



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Departamento de Informática

Conhecimento e Raciocínio

LICENCIATURA EM ENGENHARIA INFORMÁTICA
MESTRADO integrado EM ENGENHARIA INFORMÁTICA

Inteligência Artificial

2025/26

- Conhecimento e Raciocínio;
- Lógica e Programação em Lógica;
- Regras de Produção;
- Programação Dirigida aos Padrões;
- Estruturas hierárquicas:
 - Redes semânticas;
 - Frames;
- Scripts;
- Sistemas Baseados em Conhecimento.

- O que é conhecimento?

O conhecimento pode ser definido como informação sobre ambiente (que pode ser expressa na forma de proposições).

- O que é representação do conhecimento?

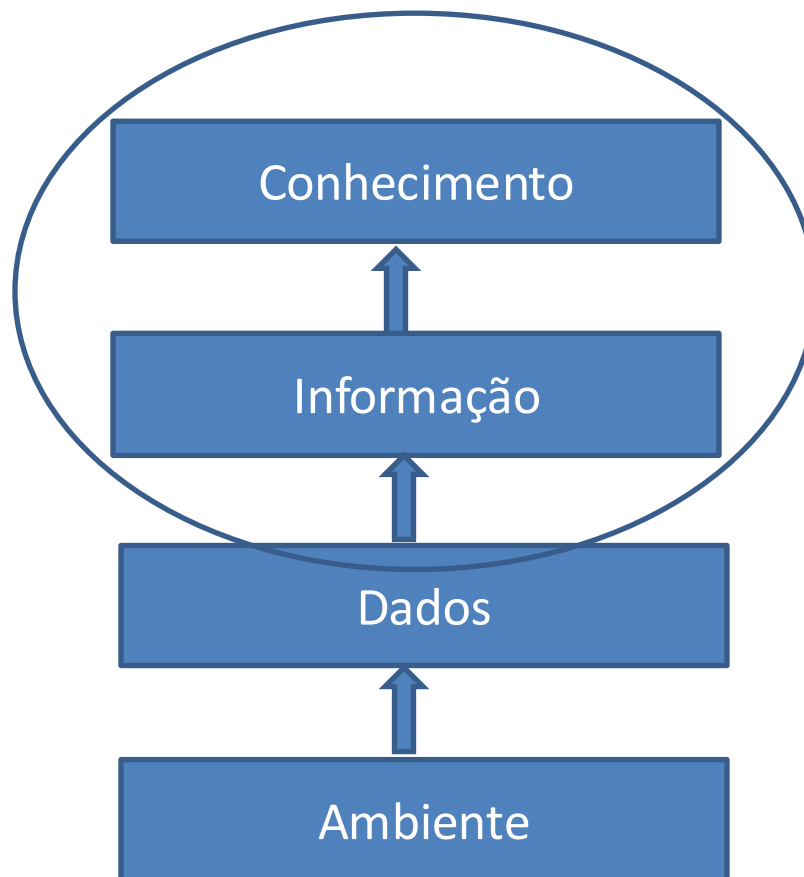
Símbolos usados para representar informação sobre ambiente (as proposições).

- O que é representação e raciocínio do conhecimento?

A manipulação de símbolos (que codificam proposições para produzir representações de novas proposições).

A questão de representar o conhecimento é uma questão fundamental na Inteligência Artificial: Como pode o conhecimento humano ser representado por uma linguagem de computador e de uma tal forma que os computadores possam usar esse conhecimento para raciocinar?

Conhecimento?





ISLab

Synthetic Intelligence Lab

Exemplos

Data

- 100

Information

- 100 miles

Knowledge

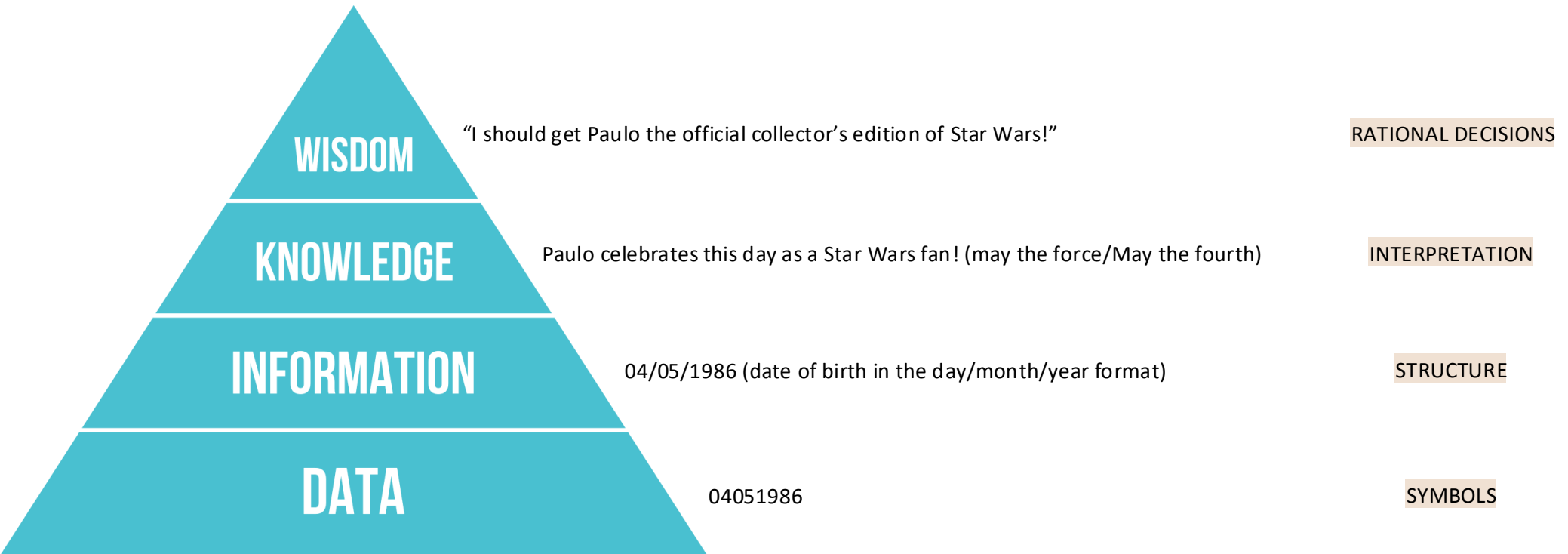
- 100 miles is quite a far distance.

Wisdom

- It is very difficult to walk 100 miles by any person, but vehicle transport is okay

Source : <https://www.guru99.com/information-vs-knowledge-difference.html>

Exemplo



Tipos de problemas

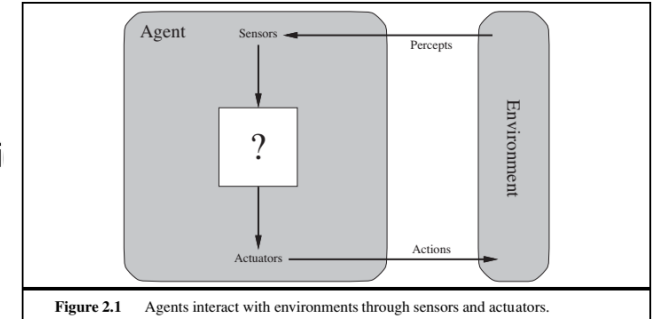
- Ambiente determinístico, totalmente observável → **problema do estado único**
 - O agente “**sabe**” exatamente o estado em que estará; a solução é uma sequência.
- Ambiente determinístico, não acessível → **problema de múltiplos estados**
 - O agente “**não sabe**” onde está; a solução é uma sequência
- Ambiente não determinístico e/ou parcialmente acessível → **problema de contingência**
 - Percepções fornecem novas informações sobre o estado atual
 - Frequentemente intercalam procura e execução
- Espaço de estados desconhecido → **problema de exploração**

Engenharia do Conhecimento

- A **Engenharia do Conhecimento** desenvolve e explicita métodos de "Representação do Conhecimento" e Estratégias de tratamento computacional desse mesmo Conhecimento;

- **Agentes Baseados em Conhecimento**

- Base de Conhecimento (BC) constituída por factos (do domínio)
- Mecanismo de Inferência (independente do domínio);
- Aproximação Declarativa para Construir um Agente:
 - Dizer-lhe o que precisa de saber;
 - Desta forma ele pode perguntar-se a si mesmo (respostas vêm da BC).
- Agentes podem ser vistos ao:
 - Nível do Conhecimento (o que eles sabem sem preocupação com a forma de implementação);
 - Nível da Implementação (estruturas de dados na BC e algoritmos que as manipulam).



Fonte: Russell and Norvig, (2009) Artificial Intelligence - A Modern Approach.

Agentes baseados em conhecimento (Knowledge-based Agents)

- Os humanos sabem “coisas”, o que os ajuda a fazer “coisas”!
 - Processos de raciocínio que operam em representações internas de conhecimento
- Lógica: uma classe geral de representações para apoiar agentes baseados em conhecimento
 - Combinamos e recombinaamos informações para atender a uma infinidade de finalidades
- Os agentes baseados em conhecimento podem aceitar novas tarefas na forma de objetivos explicitamente descritos;
 - “Ouvir” ou aprender novos conhecimentos sobre o meio ambiente
 - Adaptando-se às mudanças no ambiente, atualizando conhecimento relevante

Agentes baseados em conhecimento (Knowledge-based Agents)

```
function KB-AGENT(percept) returns an action  
  persistent: KB, a knowledge base  
             t, a counter, initially 0, indicating time  
  
  TELL(KB, MAKE-PERCEPT-SENTENCE(percept, t))  
  action  $\leftarrow$  ASK(KB, MAKE-ACTION-QUERY(t))  
  TELL(KB, MAKE-ACTION-SENTENCE(action, t))  
  t  $\leftarrow$  t + 1  
  return action
```

- TELL the KB what it perceives
- ASK the KB what action to perform
 - Reasoning about the current state of the world, outcomes of possible actions, ...
- TELL the KB which action was performed in the world

Conhecimento vs. Implementação

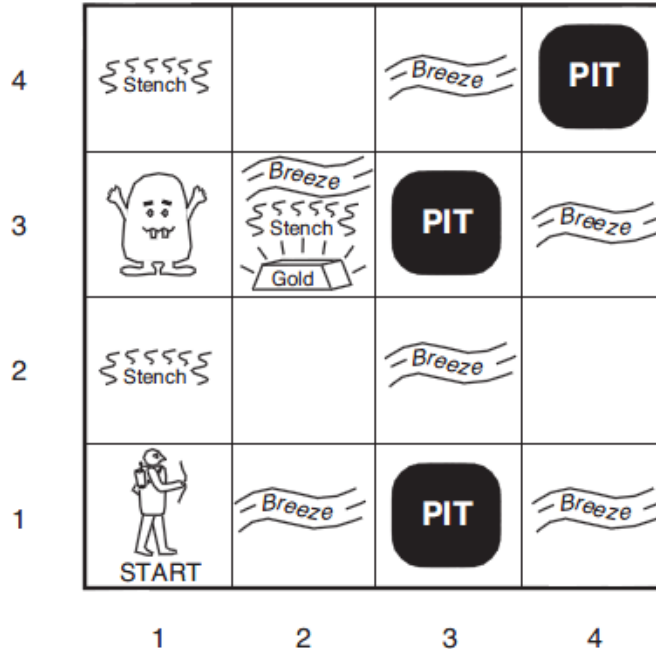
- Um agente baseado em conhecimento pode ser descrito ao **nível do conhecimento (KB)**
 - Precisamos apenas especificar o que o agente sabe e quais são seus objetivos

Exemplo:

 - Um automóvel autónomo tem como objetivo levar uma encomenda de Guimarães a Braga e sabe que deve usar uma das estradas que ligam as duas cidades.
 - Podemos esperar que ele use uma das estradas porque sabe que com isso alcançará o seu objetivo!
- **Abordagem declarativa** para a construção do sistema: **TELL (DIZER)** ao agente o que ele precisa saber
- **Implementação:** estruturas de dados dentro da KB e algoritmos
 - Abordagem procedimental: codificar comportamentos diretamente como código de programa

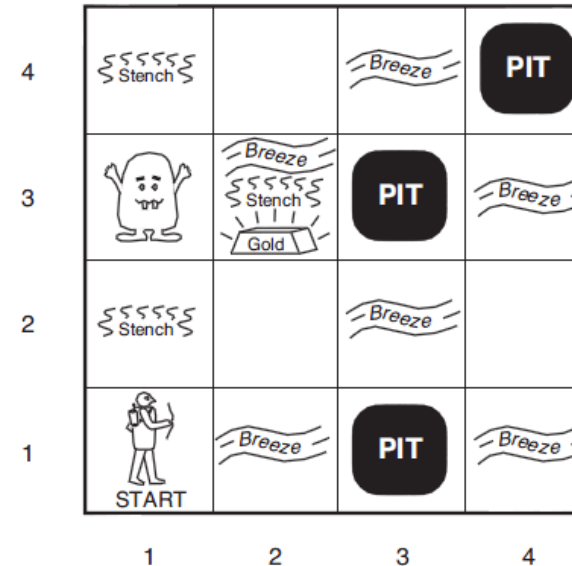
O Mundo do Wumpus

O jogador deve apanhar o Ouro e regressar ao ponto de partida sem entrar em nenhuma célula com um poço ou com o Wumpus.



O Mundo do Wumpus

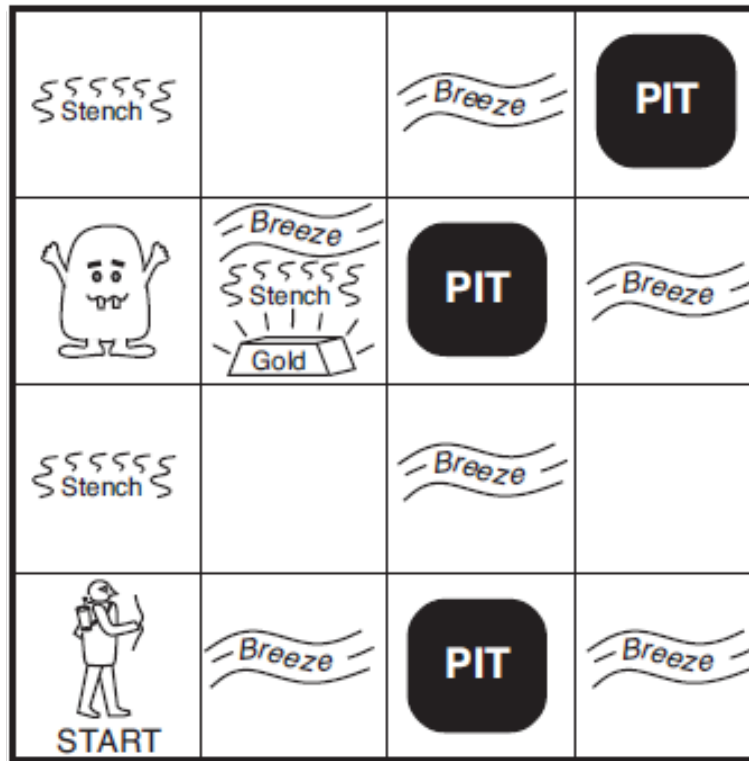
- Percepções (sensores): Cheiro, Brisa, Brilho, Choque, Grito
- Ações: Rodar à Direita, Rodar à Esquerda, Frente, Agarrar, Largar, Disparar
- Objetivos: Apanhar o Ouro e regressar ao ponto de partida sem entrar em nenhuma célula com um poço ou com o Wumpus
- Ambiente:
 - células adjacentes ao Wumpus têm **“mau” cheiro**
 - células adjacentes aos poço têm **brisa** (vento)
 - células com Ouro têm **brilho**
 - **Disparar** uma seta mata o Wumpus se estiver virados para ele (ie., na mesma direção)
 - Apenas uma seta disponível
 - **Agarrar** pega no Ouro se ele estiver na mesma célula
 - **Largar** deixa o Ouro na célula atual



Caracterização do Mundo do Wumpus

- Determinístico?
 - Sim! Resultado é especificado exatamente!
- Acessível? le parcialmente observável
 - Não! Só existe percepção local!
- Estático?
 - Sim! Wumpus, Poços e Ouro não se movem!
- Discreto?
 - Claro que Sim!

Raciocínio e Ação no Mundo Wumpus



- A** = Agent
- B** = Breeze
- G** = Glitter, Gold
- OK** = Safe square
- P** = Pit
- S** = Stench
- V** = Visited
- W** = Wumpus

Raciocínio e Ação no Mundo Wumpus

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

Em (1,1) não sente nada, logo (1,2) e (2,1) são seguros

Stench		Breeze	PIT
Stench	Breeze Stench Gold	PIT	Breeze
Stench		Breeze	
START	Breeze	PIT	Breeze

- A** = Agent
- B = Breeze
- G = Glitter, Gold
- OK = Safe square
- P = Pit
- S = Stench
- V = Visited
- W = Wumpus

Raciocínio e Ação no Mundo 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

Move-se para (2,1) e sente vento (B – Breeze)

Vento em (2,1) significa poço em (3,1) ou (2,2)

Regressa ao único ponto seguro ainda não explorado (1,2) e sente cheiro.

S S S S S Stench		Breeze	PIT
W Stench	Breeze S S S S S Stench Gold	PIT	Breeze
S S S S S Stench		Breeze	
START	Breeze	PIT	Breeze

- A** = Agent
- B = Breeze
- G = Glitter, Gold
- OK = Safe square
- P = Pit
- S = Stench
- V = Visited
- W = Wumpus

Raciocínio e Ação no Mundo 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

Stench		Breeze	PIT
Stench	Breeze Stench Gold	PIT	Breeze
Stench		Breeze	
START	Breeze	PIT	Breeze

A = Agent
 B = Breeze
 G = Glitter, Gold
 OK = Safe square
 P = Pit
 S = Stench
 V = Visited
 W = Wumpus

(1,1) era seguro e (2,1) não tinha cheiro logo o Wumpus está em (1,3)
 Em (1,2) não sente vento, logo o poço está em (3,1) e não há poço em (2,2).

Raciocínio e Ação no Mundo Wumpus

1,4	2,4 P?	3,4	4,4
1,3 W!	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 V OK	3,1 P!	4,1

Move-se para o único ponto seguro não explorado (2,2)
 Como em (2,2) não sente nada (2,3) e (3,2) são seguros
 Move-se para (2,3) e sente vento, cheiro e brilho – descobriu o OURO!

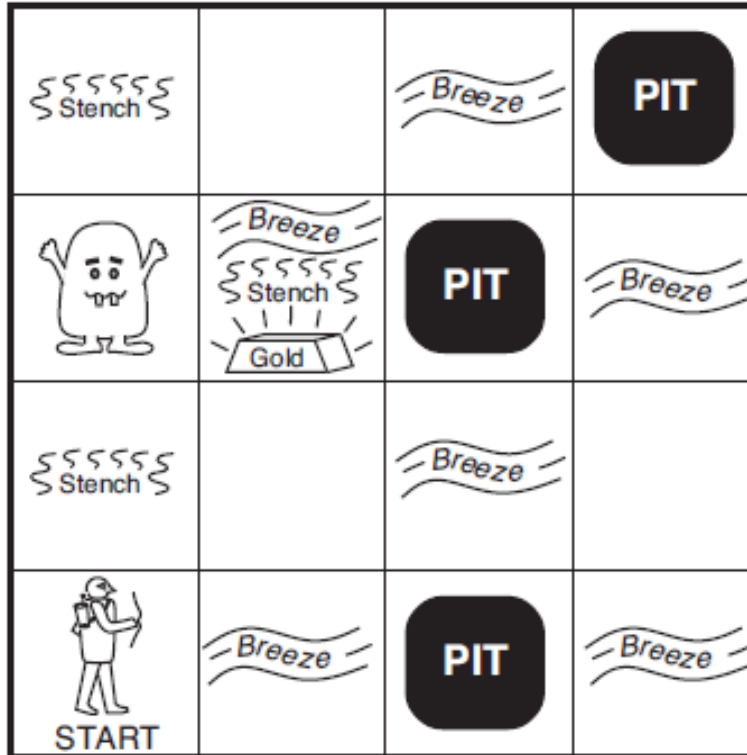
Stench		Breeze	PIT
Stench	Breeze Stench Gold	PIT	Breeze
Stench		Breeze	
START	Breeze	PIT	Breeze

A = Agent
 B = Breeze
 G = Glitter, Gold
 OK = Safe square
 P = Pit
 S = Stench
 V = Visited
 W = Wumpus

Todas as acções foram tomadas com consciência total das suas consequências.

Fonte: Russell and Norvig, (2009) Artificial Intelligence - A Modern Approach.

Raciocínio e Ação no Mundo Wumpus

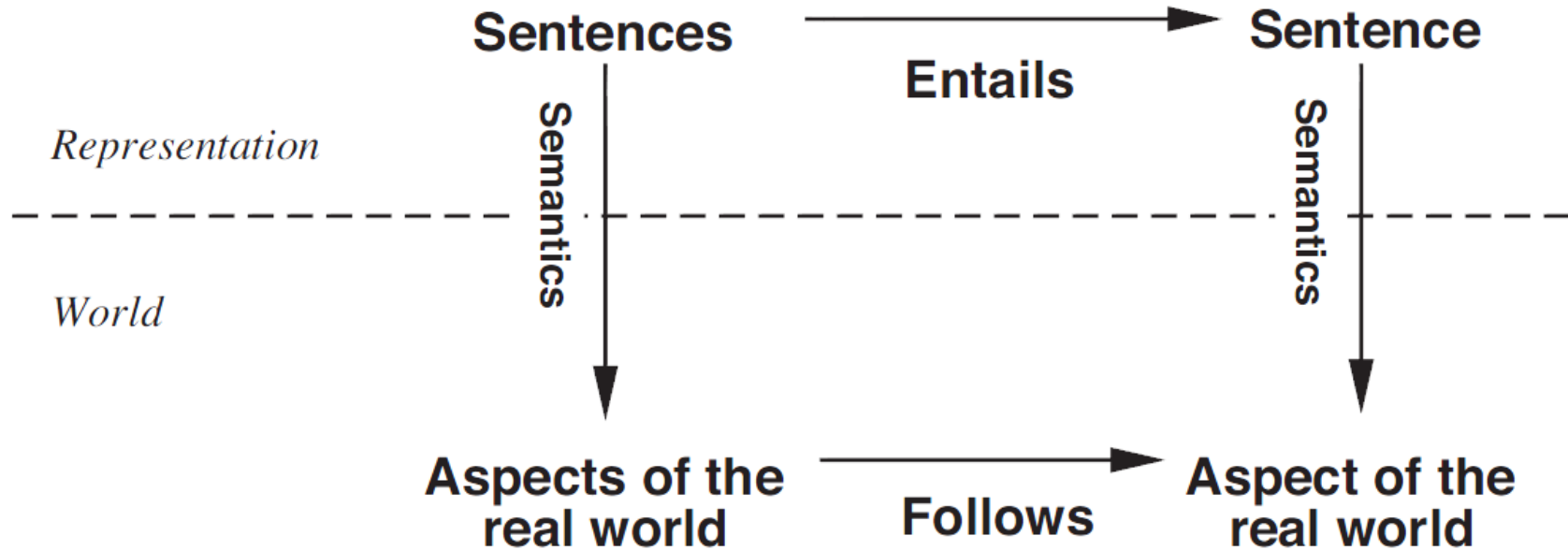


De salientar que em cada passo o agente tira uma conclusão a partir das informações disponíveis, essa conclusão é garantida como correta se as informações disponíveis forem corretas.

Esta é uma propriedade fundamental do raciocínio lógico.

Representação, Raciocínio e Lógica

- Representação do conhecimento procura representar o conhecimento de forma a que seja manipulável pelo computador
- Lógicas são linguagens formais para representar informação de forma a que conclusões possam ser tiradas
- Sintaxe define as possíveis frases de uma linguagem
- Semântica define os factos do mundo a que as frases se referem (significado da frases)
- Por exemplo em linguagem aritmética:
 - $x+2 > y$ é uma frase; $x+2 > y$ não é!
 - $x+2 > y$ é verdadeira se o número $x+2$ é maior do que o número y
 - $x+2 > y$ é verdadeira num mundo em que $x=5$, $y=3$
 - $x+2 > y$ é falsa num mundo em que $x=0$, $y=3$



Representação de Conhecimento

A Representação de Conhecimento procura responder questões tais como:

- Como representar conhecimento?
- Qual é a natureza do conhecimento e como o representamos?
- Será que representamos esse conhecimento todos de igual forma?
- Um esquema de representação deve lidar com um domínio específico ou deve ser de uso geral?
- Quão expressivo é um esquema de representação?
- O esquema deve ser declarativo ou processual?
- Como devem os programas ditos “inteligentes” representar e usar esse conhecimento?
- Seremos capazes de representar todo o tipo de conhecimento?

Características desejáveis, entre outras:

- Definir explicitamente os objetos e suas relações;
- Exibir as limitações e restrições (expressar a forma como um objeto ou relação os afeta).
- Transparente;
- Rápida;
- Computável.

- Adequação da representação
 - capacidade de representar o conhecimento necessário;
- Adequação da inferência
 - capacidade de manipular conhecimento e “produzir” novos conhecimentos;
- Eficiência da inferência
 - capacidade de direcionar a inferência para direções produtivas;
 - capacidade de responder com recursos limitados;
- Eficiência na aquisição de novo conhecimento
 - capacidade de “adquirir” novo conhecimento;
 - De uma forma automática (se possível).

Bibliografia Recomendada

- **Stuart Russell and Peter Norvig, Artificial Intelligence - A Modern Approach, 4rd edition, ISBN: 978-0134610993, 2020, Chapter 7.**



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Departamento de Informática

Conhecimento e Raciocínio

LICENCIATURA EM ENGENHARIA INFORMÁTICA
MESTRADO integrado EM ENGENHARIA INFORMÁTICA

Inteligência Artificial

2025/26