

Representação de Conhecimento e Raciocínio  
Representação de Conhecimento baseada em Lógica  
Sintaxe e Semântica para Representação do Conhecimento

Inteligência Artificial – 2020/1

# Cálculo de Predicados de Primeira Ordem

## (Lógica de Predicados, Lógica de Primeira Ordem)

- Permite representar conhecimento e raciocinar usando objetos e relações entre objetos.
- Baseada em predicados atômicos, funções, variáveis e quantificadores de variáveis
- Predicados denotam relações em um domínio e podem ter  $n \geq 0$  argumentos, constantes ou variáveis:

$P(x), Q(x,y), R(x,a,z)$

# Modelos para Lógica de Primeira Ordem

- Contém objetos, relações e funções
- (Domínio: conjunto de objetos que o modelo contém.

## Objetos:

- Ricardo Coração de Leão
- João
- Perna esquerda de Ricardo
- Perna esquerda de João
- coroa

## Relações binárias:

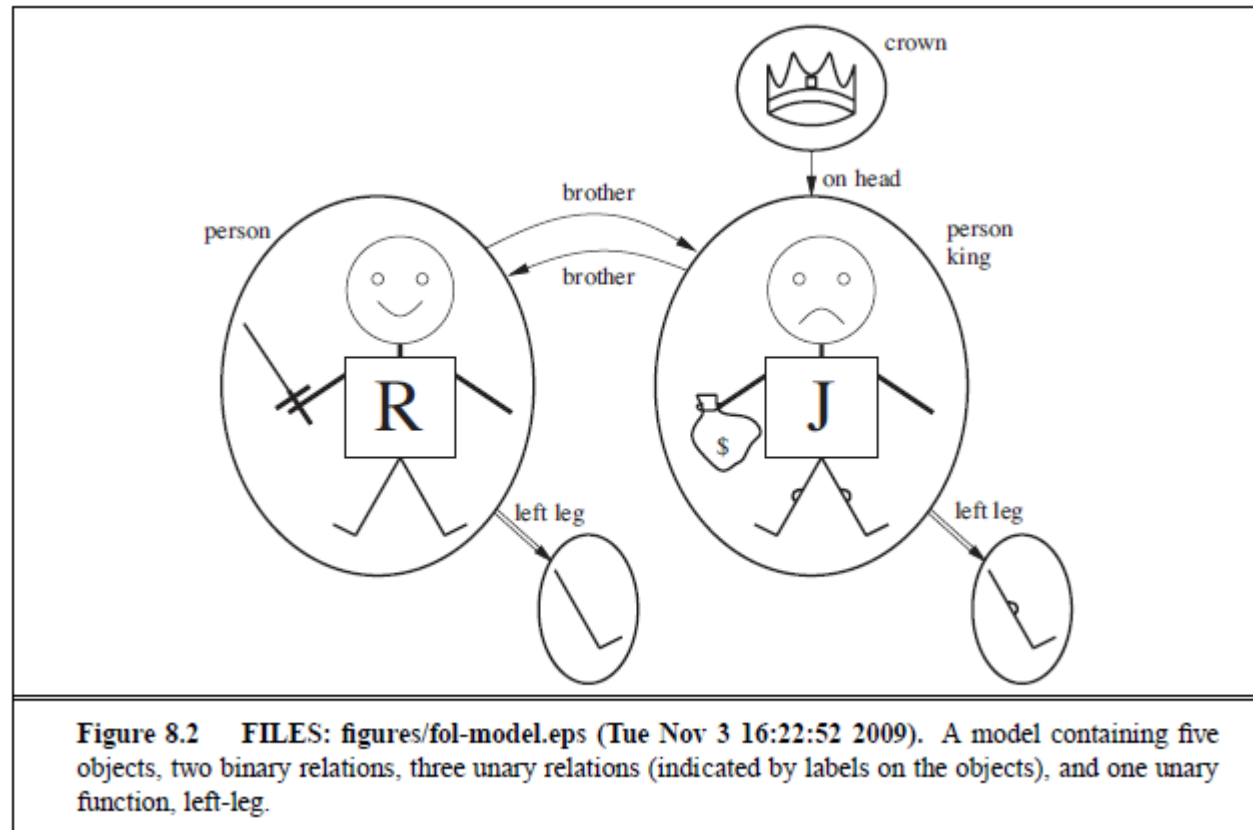
- Irmão
- Na cabeça

## Relações unárias:

- Pessoa
- Rei
- Coroa

## Função:

- Perna esquerda



<http://aima.cs.berkeley.edu/instructors.html>

# Definição de modelo: Símbolos e interpretação

- Símbolos de constantes – representam objetos
  - Símbolos de predicados – representam relações
  - Símbolos de funções – representam as funções
- (Convenção da lógica: começam com letras maiúsculas)
- Cada símbolo de função e predicado vem com uma aridade – número de argumentos
  - Cada modelo deve fornecer as informações necessárias para determinar se uma dada sentença é verdadeira ou falsa.
  - O modelo é composto de objetos, relações e funções, além de uma **interpretação** que define exatamente a correspondência entre símbolos e o que eles representam

# Definição de modelo: Símbolos e interpretação

- Resumindo:
- Um modelo em lógica de primeira ordem consiste em:
  - um **conjunto de objetos** e
  - uma **interpretação** que mapeia:
    - de símbolos de constante a **objetos**
    - de símbolos de predicado às **relações** entre esses objetos e
    - de símbolos de função às **funções** desses objetos

# Lógica de Predicados - Termos

- **Termo** - expressão lógica que se refere a um objeto
- Símbolos de constantes são **termos**
- Funções são um meio de fazer referência a um objeto sem dar nome ao objeto
  - Exemplo: PernaEsquerda(João)
- Símbolo de função seguido de uma lista de termos entre parênteses como argumentos da função são **termos complexos**
- **Variáveis** são termos (falaremos mais adiante)

# Lógica de Predicados – Sentenças Atômicas

- **Sentença atômica** (ou **átomo**) – formada a partir de um símbolo de predicado seguido por uma lista de termos entre parêntesis:
- Irmão(Ricardo, João)
- Termos complexos podem ser argumentos:
- Casado (Pai(Ricardo), Mãe(João)) (Pai e Mãe são funções)
- *Uma sentença atômica é **verdadeira** em dado modelo, sob dada interpretação, se a relação referida pelo símbolo de predicado é válida entre os objetos referidos pelos argumentos*

# Lógica de Predicados – Sentenças Complexas

- **Sentença complexa** – pode ser construída com o uso dos conectivos lógicos:
  - Negação -  $\neg$
  - Conjunção (E) -  $\wedge$
  - Disjunção (OU) -  $\vee$
  - Implicação -  $\rightarrow$
  - Equivalência -  $\leftrightarrow$
- Exemplos de sentenças que são verdadeiras no modelo do exemplo anterior:
  - $\text{Irmão}(\text{Ricardo}, \text{João}) \wedge \text{Irmão}(\text{Ricardo}, \text{João})$
  - $\neg \text{Irmão}(\text{PernaEsquerda}(\text{Ricardo}), \text{João})$
  - $\text{Rei}(\text{Ricardo}) \vee \text{Rei}(\text{João})$
  - $\neg \text{Rei}(\text{Ricardo}) \rightarrow \text{Rei}(\text{João})$



# Lógica de Predicados – Quantificadores

- Quantificadores permitem expressar propriedades de coleções inteiras de objetos
- **Quantificação universal** ( $\forall$ ) (para todo)
- Para expressar que “Todos os reis são pessoas”:

$$\forall x \text{ Rei}(x) \rightarrow \text{Pessoa}(x)$$

*(Lê-se: Para todo  $x$ , se  $x$  é rei então  $x$  é pessoa)*

- $x$  é uma **variável**

(Convenção: variáveis são letras minúsculas)

- Uma variável é um termo e pode servir como argumento de uma função

# Lógica de Predicados – Quantificadores

- **Quantificação existencial ( $\exists$ )** (existe, para algum)
- Permite fazer declaração sobre algum objeto, sem nomeá-lo
- Para expressar que “O rei João tem uma coroa em sua cabeça”:

$$\exists x \text{ Coroa}(x) \wedge \text{NaCabeça}(x, \text{João})$$

- *Em geral:*
- *o conectivo  $\rightarrow$  é usado com  $\forall$  e*
- *o conectivo  $\wedge$  é usado com  $\exists$*

# Lógica de Predicados – Semântica

- **Semântica de uma sentença: valores verdadeiro ou falso**
- Interpretação: atribuição de valores a cada termo e predicado da sentença
- O valor verdade de uma sentença atômica é definido pelo seu significado no mundo representado
- O valor verdade de uma sentença complexa pode ser calculado a partir do valor verdade de sentenças atômicas usando a semântica dos conectivos lógicos e mais:
  - $\forall x P(x)$  é verdade se e só se  $P(x)$  é verdade para todo  $x$  do domínio
  - $\exists x P(x)$  é verdade se existe pelo menos um valor de  $x$  no domínio para o qual  $P(x)$  é verdade

# BC com a Lógica de Predicados

- **Asserções e Consultas (Objetivos)**
- Sentenças são adicionadas em uma BC com TELL (asserções)
  - TELL(BC, Rei(João))
  - TELL(BC, Pessoa(Ricardo))
  - TELL(BC,  $\forall x \text{ Rei}(x) \rightarrow \text{Pessoa}(x)$ )
- Podemos consultar a BC usando ASK (consulta ou objetivo)
  - Qualquer consulta que é consequência lógica da BC deve ser respondida afirmativamente
  - ASK(BC, Rei(João))      Resposta: True
  - ASK(BC, Pessoa(João))      Resposta: True

# BC com a Lógica de Predicados

- **Asserções e Consultas**
- Consultas podem ter variáveis quantificadas:
  - $\text{ASK}(\text{BC}, \exists x \text{ Pessoa}(x))$
  - True
- Para saber quais valores de  $x$  fazem a sentença verdadeira, usamos a função **ASKVARS**:
  - $\text{ASKVARS}(\text{BC}, \text{Pessoa}(x))$
  - Respostas:  $\{x/\text{Ricardo}\}, \{x/\text{João}\}$

- Próxima aula:
- Algoritmos de Inferência na Lógica de Predicados