

— Processamento Semântico II —

- ◆ Como representar a semântica dos quantificadores?
- ◆ Para que serve a representação do significado? Pode ser utilizada em soluções tecnológicas?

(recap)

❑ Representação do significado

- ◆ tradução para uma linguagem formal em última análise

❑ Linguagem de representação semântica

- ◆ semântica "bem definida", suficiente poder expressivo, suporta automatização da inferência e raciocínio
- ◆ Opção aula anterior: LPO + Formalismo lambda

❑ Processamento semântico

- ◆ a partir da representação sintáctica, obter a descrição do seu significado, i.e. as suas condições de verdade (ou, "tradução" da frase para a sua "forma lógica")

↴ Quantificação Natural

□ Lógica de Primeira Ordem (LPO)

- ◆ não tem suficiente poder expressivo para todos os quantificadores da linguagem natural, em particular *a maioria de* (Barwise & Cooper(1981))

□ Quantificador generalizado

- ◆ Sintaxe:
 - predicado binário de segunda ordem que relaciona dois predicados unários, o restritor ("restrictor") e o âmbito ("scope").
- ◆ Semântica (esboço):
 - relação de segunda ordem entre conjuntos de indivíduos

Lógica de Quantificadores Generalizados (LGQ)

Com X^* o conjunto dos indivíduos com a propriedade X

- ◆ sintaxe: $\text{Todos}(P, Q)$ (também $\text{Todos}(x, P(x), Q(x))$)
- ◆ semântica: todos os elementos de P^* estão em Q^* ; ou $P^* \subseteq Q^*$
- ◆ sintaxe: $\text{Vários}(P, Q)$
- ◆ semântica: a intersecção entre P^* e Q^* é um conjunto com mais de um elemento; ou $|P^* \cap Q^*| > 1$
- ◆ sintaxe: $\text{A_maioria_de}(P, Q)$
- ◆ semântica: $|P^* \cap Q^*| > |P^*|/2$
- ◆ ...etc

Exemplos LPO vs LGQ

(formato $Q(x, P(x), Q(x))$)

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

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

$\text{Um}(x, U(x), \text{Homem}(x))$

Todos são louros.

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

$\text{Todos}(x, U(x), \text{Louro}(x))$

Todos eram homens louros.

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

$\text{Todos}(x, U(x), (\text{Homem}(x) \wedge \text{Louro}(x)))$

$\text{Todos}(x, U(x), (\lambda y.((\text{Homem}(y) \wedge \text{Louro}(y))(x))))$

Todos os homens são louros.

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

$\text{Todos}(x, \text{Homem}(x), \text{Louro}(x))$

Todas as mulheres amam um homem.

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

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

$\text{Todos}(x, \text{Mulher}(x), \text{Um}(y, \text{Homem}(y), \text{amar}(x,y)))$

$\text{Um}(y, \text{Homem}(y), \text{todos}(x, \text{Mulher}(x), \text{amar}(x,y)))$

Semântica Composicional: Léxico

❑ Semântica lexical

Sintaxe Português

Det \rightarrow *todas as*

Det \rightarrow *um*

V \rightarrow *amam*

Ncom \rightarrow *homem*

Ncom \rightarrow *mulheres*

Sintaxe LQG

Pred $\rightarrow \lambda P. \lambda Q. \text{Todos}(P, Q)$

Pred $\rightarrow \lambda P. \lambda Q. \text{Um}(P, Q)$

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

Pred $\rightarrow \lambda x. \text{Homem}(x)$

Pred $\rightarrow \lambda x. \text{Mulher}(x)$

Semântica Composicional: Regras

□ Semântica estrutural

◆ Regra semântica 1:

- Se $SN \rightarrow Det\ Ncom$, a representação semântica de Det é Det' e a de N é N' , então a representação semântica de SN é $Det'(Ncom')$.

◆ Regra semântica 2:

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

◆ Regra semântica 3:

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

◆ ...etc

Semântica Composicional: um exemplo

Todas as mulheres amam um homem.

$$\lambda P.\lambda Q.Todos(P,Q)(\lambda x.Mulher(x))(\lambda P.\lambda Q.Um(P,Q)(\lambda x.Homem(x))(\lambda u.\lambda y.Amar(u,y)))$$
$$\lambda P.\lambda Q.Todos(P,Q)(\lambda x.Mulher(x))(\lambda Q.Um(\lambda x.Homem(x),Q)(\lambda u.\lambda y.Amar(x,y)))$$
$$\lambda P.\lambda Q.Todos(P,Q)(\lambda x.Mulher(x))(\lambda u.Um(\lambda x.Homem(x),\lambda y.Amar(u,y)))$$
$$\lambda Q.Todos(\lambda x.Mulher(x),Q)(\lambda u.Um(\lambda x.Homem(x),\lambda y.Amar(u,y)))$$
$$Todos(\lambda x.Mulher(x), \lambda u.Um(\lambda x.Homem(x), \lambda y.Amar(u,y)))$$

Notação alternativa:

$$Todos(z, Mulher(z), Um(w, Homem(w), Amar(z,w)))$$

Análise Semântica Automática

□ Implementação em Prolog -- **formato Q(x,P(x),Q(x)):**

$v(Y^X \text{amar}(X, Y)) \rightarrow [\text{ama}] ; [\text{amam}] .$

$n(X^{\text{homem}}(X)) \rightarrow [\text{homem}] ; [\text{homens}] .$

$n(X^{\text{mulher}}(X)) \rightarrow [\text{mulher}] ; [\text{mulheres}] .$

$\text{det}((X^{\text{Res}})^{(X^{\text{Amb}})^{\text{todos}}(X, \text{Res}, \text{Amb})}) \rightarrow [\text{todos}, \text{os}] ; [\text{todas}, \text{as}] .$

$\text{det}((X^{\text{Res}})^{(X^{\text{Amb}})^{\text{um}}(X, \text{Res}, \text{Amb})}) \rightarrow [\text{um}] ; [\text{uma}] .$

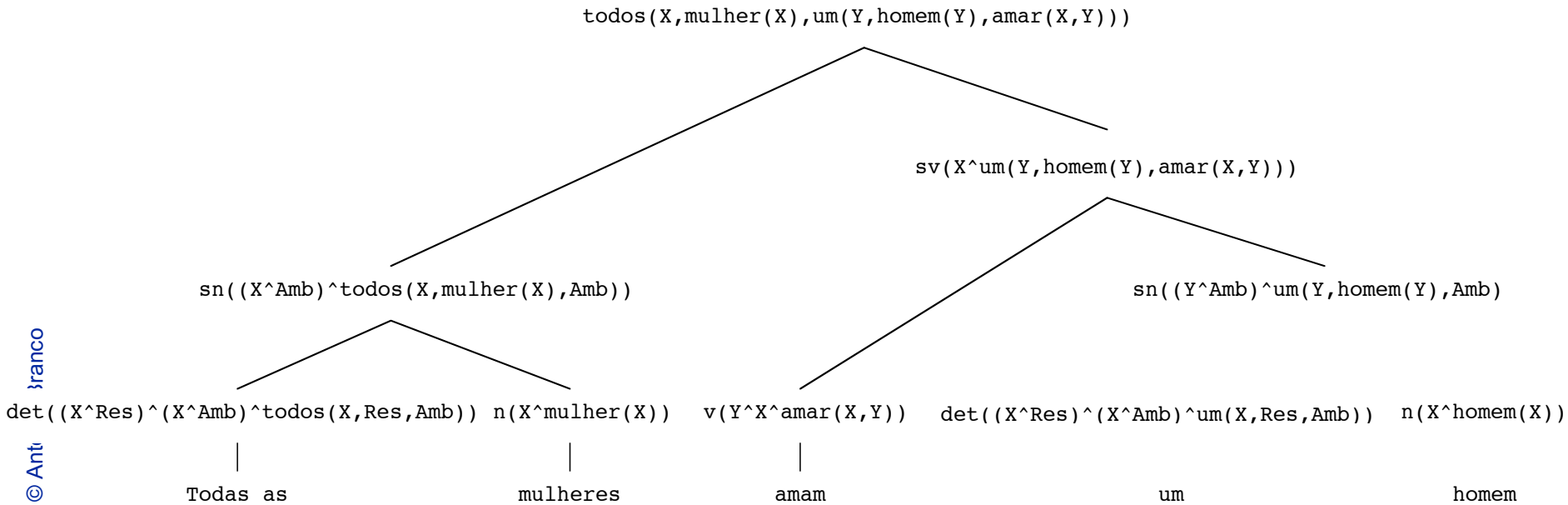
$\text{sn}(\text{SN}) \rightarrow \text{det}((X^{\text{N}})^{\text{SN}}, n(X^{\text{N}})) .$

$\text{sv}(X^{\text{SV}}) \rightarrow v(Y^X \text{V}), \text{sn}((Y^{\text{V}})^{\text{SV}}) .$

$f(F) \rightarrow \text{sn}((X^{\text{SV}})^F), \text{sv}(X^{\text{SV}}) .$

Exemplo

```
f(F) --> sn((X^SV)^F), sv(X^SV).
sv(X^SV) --> v(Y^X^V), sn((Y^V)^SV).
sn(SN) --> det((X^N)^SN), n(X^N).
v(Y^X^amar(X,Y)) --> [ama];[amam].
n(X^homem(X)) --> [homem] ; [homens].
n(X^mulher(X)) --> [mulher] ; [mulheres].
det((X^Res)^ (X^Amb)^ todos(X,Res,Amb)) --> [todos,os];[todas,as].
det((X^Res)^ (X^Amb)^ um(X,Res,Amb)) --> [um];[uma].
```



— Conclusão —

□ Índice

◆ Quantificação generalizada



Vimos os principais ingredientes de uma representação do significado das línguas naturais já com alguma sofisticação. Para que serve a representação do significado? Pode ser utilizada em soluções tecnológicas?

Isomorfismo Sintaxe-Semântica

❑ Quebra do isomorfismo

predicação sintáctica vs. predicação semântica:

◆ sintaxe: verbo é o predicator nuclear na sintaxe de uma frase

- amar: $V(SN_{\text{Sujeito}}, SN_{\text{Objecto Directo}})$

◆ semântica:

- LPO (sem quant.s generalizados) :
predicado verbal é o predicator nuclear na repr. semântica de uma frase
– $SV'=V'(SN')$ e $F'=VP'(SN')$
- LGQ (com quant.s generalizados):
quantificador é o predicator nuclear na repr. semântica de uma frase
– $SV'=\lambda x.SN'(V')$ e $F'=SN'(SV')$

↴ Descrições Definidas

❑ Descrições definidas e indefinidas

$\text{det}((X^{\wedge}\text{Res})^{\wedge}(X^{\wedge}\text{Amb})^{\circ}(X, \text{Res}, \text{Amb})) \rightarrow [\circ] .$

$\text{det}((X^{\wedge}\text{Res})^{\wedge}(X^{\wedge}\text{Amb})^{\text{um}}(X, \text{Res}, \text{Amb})) \rightarrow [\text{um}] .$

❑ Forma lógica

- sintaxe: $O(P, Q)$, $Um(P, Q)$
- Semântica (esboço):
 - a intersecção entre P^* e Q^* é um conjunto com um elemento, ou $|P^* \cap Q^*|=1$, e supostamente esse elemento é "identificável" pelo alocutário
 - a intersecção entre P^* e Q^* é um conjunto com um elemento, ou $|P^* \cap Q^*|=1$, e supostamente esse elemento não é "identificável" pelo alocutário

❑ Anáfora & Nomes próprios

- elemento identificado como sendo uma entidade cognitivamente presente ou acessível, ou cuja identificação é inferível, etc, ...
- Como representar nomes próprios em LQG?