dos SBCs

