

# Um compilador simples de uma passagem

## Definição da sintaxe

**Prof. Edson Alves**

Faculdade UnB Gama

## Definições

- ▶ Uma gramática deve descrever a estrutura hierárquica de seus elementos
- ▶ Por exemplo, o comando `if-else` da linguagem C, possui a forma

`if (expressão) comando else comando`

a qual pode ser expressa como

$$cmd \rightarrow \text{if } (expr) \text{ cmd else cmd}$$

- ▶ A expressão acima é uma regra de produção, onde a seta significa “pode ter a forma”
- ▶ Os elementos léxicos da produção (palavras-chaves, parêntesis) são chamados tokens ou terminais
- ▶ Variáveis como *expr* e *cmd* representam sequências de tokens e são denominadas não-terminais

# Componentes da linguagem livre de contexto

1. Um conjunto de tokens, denominados símbolos terminais
2. Um conjunto de não-terminais
3. Um conjunto de produções. Cada produção é definida por um não-terminal (lado esquerdo), seguido de uma seta, sucedida por uma sequência de tokens e/ou não-terminais (lado direito)
4. Designação de um dos não-terminais como símbolo de partida

## Convenções de notação da gramática livre de contexto

- ▶ A gramática é especificada por uma lista de produções
- ▶ O símbolo de partida é definido como o não-terminal da primeira produção listada
- ▶ Dígitos, símbolos e palavras em negrito são terminais
- ▶ Não-terminais são grafados em itálico
- ▶ Os demais símbolos são tokens
- ▶ Produções distintas de um mesmo não-terminal podem ser agrupadas por meio do caractere '|', que significa, neste contexto, “ou”

## Exemplo de sintaxe para expressões infixas com adição e subtração

- ▶ Considere a seguinte gramática para expressões compostas por dígitos decimais e as operações de adição e subtração, em forma infixa:

$$\begin{aligned}expr &\rightarrow expr + digito \mid expr - digito \mid digito \\ digito &\rightarrow 0 \mid 1 \mid 2 \mid 3 \mid 4 \mid 5 \mid 6 \mid 7 \mid 8 \mid 9\end{aligned}$$

- ▶ Os tokens desta gramática são os dez dígitos decimais e os caracteres '+' e '-'
- ▶ Os não-terminais são *expr* e *digito*
- ▶ O símbolo de partida é o não-terminal *expr*

## Cadeias de tokens

- ▶ Uma cadeia de tokens é uma sequência de zero ou mais tokens
- ▶ A cadeia que não contém nenhum token, grafada como  $\epsilon$ , é denominada cadeia vazia
- ▶ Uma gramática deriva cadeias de tokens começando pelo símbolo de partida, substituindo repetidamente um não-terminal pelo lado direito de uma produção deste não-terminal
- ▶ O conjunto de todas as cadeias de tokens possíveis gerados desta maneira corresponde a linguagem definida pela gramática

## Exemplo de construção da expressão $1-2+3$ por meio da gramática

1. 1 é *expr*, pois 1 é *digito* (terceira alternativa para a produção de *expr*)
2. Pela segunda alternativa de produção de *expr*,  $1-2$  é também *expr*, pois 1 é *expr* e 2 é *digito*
3. Por fim, pela primeira alternativa de produção de *expr*,  $1-2+3$  é *expr*, pois  $1-2$  é *expr* e 3 é *digito*

## Árvore gramatical

Dada uma gramática livre de contexto, uma árvore gramatical possui as seguintes propriedades:

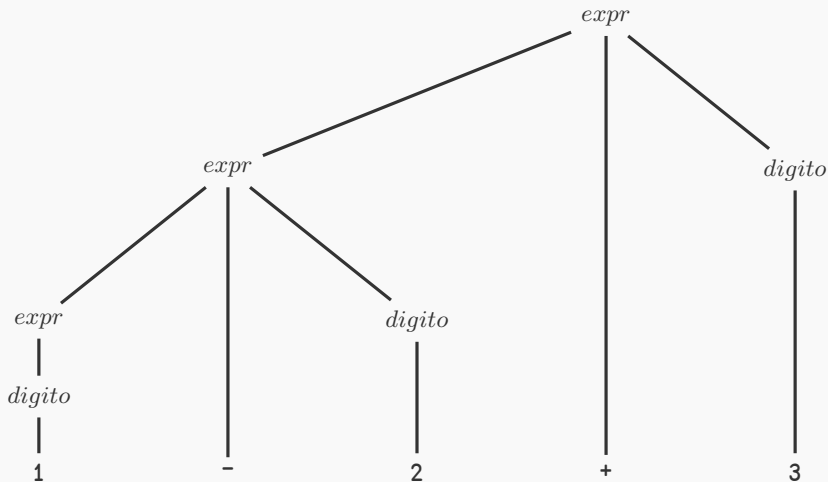
1. A raiz é rotulada pelo símbolo de partida
2. Cada folha é rotulada por um token ou por  $\epsilon$
3. Cada nó interior é rotulado por um não-terminal
4. Se  $A$  é um não-terminal que rotula um nó interior e  $X_1, X_2, \dots, X_N$  são os rótulos de seus filhos (da esquerda para a direita), então

$$A \rightarrow X_1 X_2 \dots X_N$$

é uma produção



## Visualização da árvore gramatical da expressão $1-2+3$

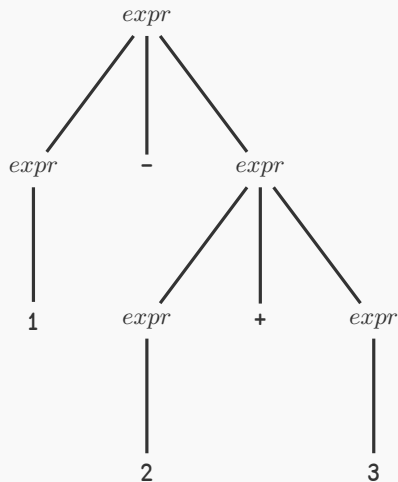
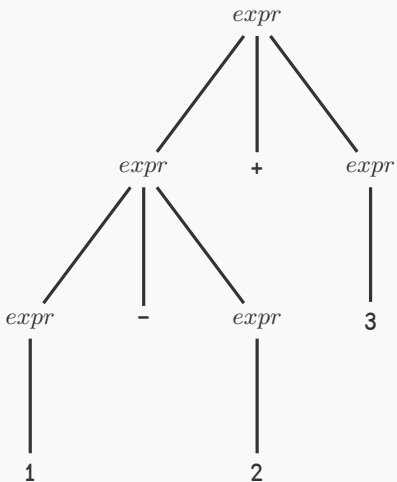


## Características da árvore gramatical

- ▶ As folhas da árvore gramatical, quando lidas da esquerda para a direita, formam o produto da árvore, que é a cadeia gerada ou derivada a partir da raiz não-terminal
- ▶ O processo de encontrar uma árvore gramatical para uma dada cadeia de tokens é chamado de análise gramatical ou análise sintática daquela cadeia
- ▶ Uma gramática que permite a construção de duas ou mais árvores gramaticais distintas para uma mesma cadeia de tokens é denominada gramática ambígua
- ▶ A gramática apresentada não é ambígua
- ▶ Contudo, se removida a distinção entre *expr* e *digito*, a gramática passaria a ser ambígua:

$$expr \rightarrow expr + expr \mid expr - expr \mid 0 \mid 1 \mid 2 \mid 3 \mid 4 \mid 5 \mid 6 \mid 7 \mid 8 \mid 9$$

## Exemplo de gramática ambígua



## Associatividade de operadores

- ▶ Quando um operando está, simultaneamente, à esquerda e à direita de dois operadores (por exemplo, o dígito 2 na expressão  $1-2+3$ ), é preciso decidir qual destes operadores receberá o operando
- ▶ Uma operação  $\odot$  é associativa à esquerda se  $a \odot b \odot c = (a \odot b) \odot c$
- ▶ Na maioria das linguagens de programação, os operadores aritméticos (+, -, \* e /) são associativos à esquerda
- ▶ Uma operação  $\oslash$  é associativa à direita se  $a \oslash b \oslash c = a \oslash (b \oslash c)$
- ▶ Por exemplo, a atribuição (operador =) da linguagem C é associativa à direita: a expressão  $a = b = c$  equivale a expressão  $a = (b = c)$
- ▶ Uma gramática possível para esta atribuição seria:

$$\begin{aligned} expr &\rightarrow var = expr \mid var \\ var &\rightarrow a \mid b \mid \dots \mid z \end{aligned}$$

## Precedência de operadores

- ▶ Algumas expressões da aritmética contêm ambiguidades que não podem ser resolvidas apenas por meio da associatividade
- ▶ Por exemplo, qual seria o resultado da expressão  $1 + 2 * 3$ ? 9 ou 7?
- ▶ Dizemos que o operador  $\otimes$  tem maior precedência do que o operador  $\oplus$  se  $\otimes$  captura os operandos antes que  $\oplus$  o faça
- ▶ Na aritmética, a multiplicação e a divisão tem maior precedência do que a adição e a subtração
- ▶ Se dois operadores tem mesma precedência, a associatividade determina a ordem que as operações serão realizadas

## Construção de gramáticas com precedência de operadores

É possível construir uma gramática com precedência de operadores a partir dos seguintes passos:

1. Construa uma tabela com a associatividade e a precedência dos operadores, em ordem crescente de precedência (operadores com mesma precedência aparecem na mesma linha)

associatividade à esquerda	+	-
associatividade à esquerda	*	/

2. Crie um não-terminal para cada nível (*expr* e *termo*) e um não-terminal extra para as unidades básicas da expressão (*fator*)

$$fator \rightarrow \mathbf{digito} \mid (expr)$$

## Construção de gramáticas com precedência de operadores

3. Defina as produções para o último terminal criado para os níveis a partir dos operadores com maior precedência

$$\begin{array}{lcl} termo & \rightarrow & termo * fator \\ & | & termo / fator \\ & | & fator \end{array}$$

4. Faça o mesmo para os demais operadores, em ordem decrescente de precedência e crescente na lista de terminais criados para os níveis

$$\begin{array}{lcl} expr & \rightarrow & expr + termo \\ & | & expr - termo \\ & | & termo \end{array}$$

A presença de parêntesis na definição de *fator* permite escrever expressões com níveis arbitrários de aninhamento, sendo que os parêntesis tem precedência sobre todos os operadores definidos.

## Referências

---

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