

# Tradução dirigida pela sintaxe

## Construção de árvores sintáticas

**Prof. Edson Alves**

Faculdade UnB Gama

## Construção de árvores sintáticas para expressões

- ▶ Árvores sintáticas para expressões podem ser construídas de forma semelhante à tradução para notação posfixa
- ▶ Deve ser construído um nó para cada operação e cada operando
- ▶ Os filhos do nó de um operador ser subárvores que representam as subexpressões que constituem os operandos daquele operador
- ▶ Cada nó pode ser implementado como um registro com vários campos que caracterizam o nó
- ▶ O registro de nós que representam operadores devem conter um campo que identifica o operador e os demais campos devem ser ponteiros para os operandos
- ▶ As folhas das árvores contém os tokens
- ▶ O registro de uma folha deve identificar o token e também armazenar um ponteiro para a entrada do token na tabela de símbolos

## Funções para a criação de nós da árvore sintática de uma expressão

Cada uma das funções abaixo retorna um ponteiro para o nó criado. Assuma que os operadores são todos binários.

1.  $\text{CRIARNO}(op, L, R)$ : cria um nó de operador cujo rótulo é  $op$ ,  $L$  é o ponteiro do operando à esquerda e  $R$  o ponteiro do operando à direita
2.  $\text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p)$ : cria um nó para um identificador com rótulo **id**, onde  $p$  é o ponteiro para o identificador na tabela de símbolos
3.  $\text{CRIARFOLHA}(\text{num}, val)$ : cria um nó para um número, com rótulo **num**, cujo valor é indicado por  $val$

# Criação da árvore sintática da expressão $a - 4 + c$

## Chamadas de funções

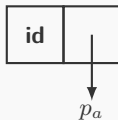
# Criação da árvore sintática da expressão $a - 4 + c$

## Chamadas de funções

$$p_1 := \text{CRIARFOLHA}(\mathbf{id}, p_a)$$

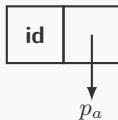
# Criação da árvore sintática da expressão $a - 4 + c$

## Chamadas de funções

$$p_1 := \text{CRIARFOLHA}(\mathbf{id}, p_a)$$


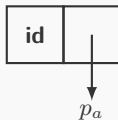
# Criação da árvore sintática da expressão $a - 4 + c$

## Chamadas de funções

$$p_1 := \text{CRIARFOLHA}(\mathbf{id}, p_a)$$
$$p_2 := \text{CRIARFOLHA}(\mathbf{num}, 4)$$


# Criação da árvore sintática da expressão $a - 4 + c$

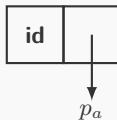
## Chamadas de funções

$$p_1 := \text{CRIARFOLHA}(\mathbf{id}, p_a)$$
$$p_2 := \text{CRIARFOLHA}(\mathbf{num}, 4)$$




# Criação da árvore sintática da expressão $a - 4 + c$

## Chamadas de funções

$$p_1 := \text{CRIARFOLHA}(\mathbf{id}, p_a)$$
$$p_2 := \text{CRIARFOLHA}(\mathbf{num}, 4)$$
$$p_3 := \text{CRIARNO}(+, p_1, p_2)$$


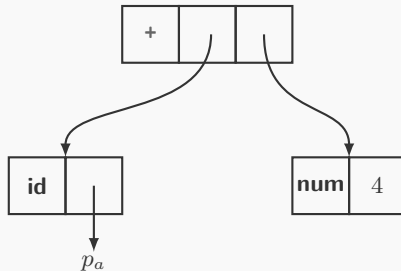
# Criação da árvore sintática da expressão $a - 4 + c$

## Chamadas de funções

$p_1 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_a)$

$p_2 := \text{CRIARFOLHA}(\text{num}, 4)$

$p_3 := \text{CRIARNO}(+, p_1, p_2)$



# Criação da árvore sintática da expressão $a - 4 + c$

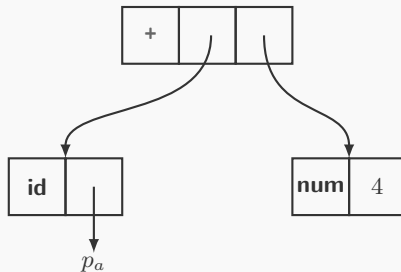
## Chamadas de funções

$p_1 := \text{CRIARFOLHA}(\mathbf{id}, p_a)$

$p_2 := \text{CRIARFOLHA}(\mathbf{num}, 4)$

$p_3 := \text{CRIARNO}(+, p_1, p_2)$

$p_4 := \text{CRIARFOLHA}(\mathbf{id}, p_c)$



# Criação da árvore sintática da expressão $a - 4 + c$

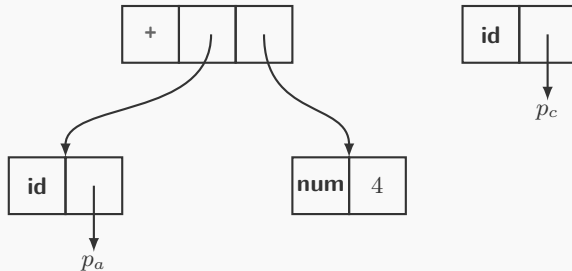
## Chamadas de funções

$p_1 := \text{CRIARFOLHA}(\mathbf{id}, p_a)$

$p_2 := \text{CRIARFOLHA}(\mathbf{num}, 4)$

$p_3 := \text{CRIARNO}(+, p_1, p_2)$

$p_4 := \text{CRIARFOLHA}(\mathbf{id}, p_c)$



# Criação da árvore sintática da expressão $a - 4 + c$

## Chamadas de funções

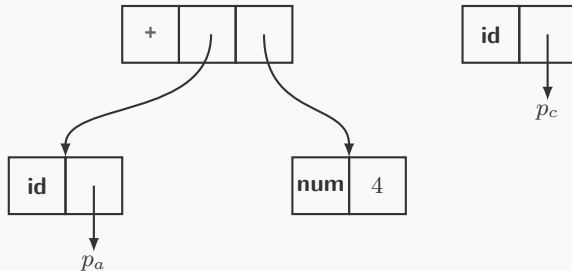
$p_1 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_a)$

$p_2 := \text{CRIARFOLHA}(\text{num}, 4)$

$p_3 := \text{CRIARNO}(+, p_1, p_2)$

$p_4 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_c)$

$p_5 := \text{CRIARNO}(-, p_3, p_4)$



# Criação da árvore sintática da expressão $a - 4 + c$

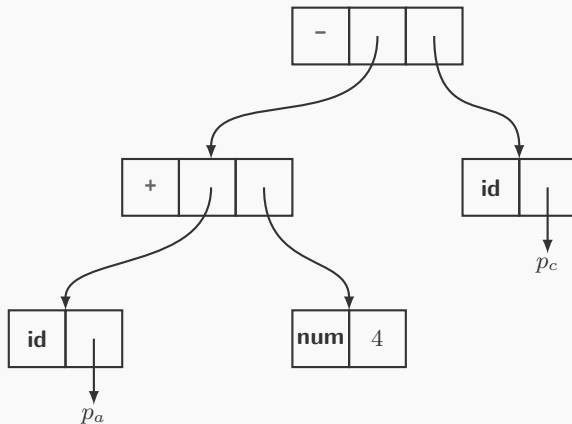
## Chamadas de funções

$$p_1 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_a)$$

$$p_2 := \text{CRIARFOLHA}(\text{num}, 4)$$

$$p_3 := \text{CRIARNO}(+, p_1, p_2)$$

$$p_4 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_c)$$

$$p_5 := \text{CRIARNO}(-, p_3, p_4)$$


## Definição dirigida pela sintaxe para a construção de árvores sintáticas

- ▶ É possível construir árvores sintáticas para expressões por meio de uma definição S-atribuída
- ▶ As regras semânticas agendam as chamadas das funções de criação de nós que irão construir a árvore
- ▶ O atributo sintetizado *nptr* controla os ponteiros para os nós retornados pelas funções
- ▶ O atributo *entrada* armazena o endereço de um token na tabela de símbolos e o atributo *val* o valor de um número
- ▶ Estes dois atributos devem ser computados na análise léxica

## Definição dirigida pela sintaxe para expressões aritméticas de adição e subtração

Produção	Regra semântica
$E \rightarrow E_1 + T$	$E.nptr := \text{CRIARNO}(+, E_1.nptr, T.nptr)$
$E \rightarrow E_1 - T$	$E.nptr := \text{CRIARNO}(-, E_1.nptr, T.nptr)$
$E \rightarrow T$	$E.nptr := T.nptr$
$T \rightarrow (E)$	$T.nptr := E.nptr$
$T \rightarrow \text{id}$	$T.nptr := \text{CRIARNO}(\text{id}, \text{id.entrada})$
$T \rightarrow \text{num}$	$T.nptr := \text{CRIARNO}(\text{num}, \text{num.val})$



# DAG

- ▶ Um grafo direcionado acíclico (*directed acyclic graph* – DAG) é um grafo cujas arestas são direcionadas e que não possui ciclos
- ▶ Um DAG pode ser usado para identificar subexpressões comuns em uma expressão
- ▶ De forma similar às árvores sintáticas, um nó representa um operador e seus filhos representam os operandos
- ▶ Se houver uma ou mais expressões comuns, os nós do DAG podem ter “mais de um pai”
- ▶ Nas árvores sintáticas, expressões comuns são duplicadas na árvore

## Construção do DAG a partir de uma definição S-atribuída

- ▶ Uma definição S-atribuída para a construção de árvores sintáticas para expressões aritméticas de adições e subtrações pode se adaptada para a construção do DAG
- ▶ De fato, basta modificar o comportamento das funções `CRIARNO( )` e `CRIARFOLHA( )`
- ▶ Ao invés de criar um novo nó a cada chamada, estas funções devem verificar se os parâmetros passados já não foram usados para construir um nó
- ▶ Em caso afirmativo, as funções devem retornar o ponteiro usado anteriormente na criação do nó
- ▶ Caso contrário, deve ser criado um novo nó e o ponteiro criado deve ser armazenado em uma tabela, associado aos parâmetros usados, para consulta posterior

## Criação do DAG para a expressão $a + a \times (b - c) + (b - c) \times d$

Chamadas de funções

## Criação do DAG para a expressão $a + a \times (b - c) + (b - c) \times d$

### Chamadas de funções

$$p_1 := \text{CRIARFOLHA}(\mathbf{id}, p_a)$$

## Criação do DAG para a expressão $a + a \times (b - c) + (b - c) \times d$

### Chamadas de funções

$p_1 := \text{CRIARFOLHA}(\mathbf{id}, p_a)$

**a**

## Criação do DAG para a expressão $a + a \times (b - c) + (b - c) \times d$

### Chamadas de funções

$$p_1 := \text{CRIARFOLHA}(\mathbf{id}, p_a)$$
$$p_2 := \text{CRIARFOLHA}(\mathbf{id}, p_a)$$

**a**

## Criação do DAG para a expressão $a + a \times (b - c) + (b - c) \times d$

### Chamadas de funções

$$p_1 := \text{CRIARFOLHA}(\mathbf{id}, p_a)$$
$$p_2 := \text{CRIARFOLHA}(\mathbf{id}, p_a)$$
$$p_3 := \text{CRIARFOLHA}(\mathbf{id}, p_b)$$

**a**

## Criação do DAG para a expressão $a + a \times (b - c) + (b - c) \times d$

### Chamadas de funções

$$p_1 := \text{CRIARFOLHA}(\mathbf{id}, p_a)$$
$$p_2 := \text{CRIARFOLHA}(\mathbf{id}, p_a)$$
$$p_3 := \text{CRIARFOLHA}(\mathbf{id}, p_b)$$

a

b



## Criação do DAG para a expressão $a + a \times (b - c) + (b - c) \times d$

### Chamadas de funções

$$p_1 := \text{CRIARFOLHA}(\mathbf{id}, p_a)$$
$$p_2 := \text{CRIARFOLHA}(\mathbf{id}, p_a)$$
$$p_3 := \text{CRIARFOLHA}(\mathbf{id}, p_b)$$
$$p_4 := \text{CRIARFOLHA}(\mathbf{id}, p_c)$$

a

b

## Criação do DAG para a expressão $a + a \times (b - c) + (b - c) \times d$

### Chamadas de funções

$$p_1 := \text{CRIARFOLHA}(\mathbf{id}, p_a)$$
$$p_2 := \text{CRIARFOLHA}(\mathbf{id}, p_a)$$
$$p_3 := \text{CRIARFOLHA}(\mathbf{id}, p_b)$$
$$p_4 := \text{CRIARFOLHA}(\mathbf{id}, p_c)$$

a

b

c

## Criação do DAG para a expressão $a + a \times (b - c) + (b - c) \times d$

### Chamadas de funções

$p_1 := \text{CRIARFOLHA}(\mathbf{id}, p_a)$

$p_2 := \text{CRIARFOLHA}(\mathbf{id}, p_a)$

$p_3 := \text{CRIARFOLHA}(\mathbf{id}, p_b)$

$p_4 := \text{CRIARFOLHA}(\mathbf{id}, p_c)$

$p_5 := \text{CRIARNO}(-, p_3, p_4)$

a

b

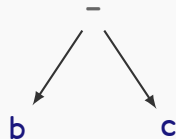
c

## Criação do DAG para a expressão $a + a \times (b - c) + (b - c) \times d$

### Chamadas de funções

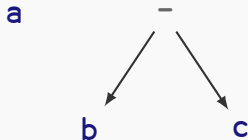
$$p_1 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_a)$$
$$p_2 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_a)$$
$$p_3 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_b)$$
$$p_4 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_c)$$
$$p_5 := \text{CRIARNO}(-, p_3, p_4)$$

a



# Criação do DAG para a expressão $a + a \times (b - c) + (b - c) \times d$

## Chamadas de funções

$$p_1 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_a)$$
$$p_2 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_a)$$
$$p_3 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_b)$$
$$p_4 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_c)$$
$$p_5 := \text{CRIARNO}(-, p_3, p_4)$$
$$p_6 := \text{CRIARNO}(\times, p_2, p_5)$$


## Criação do DAG para a expressão $a + a \times (b - c) + (b - c) \times d$

### Chamadas de funções

$p_1 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_a)$

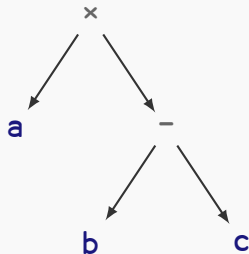
$p_2 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_a)$

$p_3 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_b)$

$p_4 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_c)$

$p_5 := \text{CRIARNO}(-, p_3, p_4)$

$p_6 := \text{CRIARNO}(\times, p_2, p_5)$



## Criação do DAG para a expressão $a + a \times (b - c) + (b - c) \times d$

### Chamadas de funções

$p_1 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_a)$

$p_2 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_a)$

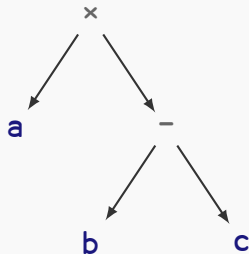
$p_3 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_b)$

$p_4 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_c)$

$p_5 := \text{CRIARNO}(-, p_3, p_4)$

$p_6 := \text{CRIARNO}(\times, p_2, p_5)$

$p_7 := \text{CRIARNO}(+, p_1, p_6)$



# Criação do DAG para a expressão $a + a \times (b - c) + (b - c) \times d$

## Chamadas de funções

$p_1 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_a)$

$p_2 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_a)$

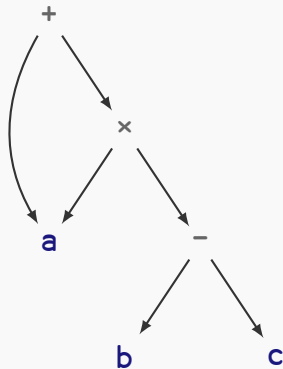
$p_3 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_b)$

$p_4 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_c)$

$p_5 := \text{CRIARNO}(-, p_3, p_4)$

$p_6 := \text{CRIARNO}(\times, p_2, p_5)$

$p_7 := \text{CRIARNO}(+, p_1, p_6)$





# Criação do DAG para a expressão $a + a \times (b - c) + (b - c) \times d$

## Chamadas de funções

$p_1 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_a)$

$p_2 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_a)$

$p_3 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_b)$

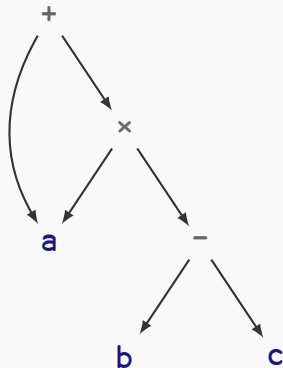
$p_4 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_c)$

$p_5 := \text{CRIARNO}(-, p_3, p_4)$

$p_6 := \text{CRIARNO}(\times, p_2, p_5)$

$p_7 := \text{CRIARNO}(+, p_1, p_6)$

$p_8 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_b)$



# Criação do DAG para a expressão $a + a \times (b - c) + (b - c) \times d$

## Chamadas de funções

$p_1 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_a)$

$p_2 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_a)$

$p_3 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_b)$

$p_4 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_c)$

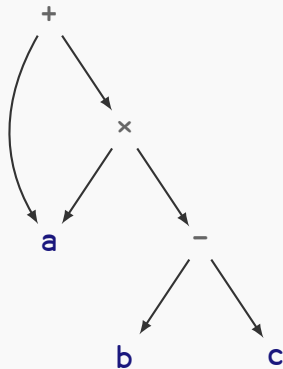
$p_5 := \text{CRIARNO}(-, p_3, p_4)$

$p_6 := \text{CRIARNO}(\times, p_2, p_5)$

$p_7 := \text{CRIARNO}(+, p_1, p_6)$

$p_8 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_b)$

$p_9 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_c)$



# Criação do DAG para a expressão $a + a \times (b - c) + (b - c) \times d$

## Chamadas de funções

$p_1 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_a)$

$p_2 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_a)$

$p_3 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_b)$

$p_4 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_c)$

$p_5 := \text{CRIARNO}(-, p_3, p_4)$

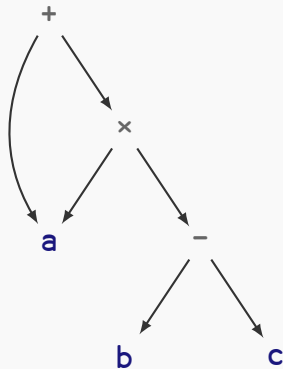
$p_6 := \text{CRIARNO}(\times, p_2, p_5)$

$p_7 := \text{CRIARNO}(+, p_1, p_6)$

$p_8 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_b)$

$p_9 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_c)$

$p_{10} := \text{CRIARNO}(-, p_8, p_9)$



# Criação do DAG para a expressão $a + a \times (b - c) + (b - c) \times d$

## Chamadas de funções

$p_1 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_a)$

$p_2 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_a)$

$p_3 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_b)$

$p_4 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_c)$

$p_5 := \text{CRIARNO}(-, p_3, p_4)$

$p_6 := \text{CRIARNO}(\times, p_2, p_5)$

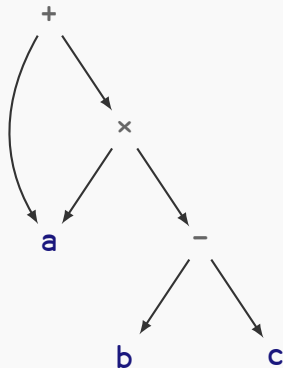
$p_7 := \text{CRIARNO}(+, p_1, p_6)$

$p_8 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_b)$

$p_9 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_c)$

$p_{10} := \text{CRIARNO}(-, p_8, p_9)$

$p_{11} := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_d)$



# Criação do DAG para a expressão $a + a \times (b - c) + (b - c) \times d$

## Chamadas de funções

$p_1 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_a)$

$p_2 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_a)$

$p_3 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_b)$

$p_4 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_c)$

$p_5 := \text{CRIARNO}(-, p_3, p_4)$

$p_6 := \text{CRIARNO}(\times, p_2, p_5)$

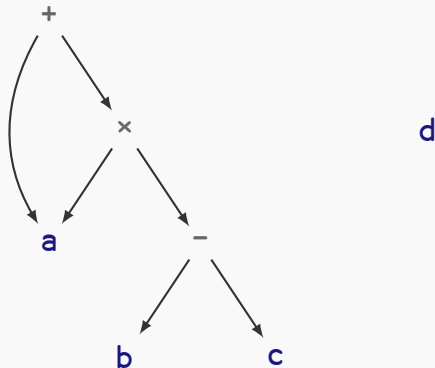
$p_7 := \text{CRIARNO}(+, p_1, p_6)$

$p_8 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_b)$

$p_9 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_c)$

$p_{10} := \text{CRIARNO}(-, p_8, p_9)$

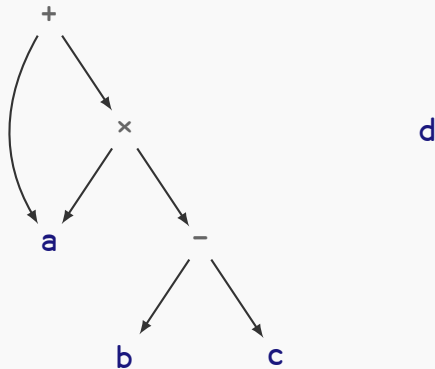
$p_{11} := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_d)$



# Criação do DAG para a expressão $a + a \times (b - c) + (b - c) \times d$

## Chamadas de funções

$p_1 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_a)$   
 $p_2 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_a)$   
 $p_3 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_b)$   
 $p_4 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_c)$   
 $p_5 := \text{CRIARNO}(-, p_3, p_4)$   
 $p_6 := \text{CRIARNO}(\times, p_2, p_5)$   
 $p_7 := \text{CRIARNO}(+, p_1, p_6)$   
 $p_8 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_b)$   
 $p_9 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_c)$   
 $p_{10} := \text{CRIARNO}(-, p_8, p_9)$   
 $p_{11} := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_d)$   
 $p_{12} := \text{CRIARNO}(\times, p_{10}, p_{11})$



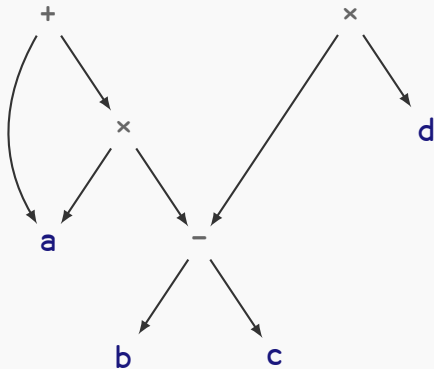
# Criação do DAG para a expressão $a + a \times (b - c) + (b - c) \times d$

## Chamadas de funções

```

p1 := CRIARFOLHA(id, pa)
p2 := CRIARFOLHA(id, pa)
p3 := CRIARFOLHA(id, pb)
p4 := CRIARFOLHA(id, pc)
p5 := CRIARNO(-, p3, p4)
p6 := CRIARNO(×, p2, p5)
p7 := CRIARNO(+, p1, p6)
p8 := CRIARFOLHA(id, pb)
p9 := CRIARFOLHA(id, pc)
p10 := CRIARNO(-, p8, p9)
p11 := CRIARFOLHA(id, pd)
p12 := CRIARNO(×, p10, p11)

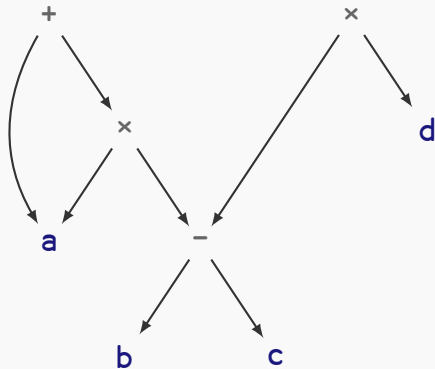
```



# Criação do DAG para a expressão $a + a \times (b - c) + (b - c) \times d$

## Chamadas de funções

$p_1 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_a)$   
 $p_2 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_a)$   
 $p_3 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_b)$   
 $p_4 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_c)$   
 $p_5 := \text{CRIARNO}(-, p_3, p_4)$   
 $p_6 := \text{CRIARNO}(\times, p_2, p_5)$   
 $p_7 := \text{CRIARNO}(+, p_1, p_6)$   
 $p_8 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_b)$   
 $p_9 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_c)$   
 $p_{10} := \text{CRIARNO}(-, p_8, p_9)$   
 $p_{11} := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_d)$   
 $p_{12} := \text{CRIARNO}(\times, p_{10}, p_{11})$   
 $p_{13} := \text{CRIARNO}(+, p_7, p_{12})$

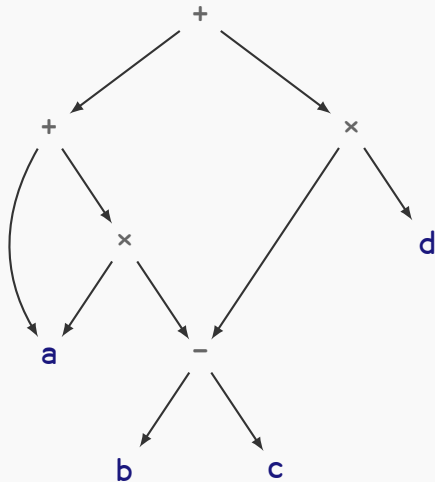




# Criação do DAG para a expressão $a + a \times (b - c) + (b - c) \times d$

## Chamadas de funções

$p_1 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_a)$   
 $p_2 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_a)$   
 $p_3 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_b)$   
 $p_4 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_c)$   
 $p_5 := \text{CRIARNO}(-, p_3, p_4)$   
 $p_6 := \text{CRIARNO}(\times, p_2, p_5)$   
 $p_7 := \text{CRIARNO}(+, p_1, p_6)$   
 $p_8 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_b)$   
 $p_9 := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_c)$   
 $p_{10} := \text{CRIARNO}(-, p_8, p_9)$   
 $p_{11} := \text{CRIARFOLHA}(\text{id}, p_d)$   
 $p_{12} := \text{CRIARNO}(\times, p_{10}, p_{11})$   
 $p_{13} := \text{CRIARNO}(+, p_7, p_{12})$



## Referências

---

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