

# Inteligência Artificial

Professor: Ricardo Fiera

[ricardofiera@esucri.com.br](mailto:ricardofiera@esucri.com.br)

# Lógica dos predicados;

- Na lógica das proposições um átomo representa uma sentença declarativa que pode ser V ou F, não ambas;
  - Ex: Pedro é um mortal;
- Existem muitas idéias que não podem ser tratadas desta maneira tão simplista;
  - Ex: Todo homem é mortal,  
Pedro é um homem,  
Pedro é um mortal;

# Exemplificando

conhecimento prévio

- A) Todo americano que vende uma arma a uma nação hostil é criminoso
- B) Todo país em guerra com uma nação X é hostil a X
- C) Todo país inimigo político de uma nação X é hostil a X
- D) Todo míssil é uma arma
- E) Toda bomba é uma arma
- F) Cuba é uma nação
- G) USA é uma nação
- H) Cuba é inimigo político dos USA
- I) Irã é inimigo político dos USA

conhecimento  
do problema

- J) West é americano
- K) Existem mísseis em cuba
- L) Os mísseis de cuba foram vendidos por West

novo  
conhecimento

- |                                   |                     |
|-----------------------------------|---------------------|
| M) Cuba possui um míssil M1       | - de K              |
| N) M1 é um míssil                 | - de K              |
| O) M1 é uma arma                  | - de D e N          |
| P) Cuba é hostil aos USA          | - de F, G, H e C    |
| Q) M1 foi vendido a Cuba por West | - de L, M e N       |
| R) West é criminoso               | - de A, J, O, P e Q |

# Exemplificando

conhecimento prévio

- A)  $\forall x,y,z \text{ Americano}(x) \wedge \text{Arma}(y) \wedge \text{Nação}(z) \wedge \text{Hostil}(z) \wedge \text{Vende}(x,z,y) \Rightarrow \text{Criminoso}(x)$
- B)  $\forall x \text{ Guerra}(x, \text{USA}) \Rightarrow \text{Hostil}(x)$
- C)  $\forall x \text{ InimigoPolítico}(x, \text{USA}) \Rightarrow \text{Hostil}(x)$
- D)  $\forall x \text{ Missil}(x) \Rightarrow \text{Arma}(x)$
- E)  $\forall x \text{ Bomba}(x) \Rightarrow \text{Arma}(x)$
- F)  $\text{Nação}(\text{Cuba})$
- G)  $\text{Nação}(\text{USA})$
- H)  $\text{InimigoPolítico}(\text{Cuba}, \text{USA})$
- I)  $\text{InimigoPolítico}(\text{Irã}, \text{USA})$

conhecimento do problema

- J)  $\text{Americano}(\text{West})$
- K)  $\exists x \text{ Possui}(\text{Cuba}, x) \wedge \text{Missil}(x)$
- L)  $\forall x \text{ Possui}(\text{Cuba}, x) \wedge \text{Missil}(x) \Rightarrow \text{Vende}(\text{West}, \text{Cuba}, x)$

novo conhecimento

- M)  $\text{Possui}(\text{Cuba}, \text{M1})$
- N)  $\text{Missil}(\text{M1})$
- O)  $\text{Arma}(\text{M1})$
- P)  $\text{Hostil}(\text{Cuba})$
- Q)  $\text{Vende}(\text{West}, \text{Cuba}, \text{M1})$
- R)  $\text{Criminoso}(\text{West})$

- *Eliminação: quantificador existencial e conjunção de K*
- *a partir de D e N*
- *a partir de C e H*
- *a partir de L, M e N*
- *a partir de A, J, O, F, P e Q*

# Lógica dos predicados;

- Representação:

**P**: Todo homem é mortal,

**Q**: Pedro é um homem,

**R**: Pedro é um mortal;

- Na lógica proposicional, **R** não é consequência lógica de **P** e **Q**;

# Lógica dos predicados;

- Elementos Básicos:

- *Objetos;*
- *Predicados;*
- *Variáveis;*
- *Quantificadores;*

# Lógica dos predicados;

- Elementos Básicos:

- **Objetos:**

- *Concretos: a bíblia, a lua, ...*
- *Abstratos: o conjunto vazio, a paz, ...*
- *Fictícios: Saci pererê, mula sem cabeça, ...*

# Lógica dos predicados;

- Elementos Básicos:

- ***Predicados:***

- ***A bolinha 'a' está sobre a bolinha 'b';***
    - ***A bolinha 'b' é verde;***
    - ***A bolinha azul é maior que a vermelha;***



# Lógica dos predicados;

- Elementos Básicos:

- **Variável:**

- *'X' é um bloco;*
    - *'Y' é uma mesa;*
    - *'X' está sobre 'Y';*

- Variável: Permite estabelecer fatos sobre objetos, sem nomeá-los explicitamente.
- $\text{bloco}(X)$ :  $X$  é um bloco.
- $\text{mesa}(Y)$ :  $Y$  é uma mesa.
- $\text{sobre}(X,Y)$ :  $X$  está sobre  $Y$ .

# Lógica dos predicados;

11

## Elementos Básicos:

- **Quantificadores:**
  - Permitem estabelecer fatos sobre objetos sem enumerá-los explicitamente;
  - Há dois quantificadores:

**Universal....:**  $\forall X[\text{bloco}(X)]$  estabelece que todo objeto  $X$  é um bloco

**Existencial...:**  $\exists Y[\text{mesa}(Y)]$  estabelece que algum objeto  $Y$  é uma mesa

# Lógica dos predicados;

12

- Exemplo:

- “Alguns humanos são vegetarianos”

- $\exists x(H(x) \wedge V(x))$

- “Todo humanos são mortais”

- $\forall x(H(x) \rightarrow M(x))$

# Lógica dos predicados;

- As variáveis representam objetos que não estão identificados no Universo considerado ("alguém", "algo", etc.);
- As constantes representam objetos identificados do Universo ("João", "o ponto A", etc. );
- Os símbolos de Predicados representam propriedades ou relações entre os objetos do Universo.

# Lógica dos predicados;

- Exemplos:

- "Maria é inteligente" :  $I(m)$  ;
  - "m" está identificando Maria e "I" a propriedade de "ser inteligente".

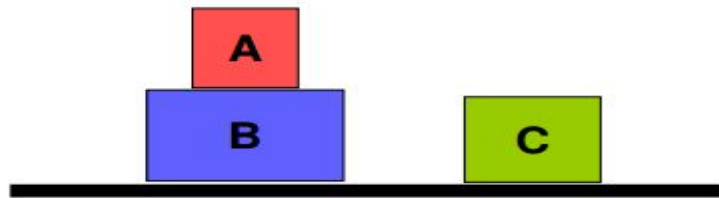
# Lógica dos predicados;

## ■ Exemplos:

- "Alguém gosta de Maria":  $G(x,m)$  ;
  - $G$  representa a relação "gostar de" e " $x$ " representa "alguém".

# Lógica dos predicados;

- Predicado denota uma relação entre objetos num contexto específico:

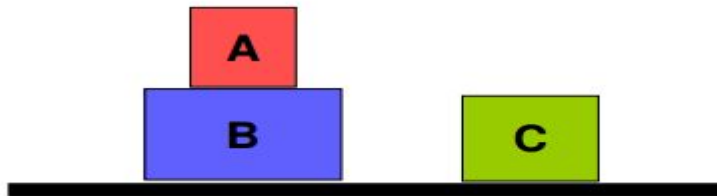


- **sobre(a, b)** : o bloco *A* está sobre o bloco *B*
- **cor(b, azul)**: o bloco *B* tem cor azul
- **maior(a, c)**: o bloco *A* é maior que o bloco *C*



# Lógica dos predicados;

- Uso de conectivos:



- $\text{sobre}(a,b) \wedge \text{sobre}(b,m)$ :  $A$  está sobre  $B$  e  $B$  está sobre a mesa
- $\neg \text{cor}(b,\text{azul})$ : a cor de  $B$  não é azul
- $\text{maior}(b,c) \vee \text{maior}(c,b)$ : o bloco  $B$  é maior que  $C$  ou  $C$  é maior que  $B$

# Lógica dos predicados;

18

- Proposições são sentenças que podem ter o valor verdadeiro ou falso;
- Não podemos dizer que **bloco(X)** é verdadeiro ou falso até que a variável **X** tenha sido substituída ou quantificada.

# Lógica dos predicados;

19

- Exemplos:

- “Todo mundo ama João”

- $\forall X(\text{Ama}(X, \text{João}))$

# Lógica dos predicados;

20

- Exemplos:

- “Existe alguém que Maria não ama”

- $\exists X(\sim \text{Ama}(\text{Maria}, X))$

## Quantificador

permite estabelecer fatos sobre objetos, sem enumerá-los explicitamente

- Há dois quantificadores:
  - **Universal....:**  $\forall X[\text{bloco}(X)]$  estabelece que todo objeto  $X$  é um bloco
  - **Existencial...:**  $\exists Y[\text{mesa}(Y)]$  estabelece que algum objeto  $Y$  é uma mesa
- Estes quantificadores podem ser combinados numa mesma fórmula
  - ***Todo bloco está sobre alguma coisa que é um bloco ou uma mesa***
  - $\forall X[\text{bloco}(X) \rightarrow \exists Y[\text{sobre}(X,Y) \wedge (\text{bloco}(Y) \vee \text{mesa}(Y))]]$

## Interpretação

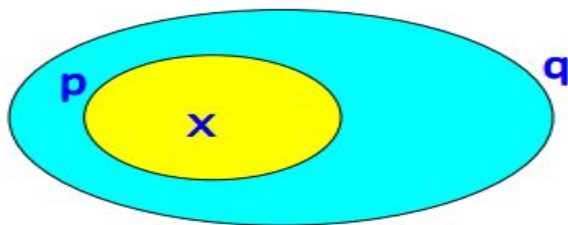
- um conjunto não-vazio  $\mathcal{D}$
  - um mapeamento que associa cada objeto a um elemento fixo de  $\mathcal{D}$
  - um mapeamento que associa cada predicado a uma relação sobre  $\mathcal{D}$
- 
- **O quantificador universal denota conjunção**
    - Por exemplo, para  $\mathcal{D} = \{a, b, c, m\}$
    - A fórmula  $\forall x[\text{bloco}(x)]$  equivale a  $\text{bloco}(a) \wedge \text{bloco}(b) \wedge \text{bloco}(c) \wedge \text{bloco}(m)$
  - **O quantificador existencial denota disjunção**
    - Por exemplo, para  $\mathcal{D} = \{a, b, c, m\}$
    - A fórmula  $\exists y[\text{mesa}(y)]$  equivale a  $\text{mesa}(a) \vee \text{mesa}(b) \vee \text{mesa}(c) \vee \text{mesa}(m)$

- Para facilitar a formalização de sentenças na lógica de predicados, destacamos quatro tipos de sentenças de especial interesse, denominadas **enunciados categóricos**:
  - **Universal afirmativo:** *Todos* os homens são mortais.
  - **Universal negativo:** *Nenhum* homem é extra-terrestre.
  - **Particular afirmativo:** *Alguns* homens são cultos.
  - **Particular negativo:** *Alguns* homens *não* são cultos.



## Enunciado universal afirmativo

- é da forma  $\forall x[p(x) \rightarrow q(x)]$
- estabelece que  $p$  é um subconjunto de  $q$



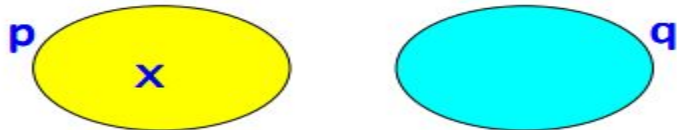
### Exemplo:

- **Sentença.....:** *Todos os homens são mortais*
- **Sintaxe.....:**  $\forall x[h(x) \rightarrow m(x)]$
- **Semântica...:** para todo  $x$ , se  $x \in h$  então  $x \in m$



## Enunciado universal negativo

- é da forma  $\forall x [p(x) \rightarrow \neg q(x)]$
- estabelece que os conjuntos **p** e **q** são disjuntos

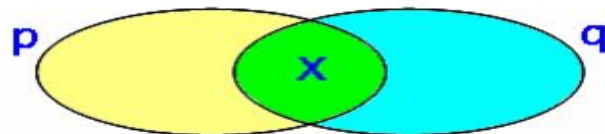


### Exemplo:

- Sentença.....: **Nenhum homem é extra-terrestre**
- Sintaxe.....:  $\forall x [h(x) \rightarrow \neg e(x)]$
- Semântica...: para todo  $x$ , se  $x \in h$  então  $x \notin e$

## Enunciado particular afirmativo

- é da forma  $\exists x[p(x) \wedge q(x)]$
- estabelece que os conjuntos **p** e **q** têm intersecção não-vazia

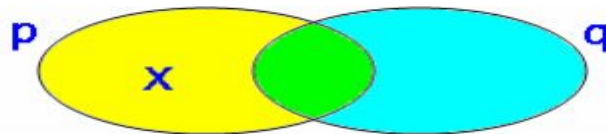


### Exemplo:

- Sentença.....: *Alguns homens são cultos*
- Sintaxe.....:  $\exists x[h(x) \wedge c(x)]$
- Semântica...: existe  $x$  tal que  $x \in h$  e  $x \in c$

## Enunciado particular negativo

- é da forma  $\exists x [p(x) \wedge \neg q(x)]$
- estabelece que existem elementos em **p** que não estão em **q**



### Exemplo:

- Sentença.....: ***Alguns homens não são cultos***
- Sintaxe.....:  $\exists x [h(x) \wedge \neg c(x)]$
- Semântica...: existe  $x$  tal que  $x \in h$  e  $x \notin c$

# Lógica dos predicados;

28

## **Exemplos:**

1 – Alguns homens não são sinceros.

$$\exists x(\text{Homem}(x) \wedge \sim \text{Sincero}(x))$$

# Lógica dos predicados;

29

## **Exemplos:**

2 – Todas as mulheres são lindas.

$\forall x(\text{Mulher}(x) \rightarrow \text{Linda}(x))$

# Lógica dos predicados;

30

## **Exemplos:**

3 – Nenhum peixe é anfíbio.

$$\forall x(\text{Peixe}(x) \rightarrow \sim \text{Anfíbio}(x))$$

# Lógica dos predicados;

31

## **Exemplos:**

4 – Alguns metais são líquidos.

$$\exists x(\text{Metal}(x) \wedge \text{Líquido}(x))$$

# Lógica dos predicados;

32

## **Exemplos:**

5 – Nenhum animal é vegetal.

$$\forall x(\text{Animal}(x) \rightarrow \sim \text{Vegetal}(x))$$