

# Tradução dirigida pela sintaxe

Definições dirigidas pela sintaxe

**Prof. Edson Alves**

Faculdade UnB Gama

# Definição dirigida pela sintaxe

## Definição

Uma definição dirigida pela sintaxe é uma generalização de uma gramática livre de contexto na qual cada símbolo gramatical possui um conjunto de atributos, particionados em dois subconjuntos: atributos herdados e atributos sintetizados.

## Atributos

- ▶ Se cada nó da árvore gramatical contém um registro para armazenar informações, cada atributo seria um membro deste registro
- ▶ Um atributo pode representar qualquer valor associado ao símbolo gramatical (um número, uma cadeia, um endereço de memória, etc)
- ▶ O valor para um atributo de uma árvore gramatical é computado a partir de uma regra semântica associada à produção usada naquele nó
- ▶ Um atributo sintetizado é computado a partir dos valores dos atributos dos filhos do nó
- ▶ Um atributo herdado é computado a partir dos valores dos atributos dos irmãos e do pai do nó

## Regras semânticas

- ▶ As regras semânticas estabelecem dependências entre os atributos, as quais são representadas por meio de um grafo
- ▶ A ordem de avaliação das regras gramaticais é derivada a partir do grafo de dependências
- ▶ A avaliação das regras semânticas determina os valores dos atributos para os nós da árvore gramatical de uma dada cadeia de entrada
- ▶ Regras semânticas podem ter efeitos colaterais associados
- ▶ Na prática, a árvore semântica ou o grafo de dependências não precisam ser construídos explicitamente
- ▶ Uma árvore gramatical que exibe os valores dos atributos de cada nó é denominada árvore gramatical anotada
- ▶ O processo de computar os valores dos atributos é denominado anotação da árvore

# Gramática de atributos

## Definição

Seja uma definição dirigida pela sintaxe. Cada produção  $A \rightarrow \alpha$  estará associada a um conjunto de regras semânticas da forma  $b := f(c_1, c_2, \dots, c_k)$  onde  $f$  é uma função,  $c_1, c_2, \dots, c_k$  são atributos pertencentes aos símbolos gramaticais da produção e vale apenas uma das duas alternativas:

- (i)  $b$  é um atributo sintetizado de  $A$
- (ii)  $b$  é um atributo herdado, pertencente ao um dos símbolos do lado direito da produção

Em ambos casos,  $b$  depende dos atributos  $c_1, c_2, \dots, c_k$ .

Se, para qualquer atributo  $b$ , a função  $f$  não possui efeitos colaterais, então esta definição dirigida pela sintaxe é denominada gramática de atributos.

## Exemplo de definição dirigida pela sintaxe

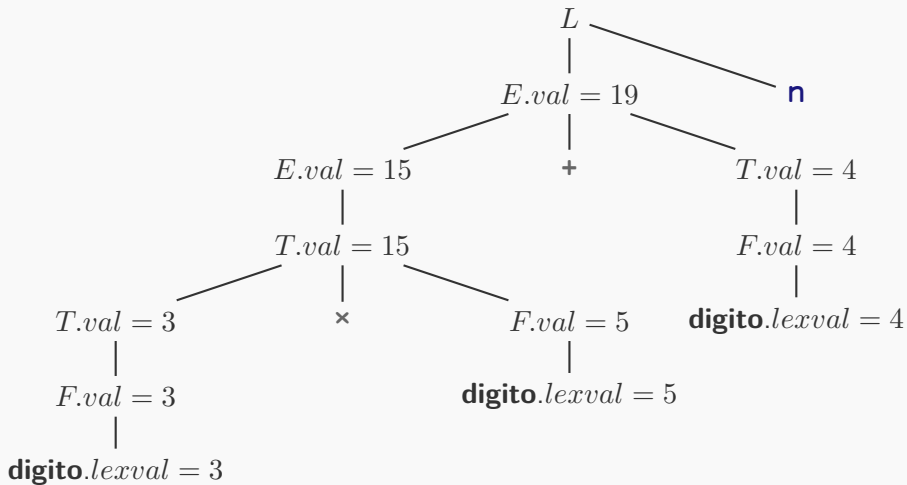
Produção	Regra semântica
$L \rightarrow E \text{ n}$	$\text{IMPRIMIR}(E.val)$
$E \rightarrow E_1 + T$	$E.val := E_1.val + T.val$
$E \rightarrow T$	$E.val := T.val$
$T \rightarrow T_1 \times F$	$T.val := T_1.val \times F.val$
$T \rightarrow F$	$T.val := F.val$
$F \rightarrow (E)$	$F.val := E.val$
$F \rightarrow \text{digito}$	$F.val := \text{digito.lexval}$

Nesta definição dirigida pela sintaxe para uma calculadora,  $L$  representa uma linha,  $\text{n}$  uma quebra de linha e o atributo  $lexval$  do terminal **digito** é determinado pelo analisador léxico.

## Atributos sintetizados

- ▶ Na prática, os atributos sintetizados são usados extensivamente
- ▶ Uma definição dirigida pela sintaxe que utilize exclusivamente atributos sintetizados é denominada uma definição S-atribuída
- ▶ Em uma árvore gramatical para uma definição S-atribuída, os valores dos atributos dos nós podem ser todos computados avaliando-se as regras gramaticais dos nós, a partir das folhas para a raiz
- ▶ No exemplo anterior, todos os atributos da definição dirigida pela sintaxe são sintetizados

# Árvore gramatical anotada para a expressão $3 \times 5 + 4n$





## Atributos herdados

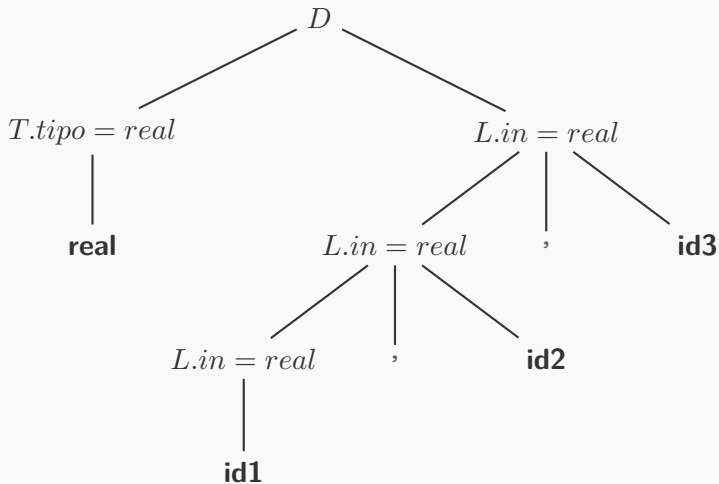
- ▶ Um atributo de um nó de uma árvore gramatical é dito herdado se o seu valor é definido a partir dos valores dos atributos de seu pai e/ou de seus irmãos
- ▶ Tais atributos são úteis para representar relações de dependência de uma construção de uma linguagem de programação com o contexto onde ele ocorre
- ▶ Por exemplo, com atributos herdados é possível determinar se um identificador aparece do lado esquerdo ou direito de uma atribuição
- ▶ É possível reescrever uma definição dirigida pela sintaxe de modo que sejam usados apenas atributos sintetizados
- ▶ Contudo, o uso de atributos herdados permite uma descrição mais natural das relações de dependência

## Exemplo de definição dirigida pela sintaxe com atributo herdado

Produção	Regra semântica
$D \rightarrow TL$	$L.in := T.tipo$
$T \rightarrow \mathbf{int}$	$T.tipo = inteiro$
$T \rightarrow \mathbf{real}$	$T.tipo = real$
$L \rightarrow L_1, \mathbf{id}$	$L_1.in := L.in$ $\text{INCLUIRTIPO}(\mathbf{id}, entrada, L.in)$
$L \rightarrow \mathbf{id}$	$\text{INCLUIRTIPO}(\mathbf{id}, entrada, L.in)$

A definição dirigida pela sintaxe acima gera definições  $D$  onde a palavra-chave **int** ou **real** precedem uma lista de identificadores. O atributo  $L.in$  é herdado, enquanto que o atributo  $T.tipo$  é sintetizado.

## Árvore gramatical da definição `real id1, id2, id3`



## Grafo de dependências

### Definição

O grafo que estabelece as relações entre os diferentes atributos de uma definição dirigida pela sintaxe, onde os nós são os atributos e uma aresta  $(a, b)$  indica que o atributo  $a$  deve ser determinado antes do atributo  $b$ , é denominado grafo de dependências.

Na construção de um grafo de dependências, deve ser inserido um nó para cada chamada de procedimento, o que corresponde à introdução de um atributo fictício associado a esta chamada.

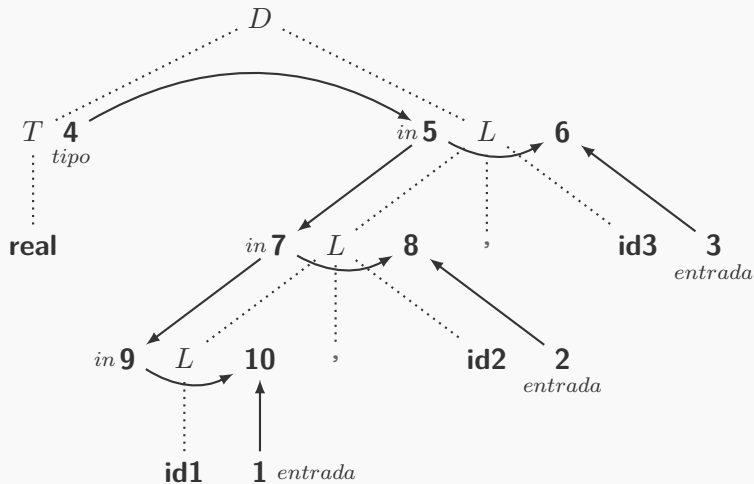
## Algoritmo para geração do grafo de dependências

**Input:** Uma árvore gramatical de uma definição dirigida pela sintaxe

**Output:** O grafo de dependências

- 1: **for** cada  $n$  da árvore gramatical **do**
- 2:     **for** cada atributo  $a$  do símbolo gramatical em  $n$  **do**
- 3:         construa um nó no grafo de dependências para  $a$
  
- 4: **for** cada  $n$  da árvore gramatical **do**
- 5:     **for** cada regra semântica  $b := f(c_1, c_2, \dots, c_k)$  associada a produção usada em  $n$  **do**
- 6:         **for**  $i = 1, k$  **do**
- 7:             adicione ao grafo uma aresta partindo de  $c_i$  para  $b$

# Grafo de dependência da definição `real id1, id2, id3`



# Ordenação topológica

## Definição

Seja  $G(V, E)$  um grafo direcionado acíclico. Uma ordenação topológica de  $G$  é uma sequência de vértices  $v_1, v_2, \dots, v_N$  tal que, se  $(v_i, v_j) \in E$ , então  $v_i$  antecede  $v_j$  na sequência.

Qualquer ordenação topológica do grafo de dependências fornece uma ordem válida de avaliação das regras gramaticais que definem os valores dos atributos, uma vez que, quando a regra  $b := f(c_1, c_2, \dots, c_k)$  for avaliada, os atributos  $c_1, c_2, \dots, c_k$  já terão seus valores definidos.

## Tradução a partir de uma definição dirigida pela sintaxe

Pode-se definir uma tradução a partir de uma definição dirigida pela sintaxe da seguinte forma:

1. Construa a árvore gramatical da entrada de acordo com a gramática subjacente
2. Construa o grafo de dependências
3. Gere uma ordenação topológica do grafo de dependências
4. Use a ordenação topológica para avaliar as regras semânticas
5. A avaliação das regras semânticas produzirá a tradução da entrada



## Referências

---

1. **AHO**, Alfred V, **SETHI**, Ravi, **ULLMAN**, Jeffrey D. *Compiladores: Princípios, Técnicas e Ferramentas*, LTC Editora, 1995.