



Semântica

SCC5908 Introdução ao Processamento de Língua Natural

SCC0633 Processamento de Linguagem Natural

Significado!

BBC



Semântica em PLN

- Relativamente pouco consenso
- Um dos níveis mais desafiadores
- *Embeddings* e cia arranham apenas a superfície do problema



Significado e representação

Semântica

- **Significado** de palavras, orações, sentenças, textos
 - Atenção: há vários níveis de tratamento do significado
- Essencial para que sistemas de PLN sejam mais inteligentes
 - Exemplos?

Semântica

- **Significado** de palavras, orações, sentenças, textos
 - Atenção: há vários níveis de tratamento do significado
- Essencial para que sistemas de PLN sejam mais inteligentes
 - De tarefas simples a complexas
 - Tradução e sumarização de textos
 - Geração e verificação de respostas de exames
 - Reação apropriada a ações, p.ex., acompanhar e desempenhar apropriadamente em um diálogo
 - Aprendizado automático
 - Perceber insultos, ironias, metáforas, etc.
 - Interpretar instruções

Semântica

- **Análise semântica:** mapear superfície textual em significado
 - Dados linguísticos para não linguísticos
 - Expressões linguísticas para conceitos, proposições
- **Representação do significado**
 - Linguagens de representação do significado

Semântica

- Exemplos de representação

“Eu tenho um carro”

- Lógica de 1ª ordem

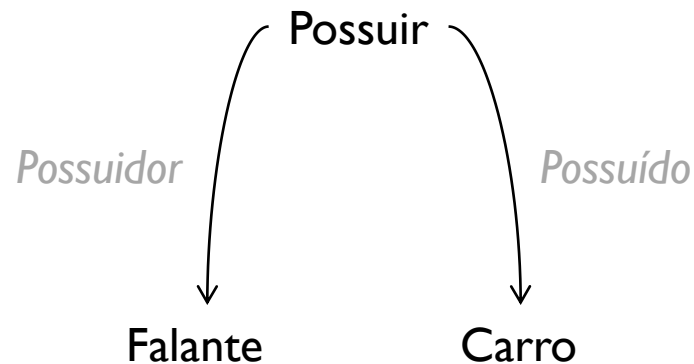
- $\exists e, c \text{ Possuir}(e) \wedge \text{Possuidor}(e, \text{Falante}) \wedge \text{Possuído}(e, c) \wedge \text{Carro}(c)$

Semântica

- Exemplos de representação

“Eu tenho um carro”

- Rede semântica



Semântica

- Exemplos de representação

“Eu tenho um carro”

- Representação baseada em *frames*

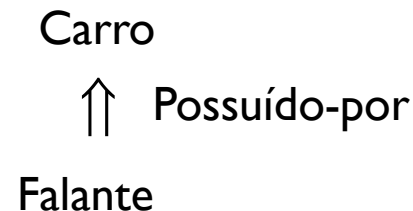
- Possuir
 - Possuidor: Falante
 - Possuído: Carro

Semântica

- Exemplos de representação

“Eu tenho um carro”

- Diagrama de dependência conceitual



Semântica

- Linguagens de representação
 - Suposições **diferentes**
 - Perspectivas **variadas** da questão
 - Poder de representação **variado**
 - **Fundamentos em comum**
 - Símbolos que correspondem a objetos
 - Propriedades de objetos
 - Relações entre objetos

Semântica

- Linguagens de representação
 - 2 aspectos
 - Representação do conteúdo linguístico
 - Representação do estado de coisas no mundo
 - Há requisitos desejáveis para as representações

Requisitos da representação

- Verificabilidade

- Deve ser possível verificar a veracidade de representações
 - Por exemplo, via constatação em uma base de conhecimento
- Exemplo
 - Pergunta: *O restaurante serve comida vegetariana?*
 - Representação: `Serve(Restaurante, Comida_vegetariana)`
 - Se estiver na base, OK/VERDADE
 - Caso contrário, FALSO
 - Negativo ou não se sabe

Requisitos da representação

- Evitar ambiguidade
 - Apesar de haver ambiguidades, a representação deve evitá-las
 - Nem sempre é possível
 - Exemplo
 - Sentença: *O homem viu a torre Eiffel enquanto voava.*
 - Representação:
 - $\text{Viu}(\text{Homem}, \text{Torre_Eiffel}) \wedge \text{Momento}(\text{Viu}, \text{Enquanto_voava})$
 - $\text{Viu}(\text{Homem}, \text{Torre_Eiffel}) \wedge \text{Voava}(\text{Torre_Eiffel})$

Requisitos da representação

- Representação de vagueza
 - Interpretações abertas, mas não ambíguas
 - Exemplo
 - Sentença: *Eu quero comer comida italiana.*
 - O termo “comida italiana” é suficientemente específico para se decidir por um restaurante, por exemplo
 - ... mas é muito vago para saber o que se quer de fato comer

Requisitos da representação

- Forma canônica
 - Mesmo significado por meio de diferentes expressões linguísticas, mas se deseja uma única representação
 - Exemplo
 - Várias sentenças, mesmo significado
 - O restaurante serve comida vegetariana?
 - Comida vegetariana é servida no restaurante?
 - O restaurante tem pratos vegetarianos?
 - Tem comida vegetariana no restaurante?
 - Idealmente, representação única
 - `Serve(Restaurante, Comida_vegetariana)`
 - Alternativamente, meio de se verificar compatibilidade entre representações
 - `Serve(Restaurante, Comida_vegetariana) = Tem(Restaurante, Pratos_vegetarianos)`

Requisitos da representação

- Inferência e variáveis
 - Tirar conclusões sobre a veracidade de proposições que não são explicitamente representadas na base de conhecimento
 - Exemplos
 - Sentença: *Vegetarianos podem comer naquele restaurante?*
 - É preciso saber
 - “vegetarianos comem comida vegetariana”
 - “se aquele restaurante serve comida vegetariana”
 - Sentença: *Gostaria de encontrar um restaurante em que eu posso comer comida vegetariana.*
 - Não se cita nome de nenhum restaurante
 - Precisa-se de um elemento variável
 - `Serve(x,Comida_vegetariana)`

Requisitos da representação

- Expressividade

- Capacidade de se representar qualquer (ou uma grande variedade de) tipo de assunto/conhecimento
- Qualquer “segmento textual” que faça sentido deve ser passível de representação
 - Restrição forte!



PARSING SEMÂNTICO

SCC5908 Introdução ao Processamento de Língua Natural
SCC0633 Processamento de Linguagem Natural

ANÁLISE SEMÂNTICA

- Expressão linguística → representação do significado
 - São necessários para automação do processo
 - Grande variedade de fontes de conhecimento
 - Significado de palavras, significado associado a construções gramaticais, conhecimento da estrutura discursiva, conhecimento de senso comum, conhecimento do estado de coisas no mundo
 - Técnicas de inferência

ANÁLISE SEMÂNTICA

- Abordagem comum: **análise semântica dirigida pela sintaxe** (*syntax-driven semantic analysis*)
 - Conhecimento proveniente do **léxico** e da **gramática**, sentencial
 - Em um primeiro momento, sem uso de informação contextual e de inferências
 - Significado literal

ANÁLISE DIRIGIDA PELA SINTAXE

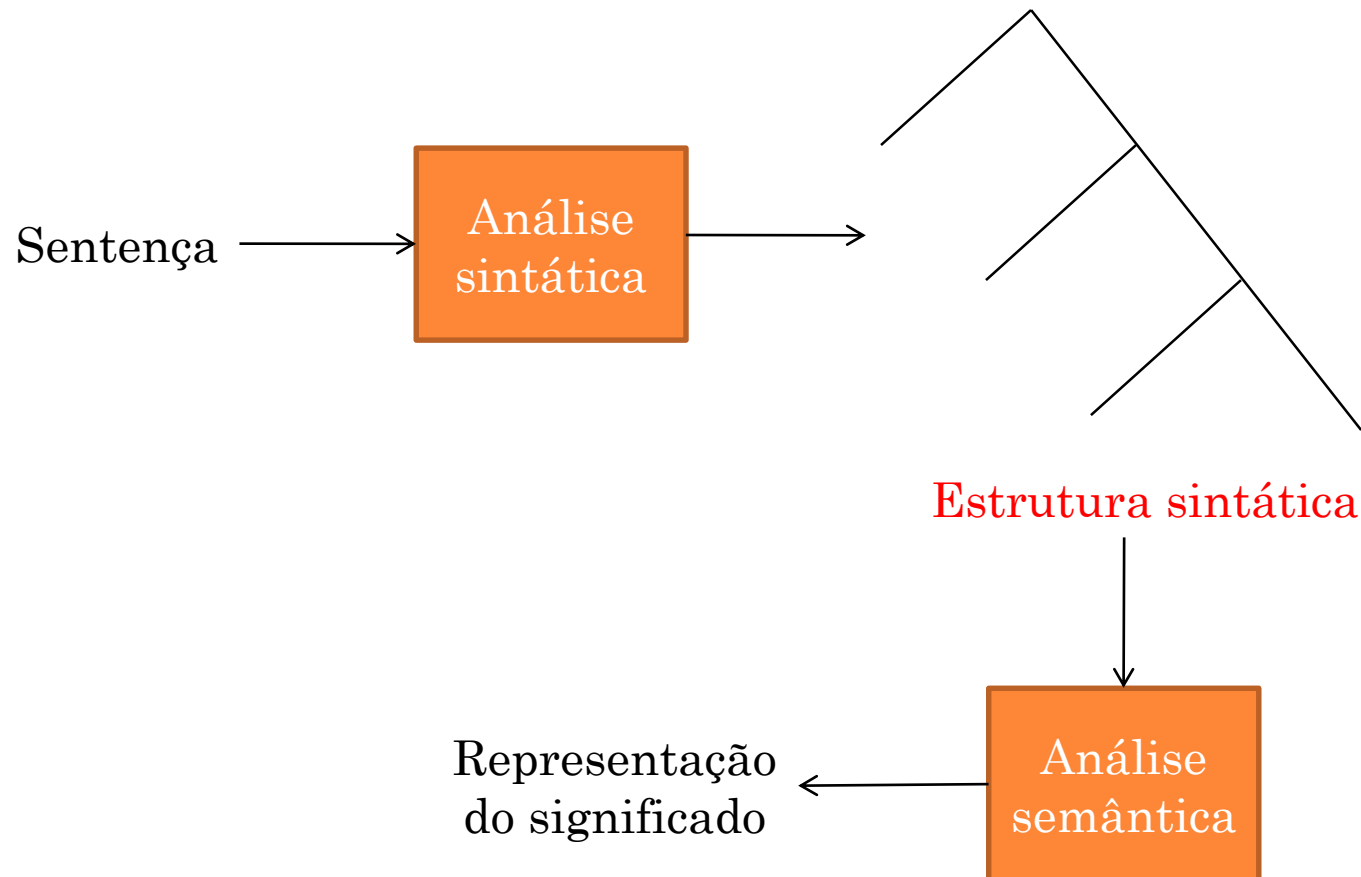
○ Princípio da composicionalidade

- Significado da sentença derivado do significado das palavras
 - Nem sempre verdade
- Ordem e agrupamento de palavras na sentença
- Relações entre palavras na sentença
 - Portanto, o significado de uma sentença é fortemente influenciado pela sintaxe

ANÁLISE DIRIGIDA PELA SINTAXE

- Esquema simples em *pipeline*

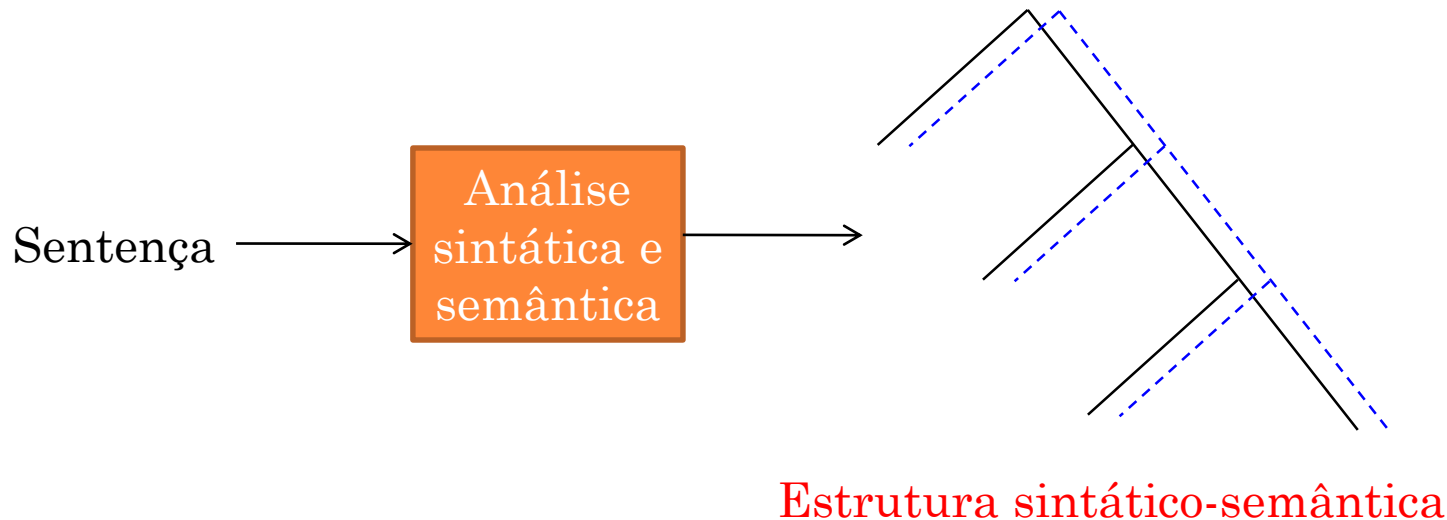
Podem ser *chunks*, estruturas de dependências, estruturas de atributos, etc.



ANÁLISE DIRIGIDA PELA SINTAXE

○ Análise integrada

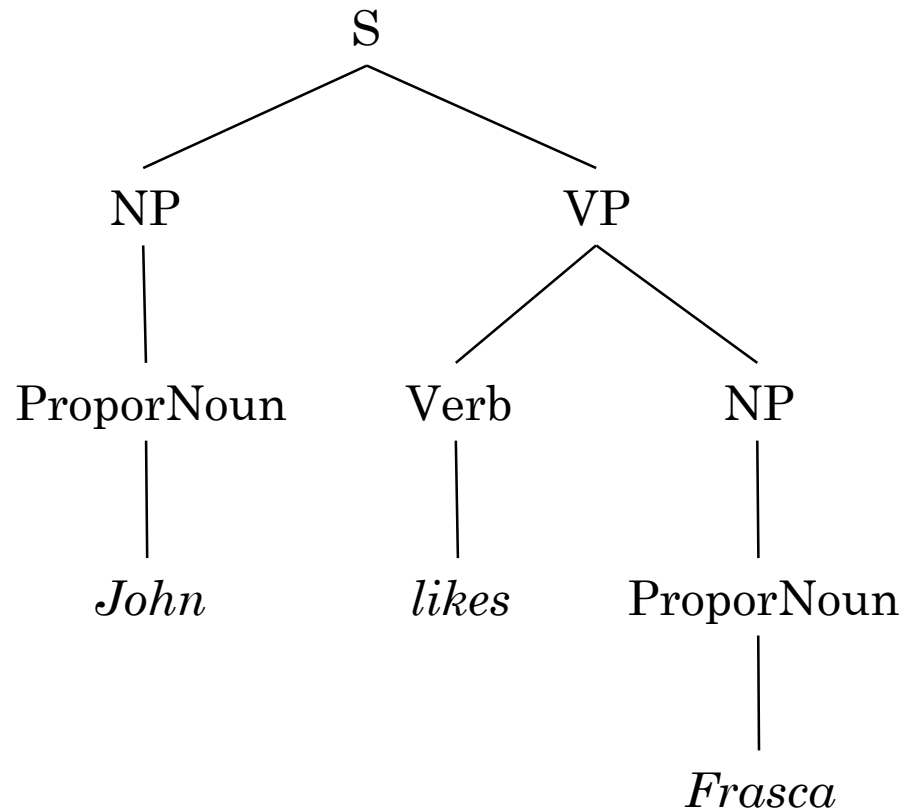
- Pode ajudar a restringir as possibilidades sintáticas
- Mas pode haver muitas inferências/análises semânticas intermediárias desnecessárias



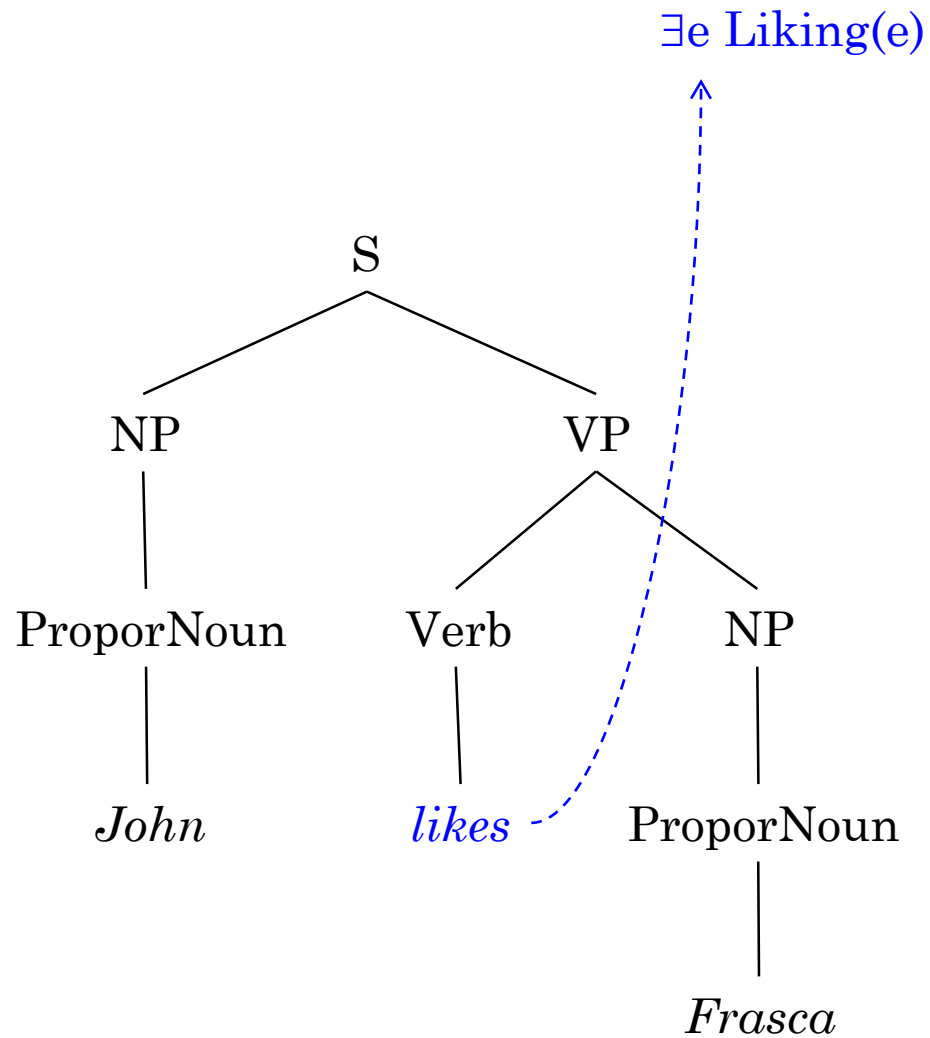
ANÁLISE DIRIGIDA PELA SINTAXE

- **Ambiguidade** pode atrapalhar
 - Léxica, sintática, discursiva (correferências, por exemplo)
- Em princípio, não será um problema
 - Analisam-se todas as possibilidades
 - Cada interpretação pode ser analisada e produzida independentemente das demais

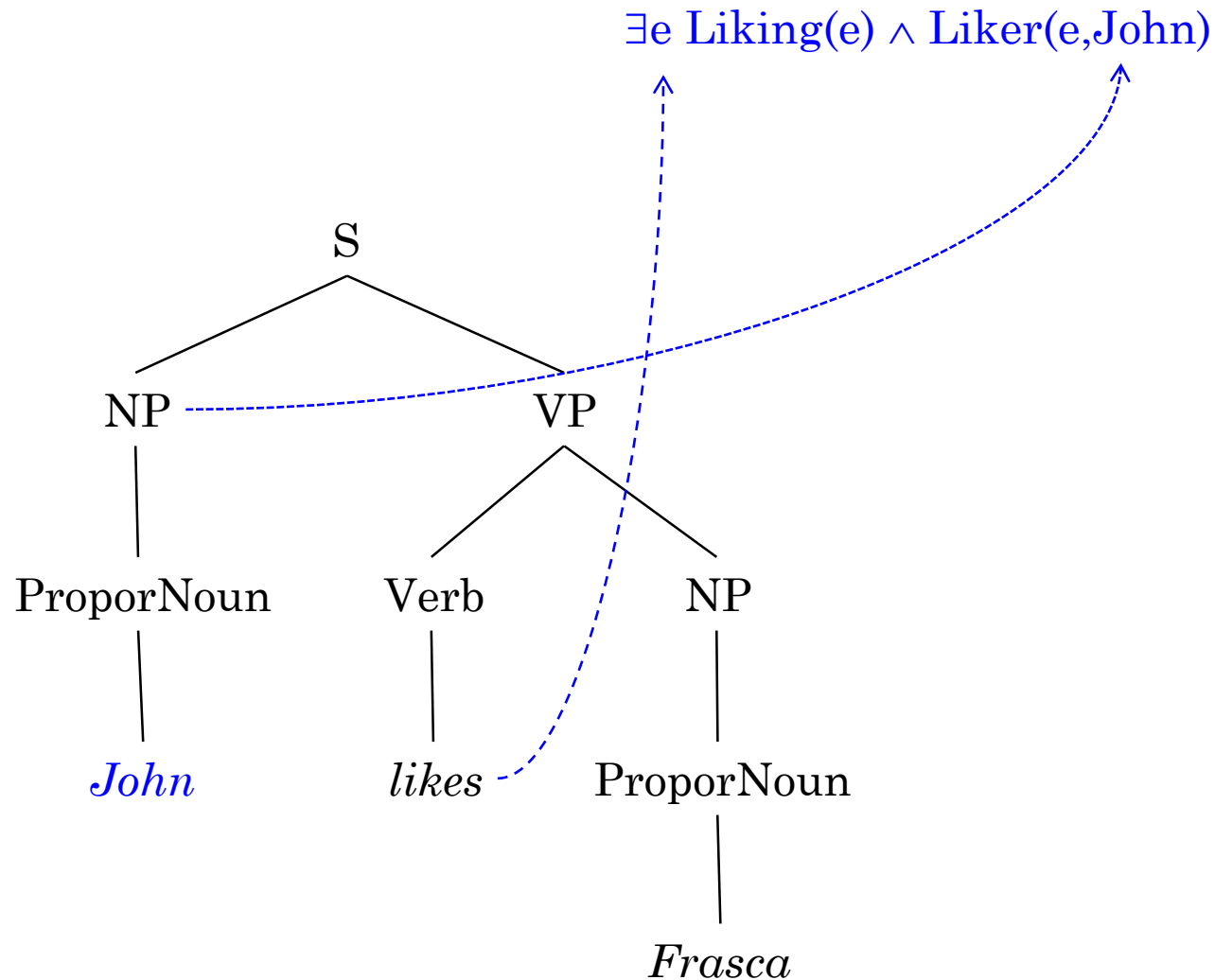
EXEMPLO



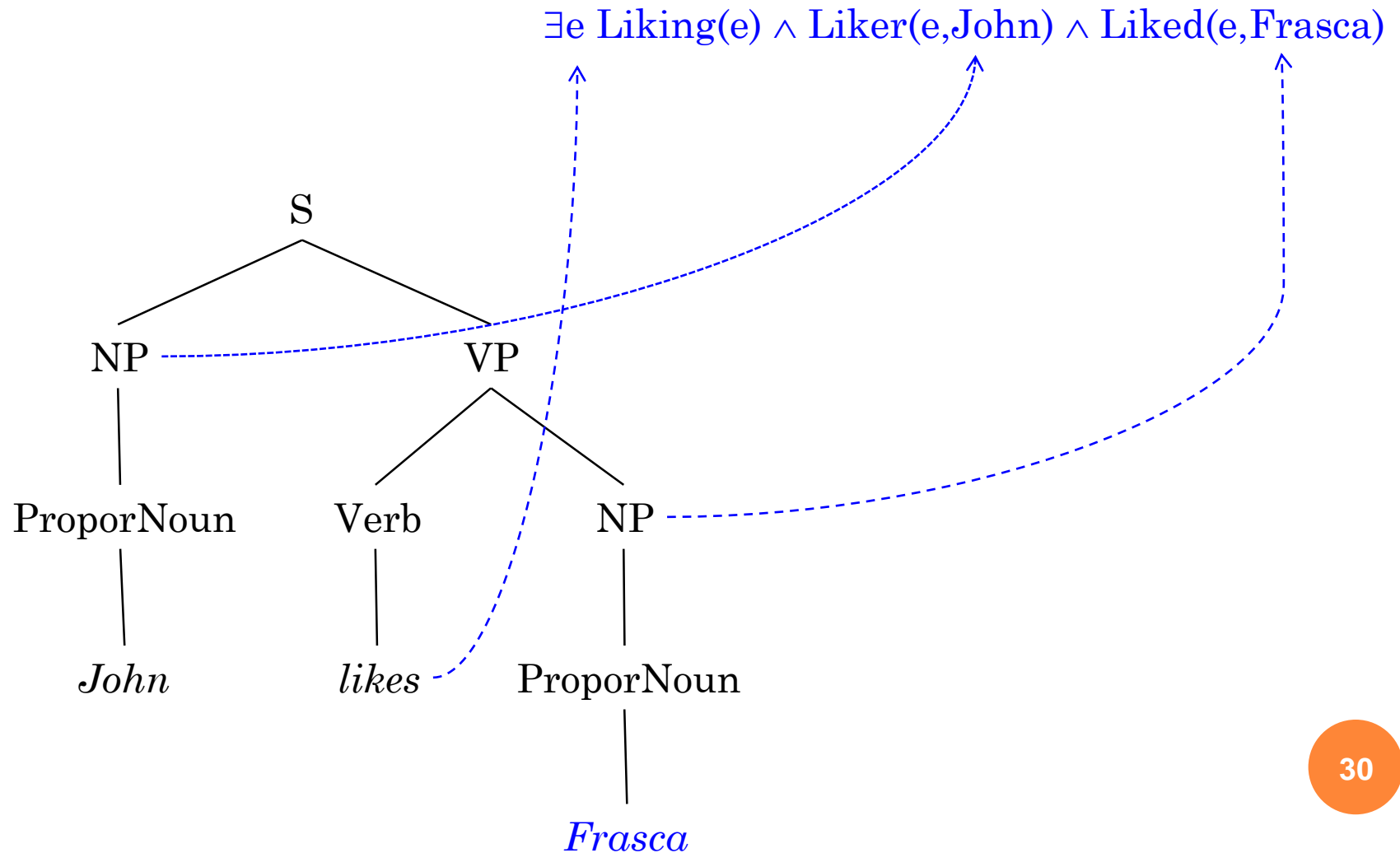
EXEMPLO



EXEMPLO



EXEMPLO



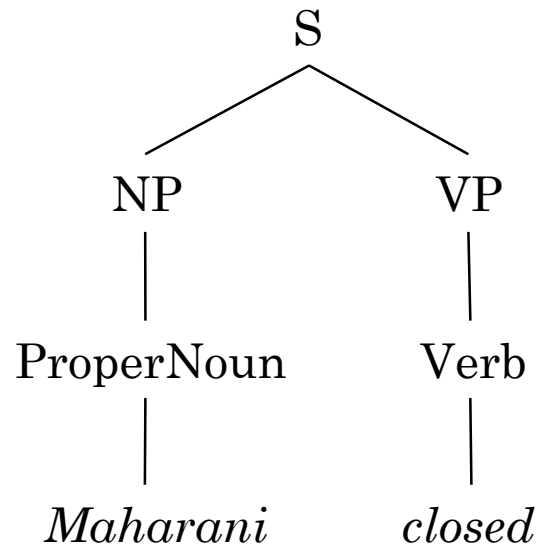
PASSO A PASSO

○ Análise

1. Monta-se o **esqueleto** da representação com base no **verbo**
 - Precisa-se conhecer os possíveis *templates* dos verbos
 2. Recuperam-se as **representações** correspondentes aos **sintagmas nominais/complementos/argumentos** do verbo
 - Precisa-se saber onde estão e quais são os complementos/argumentos do verbo, e quais ocupam que papéis no template do verbo
 3. Instanciação das variáveis na representação
 - Uso da notação lambda
- Abordagem: **extensão das regras sintáticas** com conhecimento semântico

LÓGICA DE 1ª ORDEM

○ Exemplo

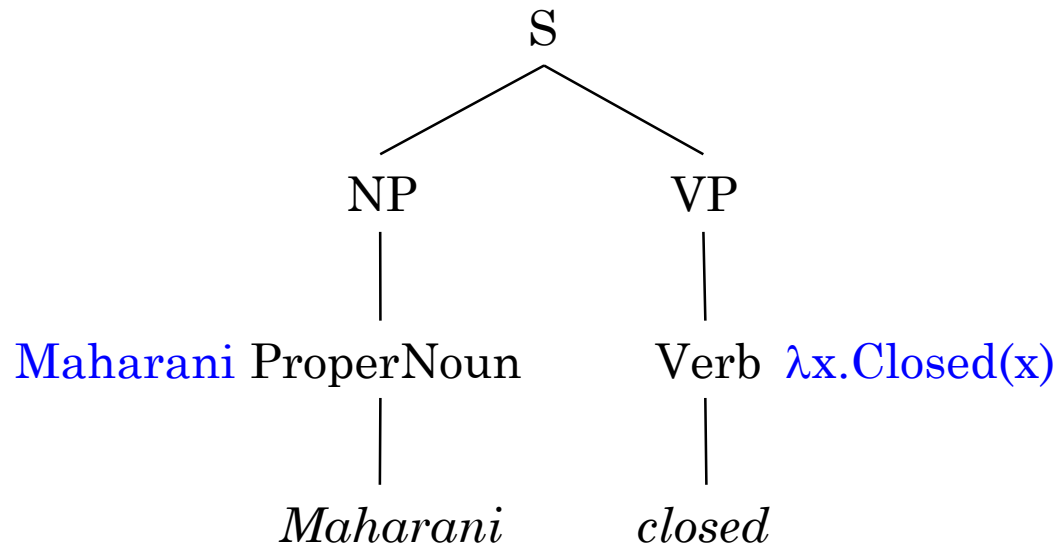


Gramática estendida

ProperNoun \rightarrow Maharani	$\{\text{Maharani}\}$
NP \rightarrow ProperNoun	$\{\text{ProperNoun.sem}\}$
Verb \rightarrow closed	$\{\lambda x.\text{Closed}(x)\}$
VP \rightarrow Verb	$\{\text{Verb.sem}\}$
S \rightarrow NP VP	$\{\text{VP.sem}(\text{NP.sem})\}$

LÓGICA DE 1ª ORDEM

○ Exemplo

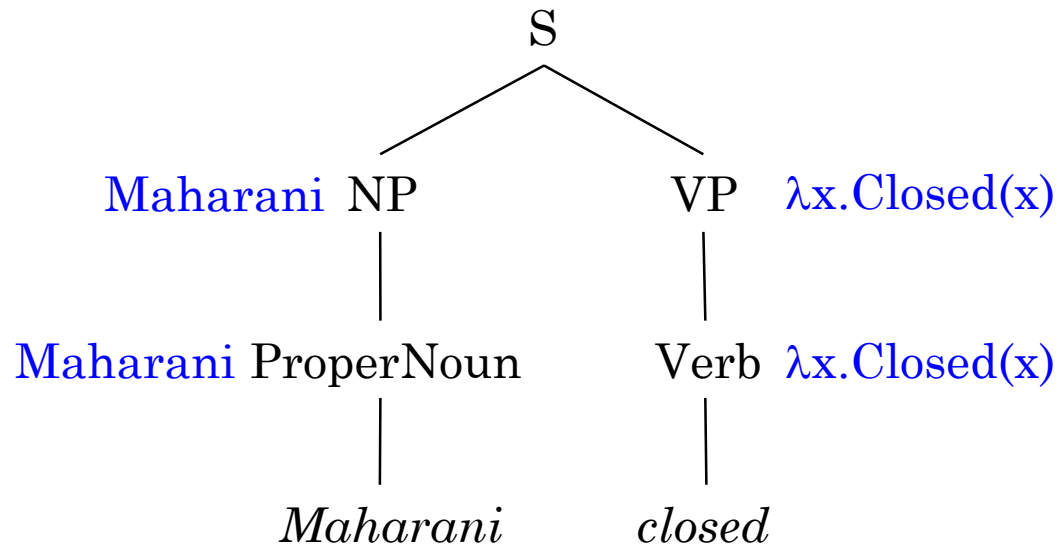


Gramática estendida

ProperNoun \rightarrow Maharani	{Maharani}
NP \rightarrow ProperNoun	{ProperNoun.sem}
Verb \rightarrow closed	{ $\lambda x.Closed(x)$ }
VP \rightarrow Verb	{Verb.sem}
S \rightarrow NP VP	{VP.sem(NP.sem)}

LÓGICA DE 1ª ORDEM

○ Exemplo

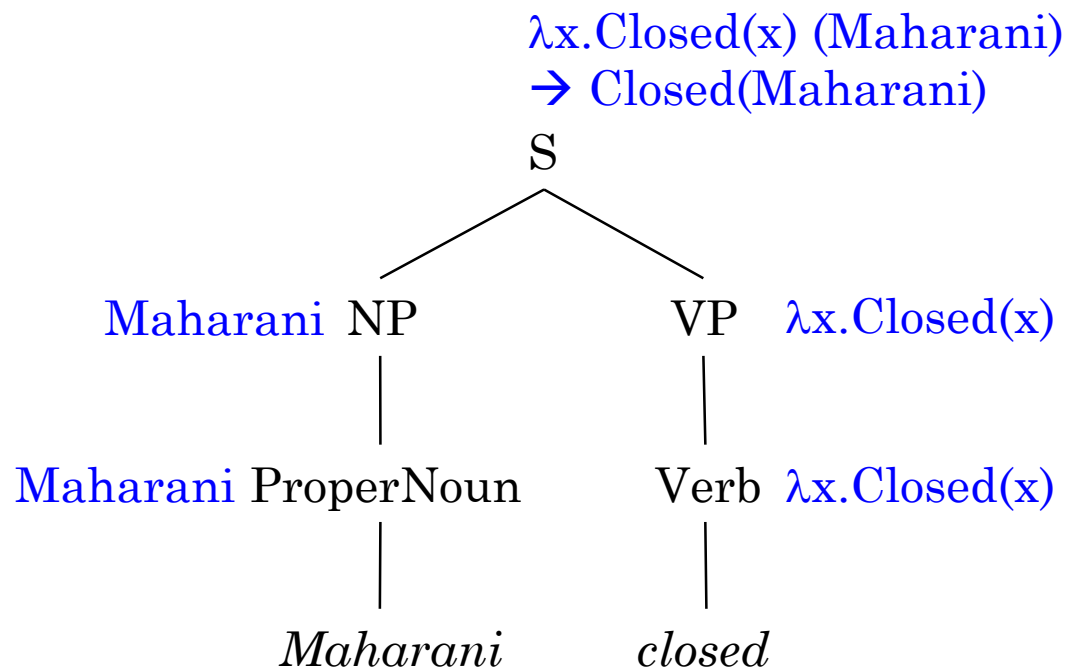


Gramática estendida

ProperNoun → Maharani	{Maharani}
NP → ProperNoun	{ProperNoun.sem}
Verb → closed	{λx.Closed(x)}
VP → Verb	{Verb.sem}
S → NP VP	{VP.sem(NP.sem)}

LÓGICA DE 1ª ORDEM

○ Exemplo

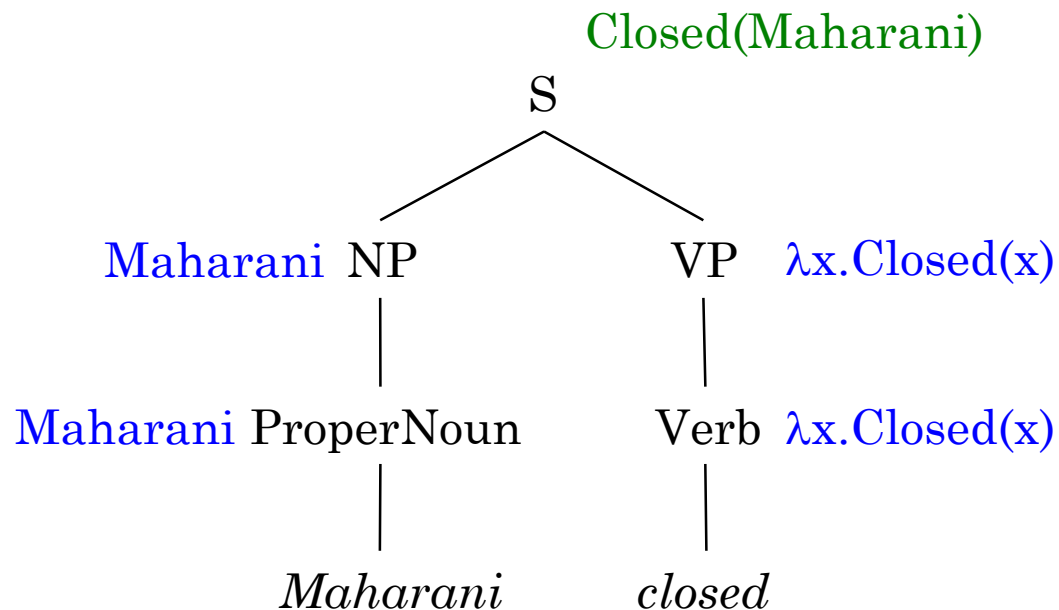


Gramática estendida

ProperNoun \rightarrow Maharani	{Maharani}
NP \rightarrow ProperNoun	{ProperNoun.sem}
Verb \rightarrow closed	{ $\lambda x. \text{Closed}(x)$ }
VP \rightarrow Verb	{Verb.sem}
S \rightarrow NP VP	{VP.sem(NP.sem)}

LÓGICA DE 1ª ORDEM

○ Exemplo



Gramática estendida

ProperNoun \rightarrow Maharani	{Maharani}
NP \rightarrow ProperNoun	{ProperNoun.sem}
Verb \rightarrow closed	{ $\lambda x. \text{Closed}(x)$ }
VP \rightarrow Verb	{Verb.sem}
S \rightarrow NP VP	{VP.sem(NP.sem)}

COMPOSICIONALIDADE

- Não reflete toda a língua

- Há muitos fenômenos que não obedecem a composicionalidade

- Exemplos

- *Esse problema é só a ponta do iceberg.*

- *Está chovendo canivete.*

COMPOSICIONALIDADE

- Possível tratamento na gramática
 - Listagem exaustiva dos possíveis significados

SN → a ponta do iceberg {começo}

COMPOSICIONALIDADE

- Possível tratamento na gramática
 - Listagem exaustiva dos possíveis significados

SN \rightarrow a ponta do iceberg {começo}

- Sempre há outras possibilidades

*Esse problema é só a **maldita** ponta do iceberg.*

*Esse problema é só a **maldita** ponta **de um** iceberg **enorme**.*

SN \rightarrow SN_{ponta} PREP SN_{iceberg} {começo}

SN_{ponta} \rightarrow a ADJ ponta

...



EXERCÍCIO

Um caso mais complexo

EXERCÍCIO

- Crie a gramática necessária e enriqueça-a com atributos semânticos para analisar semanticamente sentenças com o verbo implicar
 - Como transitivo direto, o verbo tem 2 significados
 - dar a entender, fazer supor, pressupor
 - “As atitudes implicavam uma conversa fiada.”
 - acarretar, provocar
 - “Liberdade implica responsabilidade.”
 - Como bitransitivo, o verbo tem 1 significado
 - comprometer, envolver
 - “João implicou a jornalista na questão.”
 - Como transitivo indireto, o verbo tem 1 significado
 - antipatizar, ter implicância
 - “João implicava com a menina.”

EXERCÍCIO

○ Representações almejadas

- “As atitudes implicavam uma conversa fiada.”
 - $\exists e \text{ Pressupor}(e) \wedge \text{Agente}(e, \text{Atitudes}) \wedge \text{Tema}(e, \text{Papo_furado})$
- “Liberdade implica responsabilidade.”
 - $\exists e \text{ Acarretar}(e) \wedge \text{Agente}(e, \text{Liberdade}) \wedge \text{Tema}(e, \text{Responsabilidade})$
- “João implicou a jornalista na questão.”
 - $\exists e \text{ Envolver}(e) \wedge \text{Agente}(e, \text{João}) \wedge \text{Paciente}(e, \text{Jornalista}) \wedge \text{Tema}(e, \text{Questão})$
- “João implicava com a menina.”
 - $\exists e \text{ Antipatizar}(e) \wedge \text{Agente}(e, \text{João}) \wedge \text{Paciente}(e, \text{Menina})$

POSSÍVEL SOLUÇÃO – PARTE 1

- S → SN SV
- SN → Subst
- SN → Art Subst
- SV → Verbo SN
- SV → Verbo SP
- SV → Verbo SN SP
- SP → Prep SN
- Art → a | as | uma
- Prep → em | com
- Subst → atitudes |
conversa fiada |
liberdade |
responsabilidade |
joão |
jornalista |
questão |
menina
- Verbo → implica | implicou | implicava | implicavam

POSSÍVEL SOLUÇÃO – PARTE 2

- $S \rightarrow SN\ SV$ {SV.Sem(SN.Sem)}
- $SN \rightarrow Subst$ {Subst.Sem}
- $SN \rightarrow Art\ Subst$ {Subst.Sem}
- $SV \rightarrow Verbo\ SN$ {Verbo.Sem(SN.Sem)}
- $SV \rightarrow Verbo\ SP$ {Verbo.Sem(SP.Sem)}
- $SV \rightarrow Verbo\ SN\ SP$ {(Verbo.Sem(SP.Sem))(SN.Sem)}
- $SP \rightarrow Prep\ SN$ {SN.Sem}
- $Art \rightarrow a \mid as \mid uma$
- $Prep \rightarrow em \mid com$
- $Subst \rightarrow$

atitudes		{Atitudes}
conversa fiada		{Papo_furado}
liberdade		{Liberdade}
responsabilidade		{Responsabilidade}
joão		{João}
jornalista		{Jornalista}
questão		{Questão}
menina		{Menina}
- $Verbo \rightarrow implica \mid implicou \mid implicava \mid implicavam$
{ $\lambda x. \lambda y. \exists e\ Acarretar(e) \wedge Agente(e,y) \wedge Tema(e,x) \mid$
{ $\lambda x. \lambda y. \lambda z. \exists e\ Envolver(e) \wedge Agente(e,z) \wedge Paciente(e,y) \wedge Tema(e,x) \mid$
{ $\lambda x. \lambda y. \exists e\ Pressupor(e) \wedge Agente(e,y) \wedge Tema(e,x) \mid$
{ $\lambda x. \lambda y. \exists e\ Antipatizar(e) \wedge Agente(e,y) \wedge Paciente(e,x)$ }

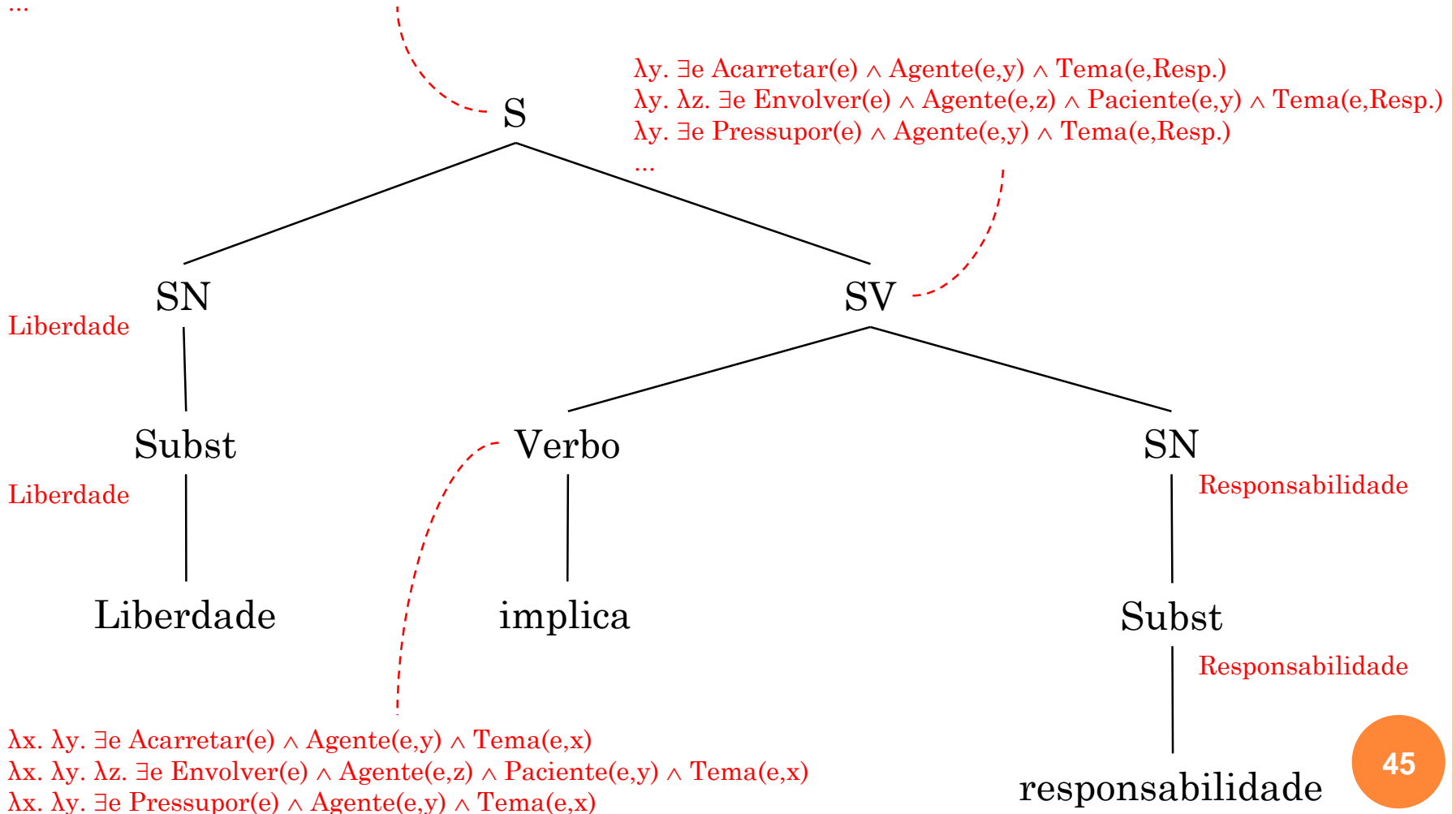
POSSÍVEL SOLUÇÃO – PARTE 3

$$\exists e \text{ Acarretar}(e) \wedge \text{Agente}(e, \text{Lib.}) \wedge \text{Tema}(e, \text{Resp.})$$
$$\lambda z. \exists e \text{ Envolver}(e) \wedge \text{Agente}(e,z) \wedge \text{Paciente}(e,\text{Lib.}) \wedge \text{Tema}(e,\text{Resp.})$$
$$\exists e \text{ Pressupor}(e) \wedge \text{Agente}(e, \text{Lib.}) \wedge \text{Tema}(e, \text{Resp.})$$

...

$$\lambda y. \exists e \text{ Acarretar}(e) \wedge \text{Agente}(e,y) \wedge \text{Tema}(e,\text{Resp.})$$
$$\lambda y. \lambda z. \exists e \text{ Envolver}(e) \wedge \text{Agente}(e,z) \wedge \text{Paciente}(e,y) \wedge \text{Tema}(e,\text{Resp.})$$
$$\lambda y. \exists e \text{ Pressupor}(e) \wedge \text{Agente}(e,y) \wedge \text{Tema}(e,\text{Resp.})$$

...


$$\lambda x. \lambda y. \exists e \text{Acarretar}(e) \wedge \text{Agente}(e,y) \wedge \text{Tema}(e,x)$$
$$\lambda x. \lambda y. \lambda z. \exists e \text{ Envolver}(e) \wedge \text{Agente}(e,z) \wedge \text{Paciente}(e,y) \wedge \text{Tema}(e,x)$$
$$\lambda x. \lambda y. \exists e \text{ Pressupor}(e) \wedge \text{Agente}(e,y) \wedge \text{Tema}(e,x)$$

...

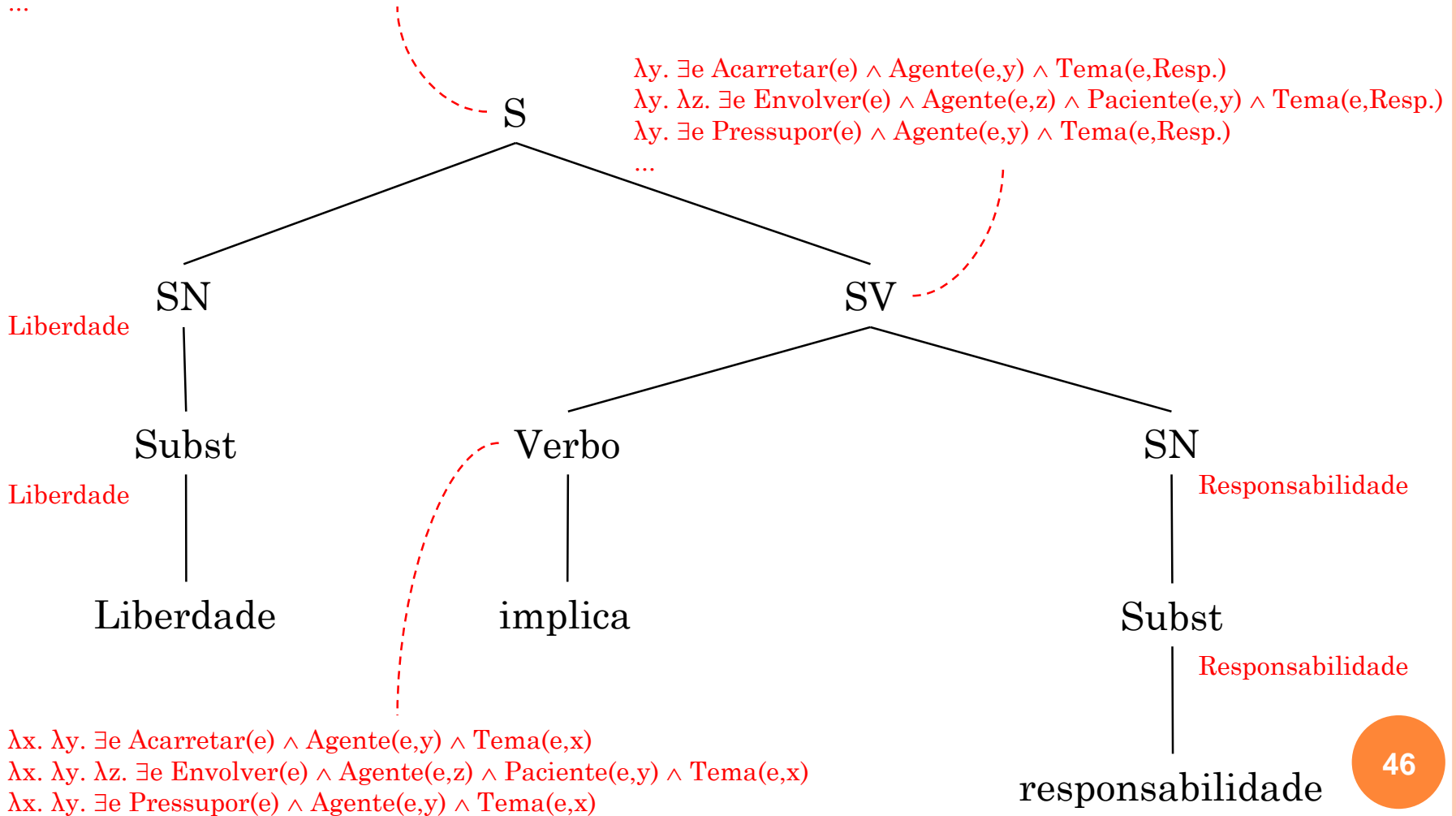
POSSÍVEL SOLUÇÃO – PARTE 3

$\exists e \text{ Acarretar}(e) \wedge \text{Agente}(e, \text{Lib.}) \wedge \text{Tema}(e, \text{Resp.})$

~~$\lambda z. \exists e \text{ Envolver}(e) \wedge \text{Agente}(e, z) \wedge \text{Paciente}(e, \text{Lib.}) \wedge \text{Tema}(e, \text{Resp.})$~~

$\exists e \text{ Pressupor}(e) \wedge \text{Agente}(e, \text{Lib.}) \wedge \text{Tema}(e, \text{Resp.})$

...



Tarefas

- Leitura obrigatória da semana
 - Fonseca et al. (2017). CORP: Uma Abordagem Baseada em Regras e Conhecimento Semântico para a Resolução de Correferências. *LinguaMÁTICA*, Vol. 9, N. 1, pp. 3-18.
- Provinha disponível à tarde no e-Disciplinas