

# — Conhecimento Semântico —

---

- ◆ O que é o significado? Pode-se representar e processar?
- ◆ Como podemos modelar computacionalmente o conhecimento semântico?
- ◆ Como é que o processamento semântico se articula com o processamento sintático?

## ⬇ Conhecimento semântico

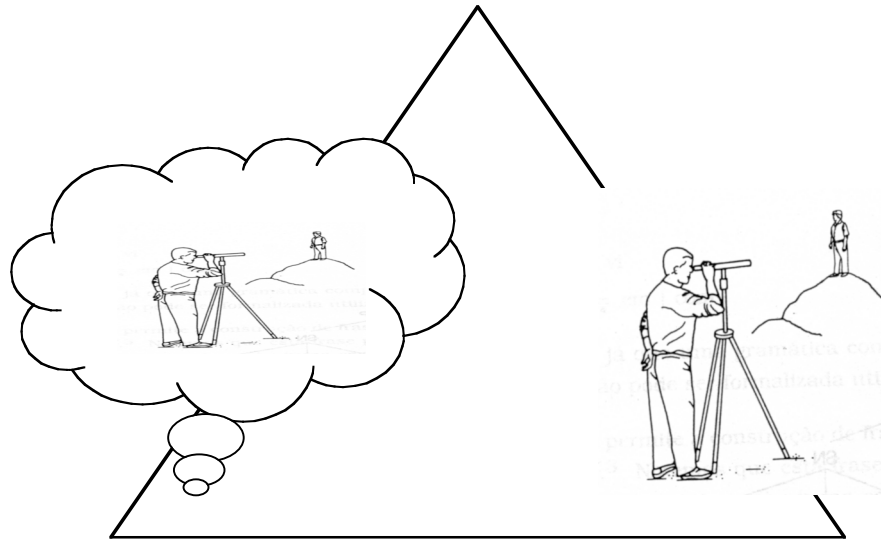
---

- ❑ Conhecimento semântico é o conhecimento do significado de expressões...
- ❑ ....o que é o **significado** das expressões de línguas naturais?

# Ora bem, o significado...

---

*O Pedro vê o João com a luneta*



# Conhecimento semântico

---

- ❑ **Conhecer o significado de uma frase declarativa  $f$  da linguagem  $L$  é conhecer as condições de verdade de  $f$** 
  - i.e. as condições em que  $f$  é verdadeira
  - i.e. como o mundo é quando  $f$  for verdadeira
- ◆ A propósito: qual é o significado de frases imperativas e interrogativas?
  
- ❑ **Descrever o significado de  $f$  é descrever (/representar/determinar) as condições de verdade de  $f$** 
  - ◆ como qualquer descrição, a descrição das condições de verdade só poder ser feita com ... uma linguagem.

# Representação semântica

---

## □ Descrição

- ◆ a descrição das condições de verdade das frases da linguagem objecto é feita numa linguagem que se designa por meta-linguagem

## □ Metalinguagem

- ◆ A metalinguagem pode ser outra linguagem natural
- ◆ Exs:
  - The sentence *O Pedro é careca* is true iff Pedro is bald.
  - A frase *O Pedro é careca* é verdadeira sse o Pedro é careca.
  - ...

# Descrição, Tradução e Sinonímia

---

## □ Tradução

- ◆ A parte significativa da descrição do significado de  $f$  de  $L$  consiste na tradução de  $f$  na meta-linguagem  $L'$ :
  - **Linguagem objecto  $L$ :** português
  - **Metalinguagem  $L'$ :** inglês
  - **Frase:** *O Pedro é careca*
  - **Repr. sem.:** *O Pedro é careca* is true iff Pedro is bald
  - **Tradução:** Pedro is bald

## □ Sinonímia

- ◆  $f'$  de  $L'$  é tradução de  $f$  de  $L$  sse  $f$  e  $f'$  são sinónimas
- ◆ *Pedro é careca; Pedro is bald; C(p); careca (pedro) ; . . .*

# ↴ Meta-linguagem

---

## □ Representação formal do significado

- ◆ tradução para uma meta-linguagem de descrição semântica...
- ◆ ... para uma linguagem formal, em termos práticos

## □ Linguagem de representação semântica

- ◆ semântica bem definida (...através de outra metalinguagem)
- ◆ suficiente poder expressivo
- ◆ suporte à automatização do raciocínio

## □ Opções

- ◆ LPO, Lógica de Primeira Ordem
- ◆ LQG, Lógica com Quantificação Generalizada
- ◆ TRD, Teoria da Representação do Discurso
- ◆ ...

# LPO: Sintaxe

## □ Sintaxe (esboço rápido)

- ◆  $F \rightarrow \text{Fatom} \mid F \text{ Cnt } F \mid \text{Quant Var, ..., Var } F \mid \neg F \mid (F)$
- ◆  $\text{Fatom} \rightarrow \text{Pred}_n(\text{Termo}, \dots, \text{Termo})$  [c/ n termos]
- ◆  $\text{Termo} \rightarrow \text{Cons} \mid \text{Var}$
- ◆  $\text{Cnt} \rightarrow \wedge \mid \vee \mid \Rightarrow$
- ◆  $\text{Quant} \rightarrow \forall \mid \exists$
- ◆  $\text{Cons} \rightarrow \text{pedro} \mid \text{rita} \mid \text{boby} \mid \text{xpto} \mid \dots$
- ◆  $\text{Var} \rightarrow x \mid y \mid \dots$
- ◆  $\text{Pred}_1 \rightarrow P \mid Q \mid \text{Louro} \mid \text{Homem} \mid \text{Mulher} \mid \dots$
- ◆  $\text{Pred}_2 \rightarrow \text{Ama} \mid \text{Viu} \mid \dots$



# LPO: Semântica

## □ Semântica (esboço rápido)

- ◆ *pedro* denota o Pedro
- ◆ *Louro* denota o conjunto dos objectos louros
- ◆ *Ama* denota a relação binária entre dois conjuntos (amantes e amados)
- ◆  $F1 \wedge F2$  é verdadeira sse  $F1$  é verdadeira e  $F2$  é verdadeira
- ◆  $F1 \vee F2$  é verdadeira sse  $F1$  é verdadeira ou  $F2$  é verdadeira
- ◆  $\neg F$  é verdadeira sse  $F$  não é verdadeira
- ◆  $F1 \Rightarrow F2$  é verdadeira sse se  $F1$  é verdadeira então  $F2$  é verdadeira
- ◆  $\exists x \text{Pred}(x)$  é verdadeira sse existe pelo menos um objecto no conjunto denotado por *Pred*
- ◆  $\forall x \text{Pred}(x)$  é verdadeira sse todos os objectos pertencem ao conjunto denotado por *Pred*
- ◆ qual a semântica de  $\text{Pred}(x) \dots$  ?

# Algumas traduções

---

*A Rita é loura.*

$\text{Louro}(\text{rita})$

*O Pedro amava a Rita.*

$\text{Ama}(\text{pedro}, \text{rita})$

*A Rita não amava o Pedro e o Pedro amava-se a si próprio.*

$\neg(\text{Ama}(\text{rita}, \text{pedro})) \wedge \text{Ama}(\text{pedro}, \text{pedro})$

*Há pelo menos um homem (nesta cidade, neste universo,...).*

$\exists x(\text{Homem}(x))$

# Mais traduções

---

*Todos são louros.*

$$\forall x(\text{Louro}(x))$$

*Todos eram homens louros.*

$$\forall x(\text{Homem}(x) \wedge \text{Louro}(x))$$

*Todos os homens são louros.*

$$\forall x(\text{Homem}(x) \Rightarrow \text{Louro}(x))$$

*Todas as mulheres amam um homem.*

$$\forall x (\text{Mulher}(x) \Rightarrow \exists y (\text{Homem}(y) \wedge \text{Amar}(x,y)))$$

$$\exists y (\text{Homem}(y) \wedge \forall x (\text{Mulher}(x) \Rightarrow \text{Amar}(x,y)))$$

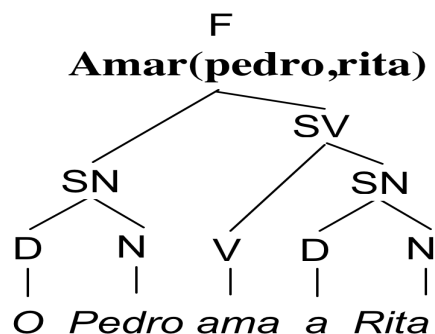
# ↴ Cálculo da representação

## □ O que já sabemos fazer...

- ◆ como representar o significado de (alguns) itens lexicais

• <i>Pedro</i>	pedro
• <i>Rita</i>	rita
• <i>ama</i>	Amar( , )

- ◆ como representar o significado de algumas frases:



## □ O que ainda não sabemos fazer...

- ◆ Como representar o significado dos seus constituintes?
- ◆ Como combinar essas (sub-)representações semânticas?

# Composicionalidade

---

## ❑ Princípio da composicionalidade:

- ◆ o significado de uma expressão é função do significado das suas subexpressões e do modo como estas se encontram combinadas
- ◆ Também imperativo natural imposto pela finitude dos recursos mentais

## ❑ Ferramenta formal

- ◆ ferramenta que nos dispense de criar "um símbolo por função": i.e. dispense de especificar *a priori* (no léxico) a representação semântica de cada uma de um número infinito de expressões gramaticais

# Formalismo lambda

## □ Rationale:

- ◆ Permite "criar funções a partir da combinação de outras funções já aplicadas as variáveis"
- ◆ Permite "abrir a aridade" de uma expressão
- ◆ Permite alterar a categoria sintática de uma expressão

## □ Abstracção- $\lambda$

### ◆ Exemplo 1:

- Predicado    Louro
- Frase        Louro(x)
- Predicado     $\lambda x.Louro(x)$
- Frase         $\lambda x.Louro(x)(pedro)$

### Exemplo2:

$\lambda x.(\text{Louro}(x) \wedge \text{Careca}(x))$

## □ Redução- $\beta$

### ◆ Exemplo:

- frase             $\lambda x.Louro(x)(pedro)$
- frase            Louro(pedro)

# Uma semântica composicional simples para um fragmento do português

---

## □ Semântica lexical

Forma

Significado

◆  $V \rightarrow \textit{ama}$

$\text{Pred} \rightarrow \lambda y. \lambda x. \text{Amar}(x,y)$

◆  $\text{Nprop} \rightarrow \textit{Pedro}$

$\text{Cons} \rightarrow \textit{pedro}$

◆  $\text{Nprop} \rightarrow \textit{Rita}$

$\text{Cons} \rightarrow \textit{rita}$

# Uma semântica composicional simples

---

## □ Semântica estrutural

### ◆ Regra semântica 1, para SN:

- Se  $SN \rightarrow Det\ Nprop$  e a representação semântica de  $Nprop$  é  $Nprop'$ , então a representação semântica de  $SN$  é  $Nprop'$ .

### ◆ Regra semântica 2, para SV:

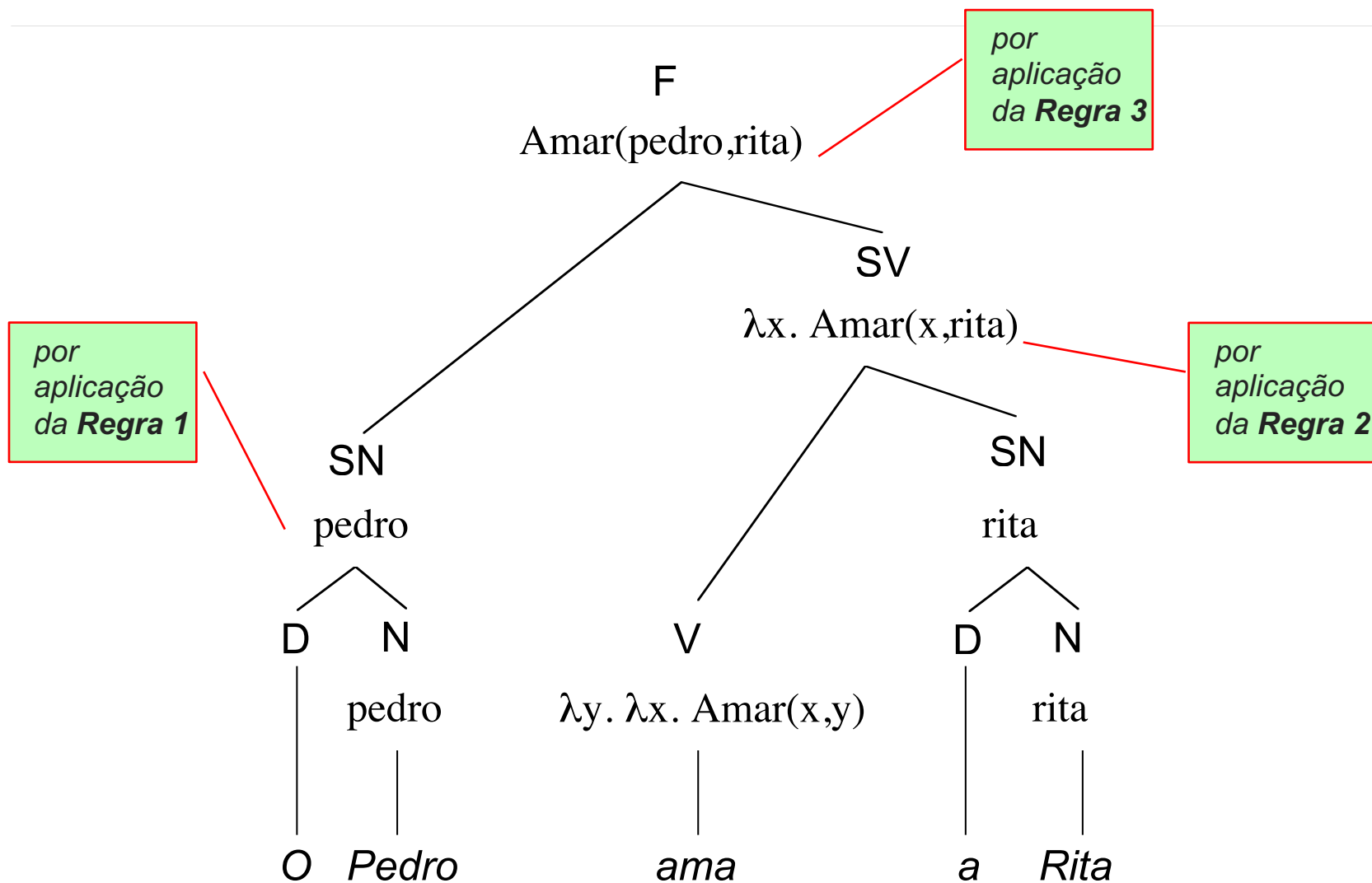
- Se  $SV \rightarrow V\ SN$ , a representação semântica de  $V$  é  $V'$  e a de  $SN$  é  $SN'$ , então a representação semântica de  $SV$  é  $V'(SN')$ .

### ◆ Regra semântica 3, para F:

- Se  $F \rightarrow SN\ SV$ , a representação semântica de  $SN$  é  $SN'$  e a de  $SV$  é  $SV'$ , então a representação semântica de  $F$  é  $SV'(SN')$ .



# Exemplo



# ↻ **Análise semântica automática**

## □ Codificar traduções para a metalinguagem

### ◆ termos Prolog

- ex: `amar (X, Y)`

## □ “Mimetizar” abstracção- $\lambda$

### ◆ reutilização do infixo $\wedge$ (exp. aritméticas: expoente; `setof`: variáveis com qq valor)

- ex: `Y $\wedge$ X $\wedge$ amar (X, Y)`

## □ Associar a cada constituinte uma tradução

### ◆ argumento extra em símbolos categoriais no formalismo DCG

- ex: `v (Y $\wedge$ X $\wedge$ amar (X, Y)) --> [ama] .`

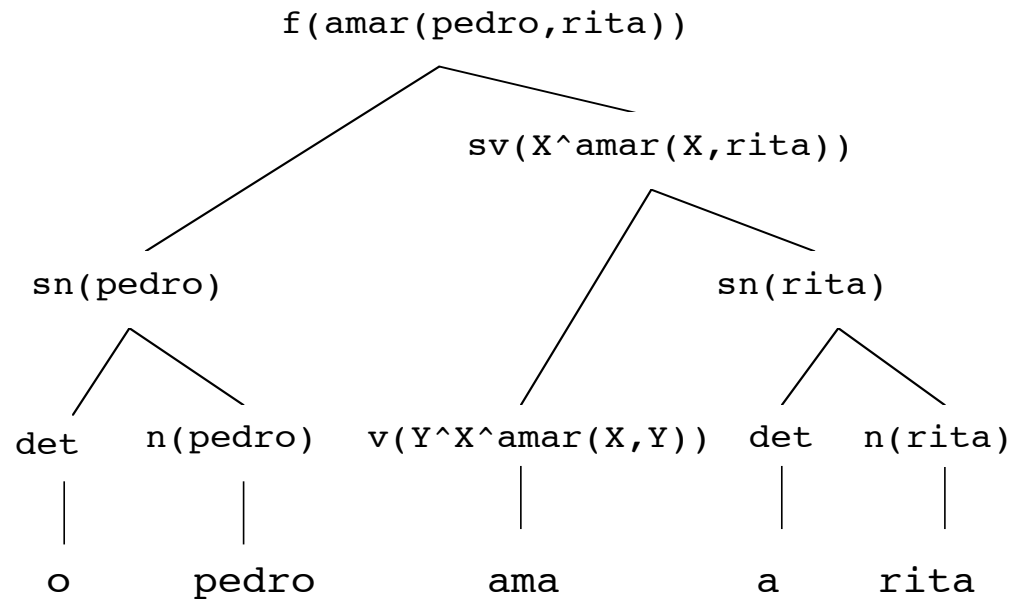
## □ “Mimetizar” redução- $\beta$

### ◆ instanciação e unificação de variáveis

- ex: `sv (SV) --> v (SN $\wedge$ SV) , sn (SN) .`

# Exemplo

```
sv(SV) --> v(SN^SV), sn(SN).  
f(F) --> sn(SN), sv(SN^F).  
sn(N) --> det, n(N).  
v(Y^X^amar(X,Y)) --> [ama].  
n(pedro) --> [pedro].  
n(rita) --> [rita].  
det --> [o]; [a].
```



| ?- f(LF,[o,pedro,ama,a,rita],[]).

LF = amar(pedro,rita) ? ;

no

# — Conclusão —

---

## □ Índice

- ◆ Conhecimento semântico
- ◆ Meta-linguagem
- ◆ Composicionalidade
- ◆ Análise semântica automática



Como representar a semântica de restantes quantificadores?

Para que serve a representação do significado? Pode ser utilizada em soluções tecnológicas?