



Compiladores

Aula 10

Celso Olivete Júnior
olivete@fct.unesp.br

Análise sintática ascendente

- ❑ *Bottom-up*, ascendente ou redutiva
 - Analisadores de precedência de operadores
 - **Analisadores LR**
 - ✓ SLR: *Simple LR*
 - ✓ LR Canônico
 - ✓ *Look Ahead LR*: LALR



Análise sintática ascendente

analisadores LR

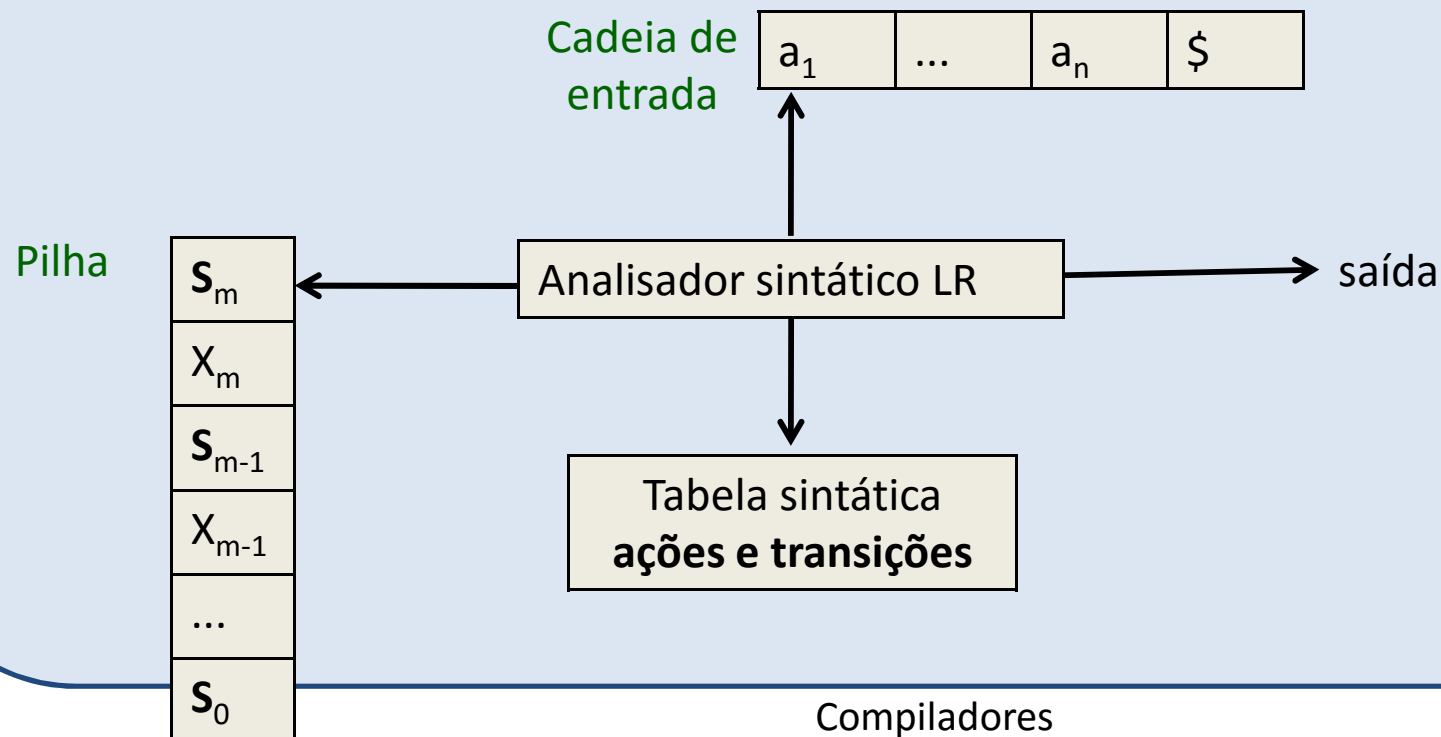
- LR(k): *Left to right, Rightmost derivation, with k lookahead symbols*
 - Ampla classe de gramáticas

- Método mais genérico e poderoso de análise
 - Podem reconhecer **praticamente todas as construções** possíveis em linguagens de programação
 - Implementação **eficiente**
 - Desvantagem: **manipulação complexa da tabela sintática**

Análise sintática ascendente

analisadores LR

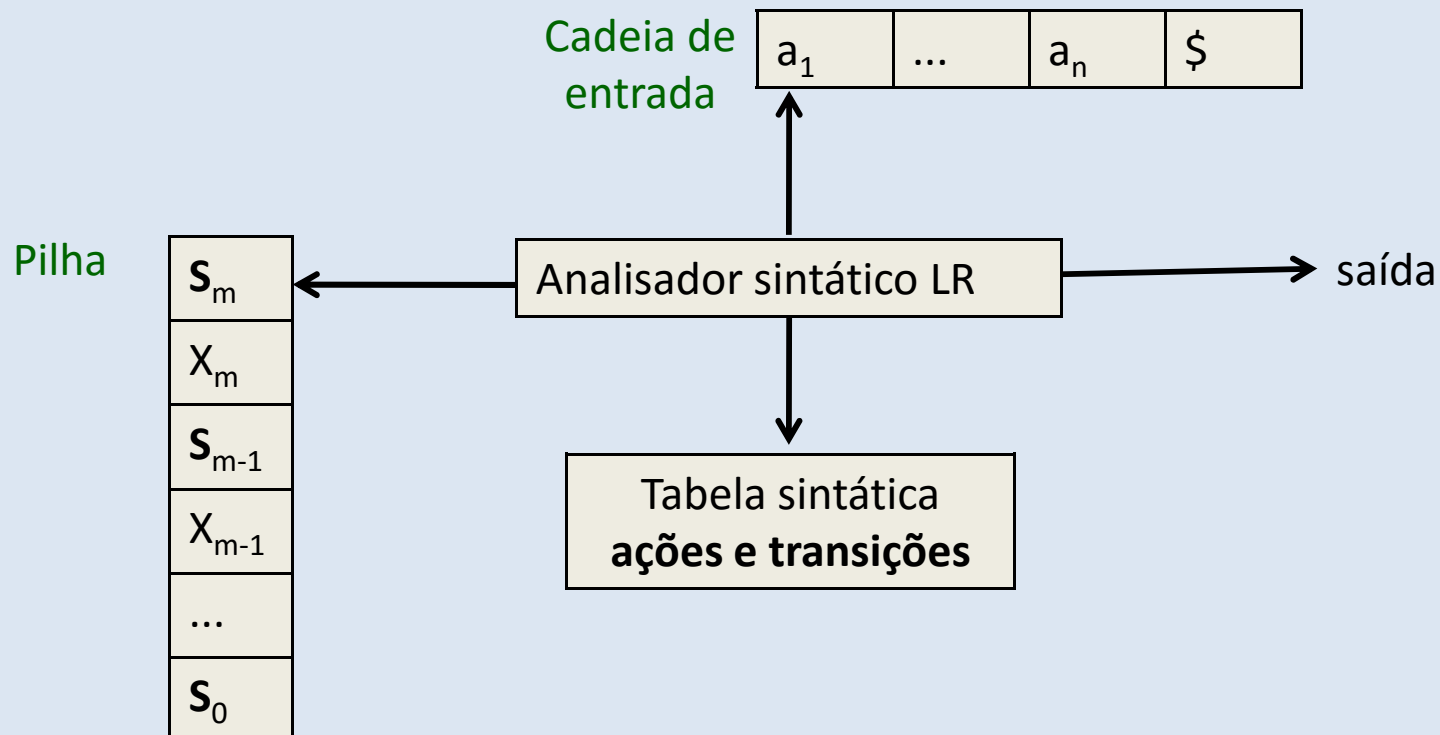
- Esquema de um analisador LR
 - X_i são símbolos gramaticais
 - s_i são estados que sumarizam a informação contida abaixo na pilha



Análise sintática ascendente

analisadores LR

- A combinação do estado do topo da pilha e o primeiro símbolo da cadeia de entrada é utilizada para indexar a tabela sintática e determinar o que se faz (empilha ou reduz)





unesp

Análise sintática ascendente

analisadores LR

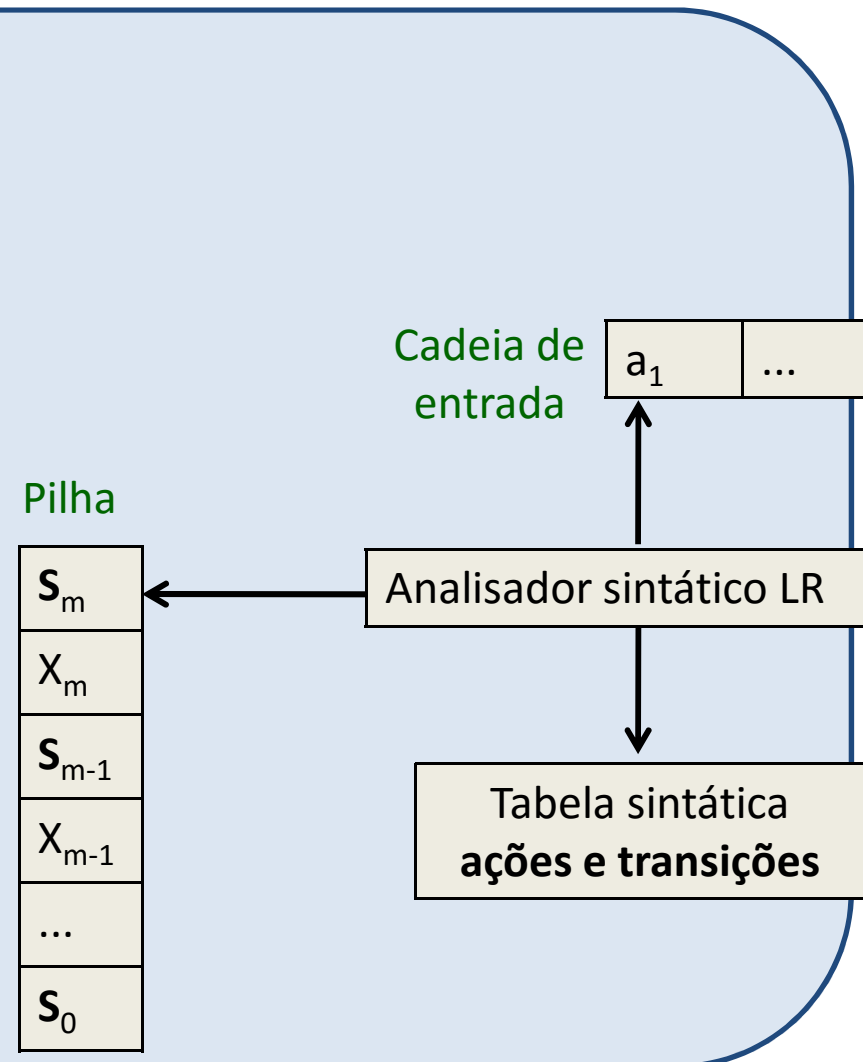
❑ Comportamento do analisador

➤ Para o estado do topo da pilha s_m e o símbolo da entrada a_i , consulta-se ação[s_m, a_i] na tabela

✓ Quatro possíveis valores

1. Empilhar um estado
2. Reduzir por uma regra gramatical
3. Aceitar a cadeia de entrada
4. Erro

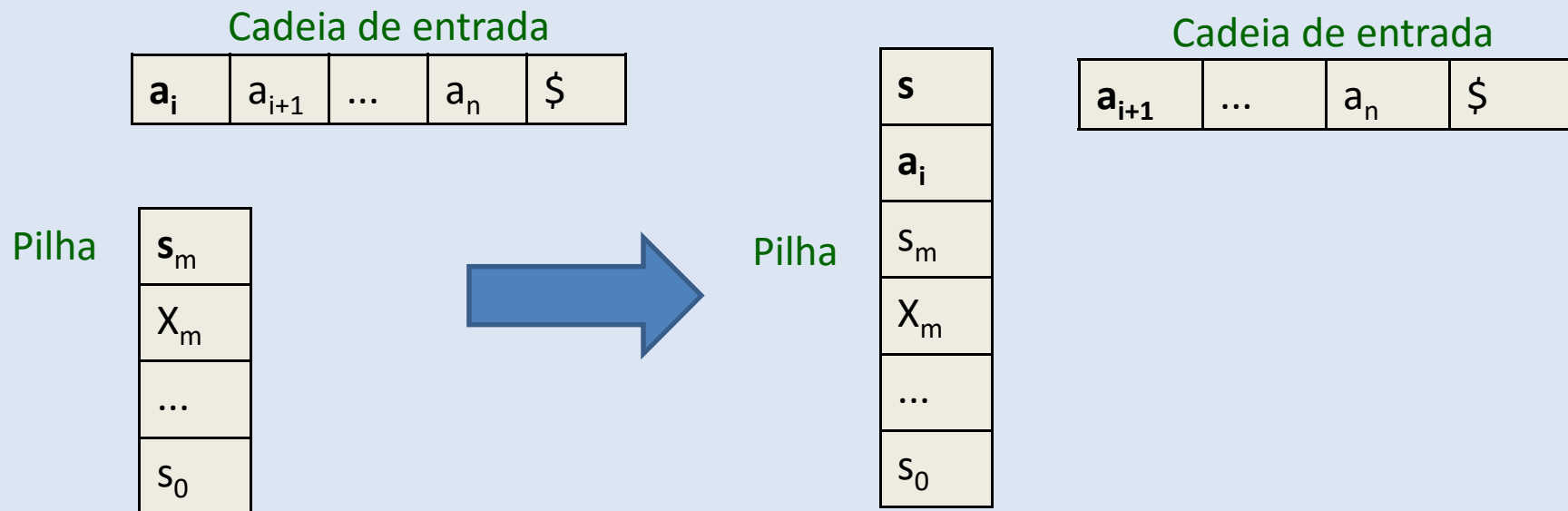
❑ Pela transição (ou “desvio”) indicada na tabela, toma-se um estado e um símbolo gramatical e se produz um novo estado como saída



Análise sintática ascendente

analisadores LR

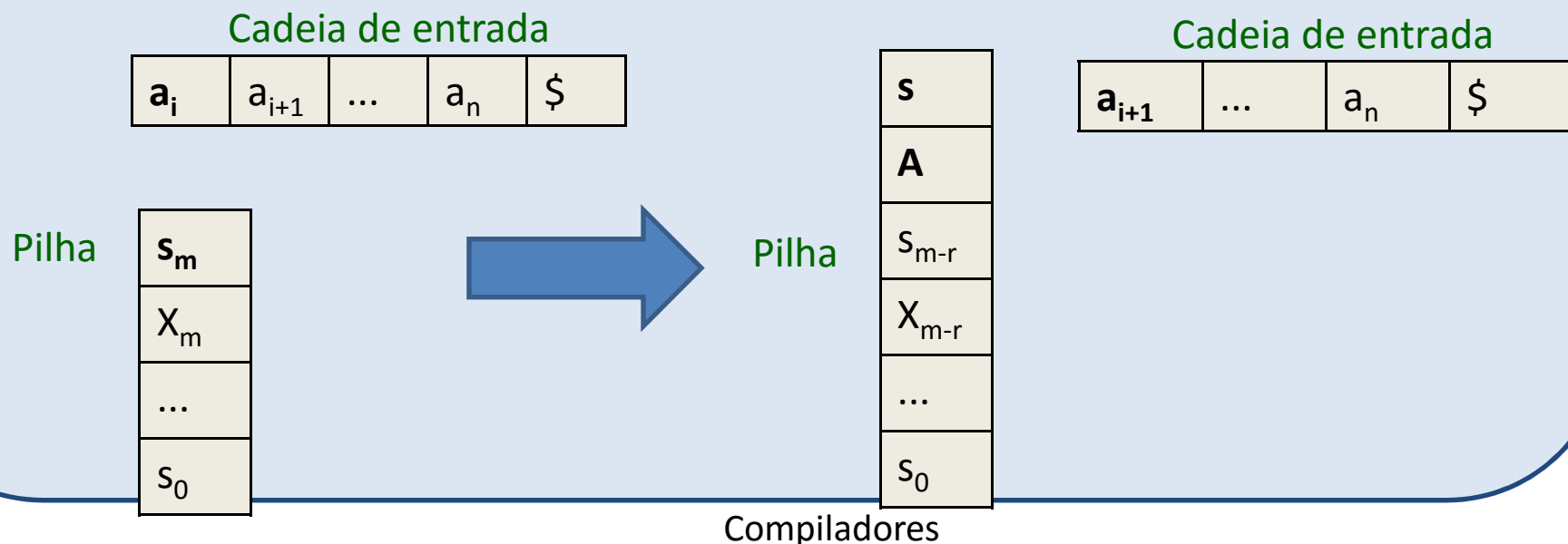
- ☐ Para o estado do **topo da pilha** s_m e o **símbolo da entrada** a_i , consulta-se ação[s_m, a_i]
 - Se ação[s_m, a_i] = "empilhar s ", então empilham-se a_i e s



Análise sintática ascendente

analísadores LR

- Se ação[s_m, a_i] = "reduzir $A \rightarrow \beta$ ", então
 - ✓ Sendo r o tamanho de β , desempilham-se $2r$ elementos (r estados e r símbolos gramaticais): o topo torna-se s_{m-r}
 - ✓ **Exemplo: se a redução for a partir da regra $\langle E \rangle ::= \langle E \rangle + \langle T \rangle$ que tem 3 elementos na derivação $(E + T)$, então desempilham-se 6 elementos.**
 - ✓ Empilha-se A (lado esquerdo da regra utilizada)
 - ✓ Empilha-se o estado s , indicado por transição[s_{m-r}, A]



Análise sintática ascendente

analísadores LR

- ❑ Se $\text{ação}[s_m, a_i] = \text{"aceitar"}$, então a análise sintática tem sucesso e é encerrada
- ❑ Se $\text{ação}[s_m, a_i] = \text{"erro"}$, então o analisador descobriu um erro e deve tratá-lo



Análise sintática ascendente

analísadores LR

❑ ASA – funcionamento do analisador LR

- ❑ Sempre deve haver um estado no topo da pilha
 - ❑ O estado diz tudo sobre a análise sintática

- ❑ Quando se empilha um símbolo gramatical, deve-se empilhar um estado em seguida

- ❑ Ao se reduzir:
 - (i) removem-se da pilha os símbolos gramaticais que correspondem ao lado direito do *handle* e os estados correspondentes e
 - (ii) empilha-se o lado esquerdo do *handle* (por exemplo, um símbolo gramatical)
 - (iii) gerando a necessidade de se empilhar mais um estado

Análise sintática ascendente

analísadores LR

□ Algoritmo de análise LR

```
empilha-se o estado inicial  $s_0$ ;  
concatena-se o símbolo delimitador $ no final da cadeia de entrada  
fazer ip apontar para o primeiro símbolo da cadeia  
repetir  
    seja  $s_n$  o estado no topo da pilha e  $a$  o símbolo apontado por ip  
    se (ação[ $s_n, a$ ] = "empilhar  $s_{n+1}$ ") então  
        empilhar  $a$ ;  
        empilhar  $s_{n+1}$ ;  
        avançar ip;  
    senão se (ação[ $s_n, a$ ] = "reduzir  $A \rightarrow \beta$ ") então  
        desempilhar  $2 * |\beta|$  elementos;  
        empilhar  $A$ ;  
        empilhar o estado indicado por transição[ $s_{n-2 * |\beta|}, A$ ];  
    senão se (ação[ $s_n, a$ ] = "aceitar") então SUCESSO  
        senão ERRO;  
fim-repetir;
```



Análise sintática ascendente

analisadores LR

- ❑ Uma forma de modelar o comportamento de um analisador sintático ascendente é a partir de um autômato de estados finitos
 - Necessário obter estados, ações e transições

- ❑ A partir do autômato é possível **acompanhar** o estado da análise sintática

1- Sempre deve haver um estado no topo da pilha

➤ O estado diz tudo sobre a análise sintática; Símbolos gramaticais são dispensáveis na pilha

2- Quando se empilha um símbolo gramatical, deve-se empilhar um estado em seguida

3- Ao se reduzir:

(i) removem-se da pilha os símbolos gramaticais que correspondem ao lado direito do *handle* e os estados correspondentes e

(ii) empilha-se o lado esquerdo do *handle* (por exemplo, um símbolo gramatical)

(iii) gerando a necessidade de se empilhar mais um estado

➤ Se $ação[s_m, a_i] = \text{"reduzir } A \rightarrow \beta\text{"}$,
então

✓ Sendo r o tamanho de β , desempilham-se $2r$ elementos (r estados e r símbolos gramaticais): o topo torna-se s_{m-r}

✓ Empilha-se A (lado esquerdo da regra utilizada)

✓ Empilha-se o estado s , indicado por transição $[s_{m-r}, A]$

Pilha	Cadeia	Regra
0	(id)\$	s4
0(4	id)\$	s5
0(4id5	)\$	r6
0(4		

Redução pela regra $F \rightarrow id$
 ❖ Desempilham $2r$ elementos = 2 ($r = |id|$)
 ❖ Empilha F
 ❖ Empilha estado dado pela transição $[4, F] = 3$

9	r1	s7	r1	r1
10	r3	r3	r3	r3
11	r5	r5	r5	r5

- (1) $\langle E \rangle ::= \langle E \rangle + \langle I \rangle$
- (2) $\langle E \rangle ::= \langle T \rangle$
- (3) $\langle T \rangle ::= \langle T \rangle * \langle F \rangle$
- (4) $\langle T \rangle ::= \langle F \rangle$
- (5) $\langle F \rangle ::= \langle E \rangle$
- (6) $\langle F \rangle ::= id$

Na tabela, tem-se que:

- s_i indica "empilhar i "
- r_i indica "reduzir por regra i "

Exemplo:

- s5**: significa empilhar e ir para o estado 5
- r5**: significa reduz a produção 5

1- Sempre deve haver um estado no topo da pilha

➤ O estado diz tudo sobre a análise sintática; Símbolos gramaticais são dispensáveis na pilha

2- Quando se empilha um símbolo gramatical, deve-se empilhar um estado em seguida

3- Ao se reduzir:

(i) removem-se da pilha os símbolos gramaticais que correspondem ao lado direito do *handle* e os estados correspondentes e

(ii) empilha-se o lado esquerdo do *handle* (por exemplo, um símbolo gramatical)

(iii) gerando a necessidade de se empilhar mais um estado

➤ Se **ação** $[s_m, a_i] = \text{"reduzir } A \rightarrow \beta\text{"}$,
então

✓ Sendo r o tamanho de β , desempilham-se $2r$ elementos (r estados e r símbolos gramaticais): o topo torna-se s_{m-r}

✓ Empilha-se A (lado esquerdo da regra utilizada)

✓ Empilha-se o estado s_i , indicado por transição $[s_{m-r}, A]$

Pilha	Cadeia	Regra
0	(id)\$	s4
0(4	id)\$	s5
0(4id5	)\$	r6
0(4F		

Redução pela regra $F \rightarrow id$

- ❖ Desempilham $2r$ elementos = 2 ($r = |id|$)
- ❖ **Empilha F**
- ❖ Empilha estado dado pela transição $[4, F] = 3$

9	r1	s7	r1	r1
10	r3	r3	r3	r3
11	r5	r5	r5	r5

- (1) $\langle E \rangle ::= \langle E \rangle + \langle T \rangle$
- (2) $\langle E \rangle ::= \langle T \rangle$
- (3) $\langle T \rangle ::= \langle T \rangle * \langle F \rangle$
- (4) $\langle T \rangle ::= \langle F \rangle$
- (5) $\langle F \rangle ::= \langle E \rangle$
- (6) $\langle F \rangle ::= id$

Na tabela, tem-se que:

- s_i indica "empilhar i "
- r_i indica "reduzir por regra i "

Exemplo:

- s5**: significa empilhar e ir para o estado 5
- r5**: significa reduz a produção 5

1- Sempre deve haver um estado no topo da pilha

➤ O estado diz tudo sobre a análise sintática; Símbolos gramaticais são dispensáveis na pilha

2- Quando se empilha um símbolo gramatical, deve-se empilhar um estado em seguida

3- Ao se reduzir:

(i) removem-se da pilha os símbolos gramaticais que correspondem ao lado direito do *handle* e os estados correspondentes e

(ii) empilha-se o lado esquerdo do *handle* (por exemplo, um símbolo gramatical)

(iii) gerando a necessidade de se empilhar mais um estado

➤ Se **ação** $[s_m, a_i]$ = "reduzir $A \rightarrow \beta$ ",

então

✓ Sendo r o tamanho de β , desempilham-se $2r$ elementos (r estados e r símbolos gramaticais): o topo torna-se s_{m-r}

✓ Empilha-se A (lado esquerdo da regra utilizada)

✓ Empilha-se o estado s_i , indicado por transição $[s_{m-r}, A]$

Pilha	Cadeia	Regra
0	(id)\$	s4
0(4	id)\$	s5
0(4 id 5	)\$	r6
0(4F3		

Redução pela regra $F \rightarrow id$

❖ Desempilham $2r$ elementos = 2 ($r = |id|$)

❖ Empilha F

❖ **Empilha estado dado pela transição $[4, F] = 3$**

9	r1	s7	r1	r1
10	r3	r3	r3	r3
11	r5	r5	r5	r5

- (1) $\langle E \rangle ::= \langle E \rangle + \langle T \rangle$
- (2) $\langle E \rangle ::= \langle T \rangle$
- (3) $\langle T \rangle ::= \langle T \rangle * \langle F \rangle$
- (4) $\langle T \rangle ::= \langle F \rangle$
- (5) $\langle F \rangle ::= \langle E \rangle$
- (6) $\langle F \rangle ::= id$

Na tabela, tem-se que:

- s_i indica "empilhar i "

- r_i indica "reduzir por regra i "

Exemplo:

s5: significa empilhar e ir para o estado 5

r5: significa reduz a produção 5

1- Sempre deve haver um estado no topo da pilha

➤ O estado diz tudo sobre a análise sintática; Símbolos gramaticais são dispensáveis na pilha

2- Quando se empilha um símbolo gramatical, deve-se empilhar um estado em seguida

3- Ao se reduzir:

(i) removem-se da pilha os símbolos gramaticais que correspondem ao lado direito do *handle* e os estados correspondentes e

(ii) empilha-se o lado esquerdo do *handle* (por exemplo, um símbolo gramatical)

(iii) gerando a necessidade de se empilhar mais um estado

Estados	Ações						Transições		
	id	+	*	(	)	\$	E	T	F
0	s5			s4			1	2	3
1		s6				OK			
2		r2	s7		r2	r2			
3		r4	r4		r4	r4			
4	s5			s4			8	2	3
5		r6	r6		r6	r6			
6	s5			s4				9	3
7	s5			s4					10
8		s6			s11				
9		r1	s7		r1	r1			
10		r3	r3		r3	r3			
11		r5	r5		r5	r5			

- (1) $\langle E \rangle ::= \langle E \rangle + \langle T \rangle$
- (2) $\langle E \rangle ::= \langle T \rangle$
- (3) $\langle T \rangle ::= \langle T \rangle * \langle F \rangle$
- (4) $\langle T \rangle ::= \langle F \rangle$
- (5) $\langle F \rangle ::= \langle E \rangle$
- (6) $\langle F \rangle ::= id$

Pilha	Cadeia	Regra
0	(id)\$	s4
0(4	id)\$	s5
0(4id5	)\$	r6
0(4F3	)\$	r4
0(4T2	)\$	r2
0(4E8	)\$	s11

Na tabela, tem-se que:

- s_i indica "empilhar i "
- r_i indica "reduzir por regra i "

Exemplo:

- $s5$: significa empilhar e ir para o estado 5
- $r5$: significa reduzir a produção 5

1- Sempre deve haver um estado no topo da pilha

➤ O estado diz tudo sobre a análise sintática; Símbolos gramaticais são dispensáveis na pilha

2- Quando se empilha um símbolo gramatical, deve-se empilhar um estado em seguida

3- Ao se reduzir:

(i) removem-se da pilha os símbolos gramaticais que correspondem ao lado direito do *handle* e os estados correspondentes e

(ii) empilha-se o lado esquerdo do *handle* (por exemplo, um símbolo gramatical)

(iii) gerando a necessidade de se empilhar mais um estado

Estados	Ações						Transições		
	id	+	*	(	)	\$	E	T	F
0	s5			s4			1	2	3
1		s6				OK			
2		r2	s7		r2	r2			
3		r4	r4		r4	r4			
4	s5			s4			8	2	3
5		r6	r6		r6	r6			
6	s5			s4				9	3
7	s5			s4					10
8		s6			s11				
9		r1	s7		r1	r1			
10		r3	r3		r3	r3			
11		r5	r5		r5	r5			

- (1) $\langle E \rangle ::= \langle E \rangle + \langle T \rangle$
- (2) $\langle E \rangle ::= \langle T \rangle$
- (3) $\langle T \rangle ::= \langle T \rangle * \langle F \rangle$
- (4) $\langle T \rangle ::= \langle F \rangle$
- (5) $\langle F \rangle ::= \langle E \rangle$
- (6) $\langle F \rangle ::= id$

Pilha	Cadeia	Regra
0	(id)\$	s4
0(4	id)\$	s5
0(4id5	)\$	r6
0(4F3	)\$	r4
0(4T2	)\$	r2
0(4E8	)\$	s11
0(4E8) <u>11</u>	\$	r5

Na tabela, tem-se que:

- s_i indica "empilhar i "

- r_i indica "reduzir por regra i "

Exemplo:

s5: significa empilhar e ir para o estado 5

r5: significa reduzir a produção 5

1- Sempre deve haver um estado no topo da pilha

➤ O estado diz tudo sobre a análise sintática; Símbolos gramaticais são dispensáveis na pilha

2- Quando se empilha um símbolo gramatical, deve-se empilhar um estado em seguida

3- Ao se reduzir:

(i) removem-se da pilha os símbolos gramaticais que correspondem ao lado direito do *handle* e os estados correspondentes e

(ii) empilha-se o lado esquerdo do *handle* (por exemplo, um símbolo gramatical)

(iii) gerando a necessidade de se empilhar mais um estado

Estados	Ações						Transições		
	id	+	*	(	)	\$	E	T	F
0	s5			s4			1	2	3
1		s6				OK			
2		r2	s7		r2	r2			
3		r4	r4		r4	r4			
4	s5			s4			8	2	3
5		r6	r6		r6	r6			
6	s5			s4				9	3
7	s5			s4					10
8		s6			s11				
9		r1	s7		r1	r1			
10		r3	r3		r3	r3			
11		r5	r5		r5	r5			

- (1) $\langle E \rangle ::= \langle E \rangle + \langle T \rangle$
- (2) $\langle E \rangle ::= \langle T \rangle$
- (3) $\langle T \rangle ::= \langle T \rangle * \langle F \rangle$
- (4) $\langle T \rangle ::= \langle F \rangle$
- (5) $\langle F \rangle ::= \langle E \rangle$
- (6) $\langle F \rangle ::= id$

Pilha	Cadeia	Regra
0	(id)\$	s4
0(4	id)\$	s5
0(4id5	)\$	r6
0(4F3	)\$	r4
0(4T2	)\$	r2
0(4E8	)\$	s11
0(4E8) <u>11</u>	\$	r5
0F3	\$	r4

Na tabela, tem-se que:

- s_i indica "empilhar i "

- r_i indica "reduzir por regra i "

Exemplo:

s5: significa empilhar e ir para o estado 5

r5: significa reduzir a produção 5

1- Sempre deve haver um estado no topo da pilha

➤ O estado diz tudo sobre a análise sintática; Símbolos gramaticais são dispensáveis na pilha

2- Quando se empilha um símbolo gramatical, deve-se empilhar um estado em seguida

3- Ao se reduzir:

(i) removem-se da pilha os símbolos gramaticais que correspondem ao lado direito do *handle* e os estados correspondentes e

(ii) empilha-se o lado esquerdo do *handle* (por exemplo, um símbolo gramatical)

(iii) gerando a necessidade de se empilhar mais um estado

Estados	Ações						Transições		
	id	+	*	(	)	\$	E	T	F
0	s5			s4			1	2	3
1		s6				OK			
2		r2	s7		r2	r2			
3		r4	r4		r4	r4			
4	s5			s4			8	2	3
5		r6	r6		r6	r6			
6	s5			s4				9	3
7	s5			s4					10
8		s6			s11				
9		r1	s7		r1	r1			
10		r3	r3		r3	r3			
11		r5	r5		r5	r5			

- (1) $\langle E \rangle ::= \langle E \rangle + \langle T \rangle$
- (2) $\langle E \rangle ::= \langle T \rangle$
- (3) $\langle T \rangle ::= \langle T \rangle * \langle F \rangle$
- (4) $\langle T \rangle ::= \langle F \rangle$
- (5) $\langle F \rangle ::= \langle E \rangle$
- (6) $\langle F \rangle ::= id$

Pilha	Cadeia	Regra
0	(id)\$	s4
0(4	id)\$	s5
0(4id5	)\$	r6
0(4F3	)\$	r4
0(4T2	)\$	r2
0(4E8	)\$	s11
0(4E8) <u>11</u>	\$	r5
0F3	\$	r4
0T2	\$	r2

Na tabela, tem-se que:

- s_i indica "empilhar i "
- r_i indica "reduzir por regra i "

Exemplo:

s5: significa empilhar e ir para o estado 5
r5: significa reduzir a produção 5

1- Sempre deve haver um estado no topo da pilha

➤ O estado diz tudo sobre a análise sintática; Símbolos gramaticais são dispensáveis na pilha

2- Quando se empilha um símbolo gramatical, deve-se empilhar um estado em seguida

3- Ao se reduzir:

(i) removem-se da pilha os símbolos gramaticais que correspondem ao lado direito do *handle* e os estados correspondentes e

(ii) empilha-se o lado esquerdo do *handle* (por exemplo, um símbolo gramatical)

(iii) gerando a necessidade de se empilhar mais um estado

Estados	Ações						Transições		
	id	+	*	(	)	\$	E	T	F
0	s5			s4			1	2	3
1		s6				OK			
2		r2	s7		r2	r2			
3		r4	r4		r4	r4			
4	s5			s4			8	2	3
5		r6	r6		r6	r6			
6	s5			s4				9	3
7	s5			s4					10
8		s6			s11				
9		r1	s7		r1	r1			
10		r3	r3		r3	r3			
11		r5	r5		r5	r5			

- (1) $\langle E \rangle ::= \langle E \rangle + \langle T \rangle$
- (2) $\langle E \rangle ::= \langle T \rangle$
- (3) $\langle T \rangle ::= \langle T \rangle * \langle F \rangle$
- (4) $\langle T \rangle ::= \langle F \rangle$
- (5) $\langle F \rangle ::= \langle E \rangle$
- (6) $\langle F \rangle ::= id$

Pilha	Cadeia	Regra
0	(id)\$	s4
0(4	id)\$	s5
0(4id5	)\$	r6
0(4F3	)\$	r4
0(4T2	)\$	r2
0(4E8	)\$	s11
0(4E8) <u>11</u>	\$	r5
0F3	\$	r4
0T2	\$	r2
0E1	\$	Aceita

Na tabela, tem-se que:

- s_i indica "empilhar i "

- r_i indica "reduzir por regra i "

Exemplo:

s5: significa empilhar e ir para o estado 5

r5: significa reduz a produção 5

1- Sempre deve haver um estado no topo da pilha

➤ O estado diz tudo sobre a análise sintática; Símbolos gramaticais são dispensáveis na pilha

2- Quando se empilha um símbolo gramatical, deve-se empilhar um estado em seguida

3- Ao se reduzir:

(i) removem-se da pilha os símbolos gramaticais que correspondem ao lado direito do *handle* e os estados correspondentes e

(ii) empilha-se o lado esquerdo do *handle* (por exemplo, um símbolo gramatical)

(iii) gerando a necessidade de se empilhar mais um estado

Estados	Ações						Transições		
	id	+	*	(	)	\$	E	T	F
0	s5								
1		s6							
2		r2	s7						
3		r4	r4						
4	s5								
5		r6	r6						
6	s5								
7	s5			s4				10	
8		s6			s11				
9		r1	s7		r1	r1			
10		r3	r3		r3	r3			
11		r5	r5		r5	r5			

AF que modela o comportamento do analisador sintático....

- (1) $\langle E \rangle ::= \langle E \rangle + \langle T \rangle$
- (2) $\langle E \rangle ::= \langle T \rangle$
- (3) $\langle T \rangle ::= \langle T \rangle * \langle F \rangle$
- (4) $\langle T \rangle ::= \langle F \rangle$
- (5) $\langle F \rangle ::= \langle E \rangle$
- (6) $\langle F \rangle ::= id$

Pilha	Cadeia	Regra
0	(id)\$	s4
0(4	id)\$	s5
	)\$	r6
	)\$	r4
	)\$	r2
	)\$	s11
	\$	r5
	\$	r4
	\$	r2
0E1	\$	Aceita

Na tabela, tem-se que:

- s_i indica "empilhar i "
- r_i indica "reduzir por regra i "

Exemplo:

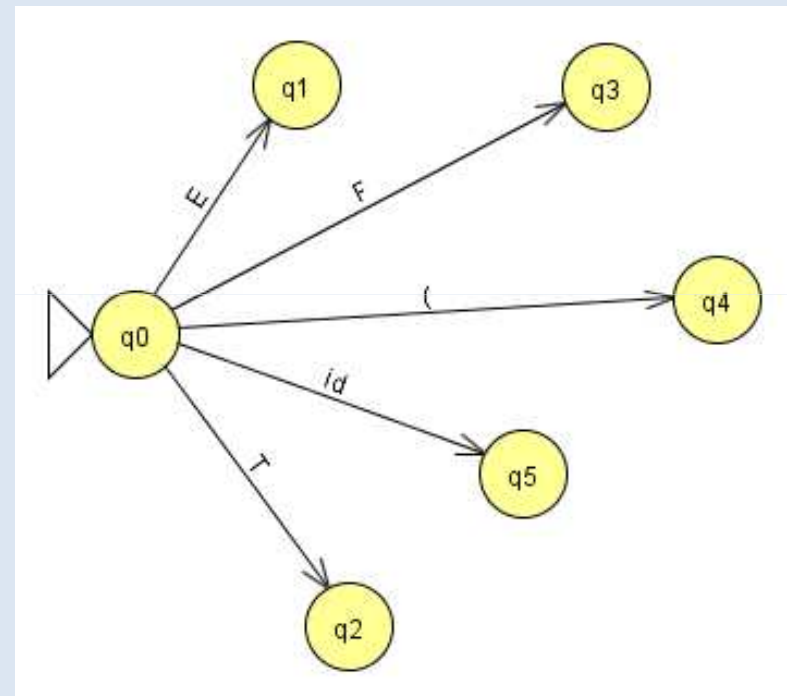
- s5**: significa empilhar e ir para o estado 5
- r5**: significa reduz a produção 5

Análise sintática ascendente

analisadores LR

Autômato correspondente ao estado s0

Estados	Ações						Transições		
	id	+	*	(	)	\$	E	T	F
0	s5			s4			1	2	3
1		s6				OK			
2		r2	s7		r2	r2			
3		r4	r4		r4	r4			
4	s5			s4			8	2	3
5		r6	r6		r6	r6			
6	s5			s4				9	3
7	s5			s4					10
8		s6			s11				
9		r1	s7		r1	r1			
10		r3	r3		r3	r3			
11		r5	r5		r5	r5			



- (1) $\langle E \rangle ::= \langle E \rangle + \langle T \rangle$
- (2) $\langle E \rangle ::= \langle T \rangle$
- (3) $\langle T \rangle ::= \langle T \rangle * \langle F \rangle$
- (4) $\langle T \rangle ::= \langle F \rangle$
- (5) $\langle F \rangle ::= (\langle E \rangle)$
- (6) $\langle F \rangle ::= id$



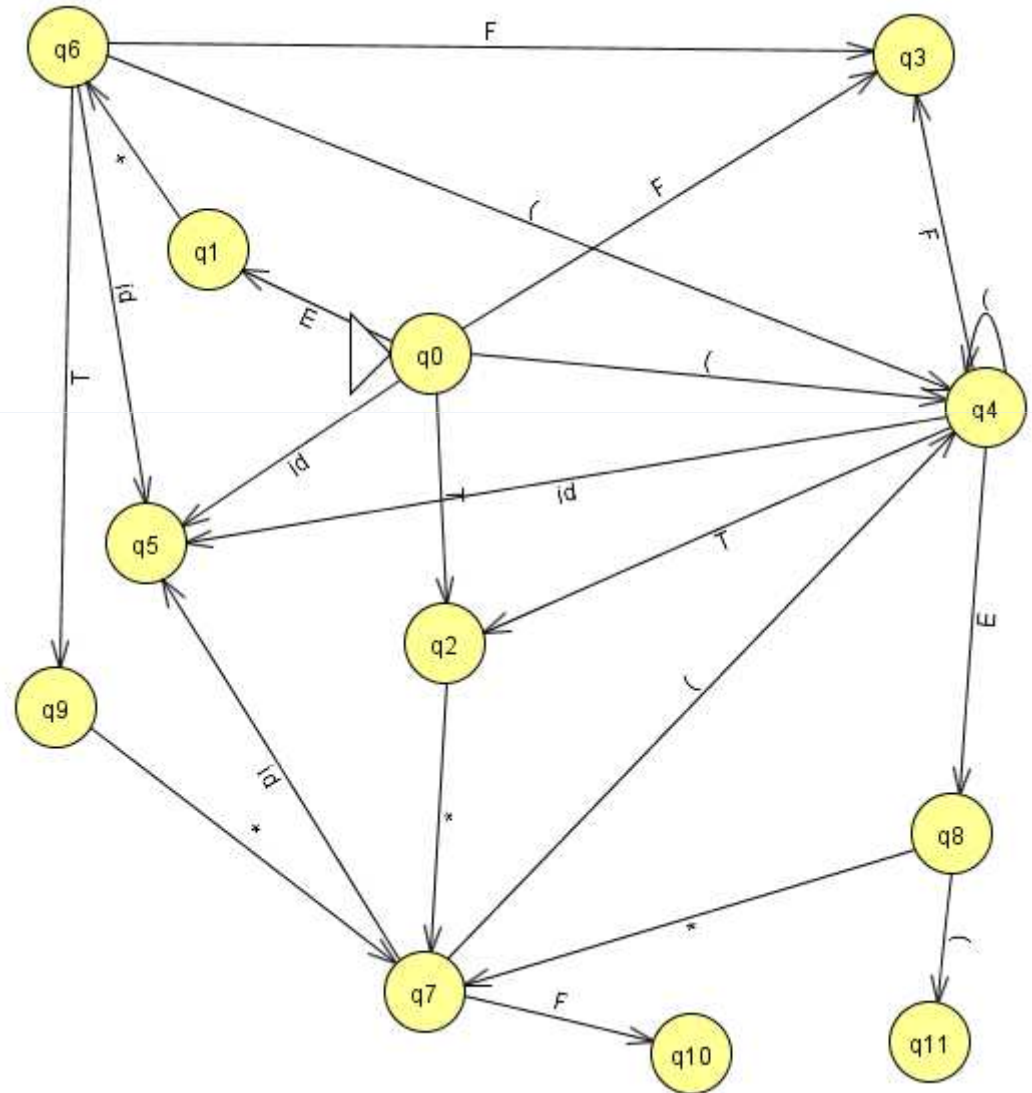
unesp

Análise sintática ascendente

analísadores LR

☐ Autômato final

Estados	Ações						Transições		
	id	+	*	(	)	\$	E	T	F
0	s5			s4			1	2	3
1		s6				OK			
2		r2	s7		r2	r2			
3		r4	r4		r4	r4			
4	s5			s4			8	2	3
5		r6	r6		r6	r6			
6	s5			s4				9	3
7	s5			s4					10
8		s6			s11				
9		r1	s7		r1	r1			
10		r3	r3		r3	r3			
11		r5	r5		r5	r5			





unesp

Análise sintática ascendente

analísadores LR

❑ O AF é usado apenas para analisar o comportamento do analisador sintático, logo ele não reconhece cadeias.

Análise sintática ascendente

analisadores LR

☐ Exercício 1: dada a tabela sintática faça

I. Reconheça a cadeia ***if a then b***

II. Faça o AF que modela o comportamento do analisador para a gramática abaixo

- 1) $S \rightarrow \text{if } E \text{ then } C$
- 2) $S \rightarrow C$
- 3) $E \rightarrow a$
- 4) $C \rightarrow b$

Na tabela, tem-se que:

- s_i indica “empilhar i ”
- r_i indica “reduzir por regra i ”

Exemplo:

$s5$: significa empilhar e ir para o estado 5

$r5$: significa reduz a produção 5

Estados	Ações					Transições		
	if	then	a	b	\$	S	E	C
0	s2			s4		1		3
1					OK			
2			s6				5	
3					r2			
4					r4			
5		s7						
6		r3						
7				s4				8
8					r1			

- 1) S → if E then C
- 2) S → C
- 3) E → a
- 4) C → b

Na tabela, tem-se que:
 - s_i indica "empilhar i "
 - r_i indica "reduzir por regra i "

Exemplo:
 s_5 : significa empilhar e ir para o estado 5
 r_5 : significa reduzir a produção 5

Exercício 1: **resolução**

I. Reconheça a cadeia **if a then b**

Estados	Ações					Transições		
	if	then	a	b	\$	S	E	C
0	s2			s4		1		3
1					OK			
2			s6				5	
3					r2			
4					r4			
5		s7						
6		r3						
7				s4				8
8					r1			

Pilha	Cadeia	Regra
0	if a then b\$	s2
0 if 2	a then b\$	s6
0 if 2 a 6	then b\$	r3
0 if 2 E 5	then b\$	s7
0 if 2 E 5 then 7	b\$	s4
0 if 2 E 5 then 7 b 4	\$	r4
0 if 2 E 5 then 7 C 8	\$	r1
0 S 1	\$	OK

- 1) $S \rightarrow \text{if } E \text{ then } C$
- 2) $S \rightarrow C$
- 3) $E \rightarrow a$
- 4) $C \rightarrow b$

Na tabela, tem-se que:
 - s_i indica "empilhar i "
 - r_i indica "reduzir por regra i "

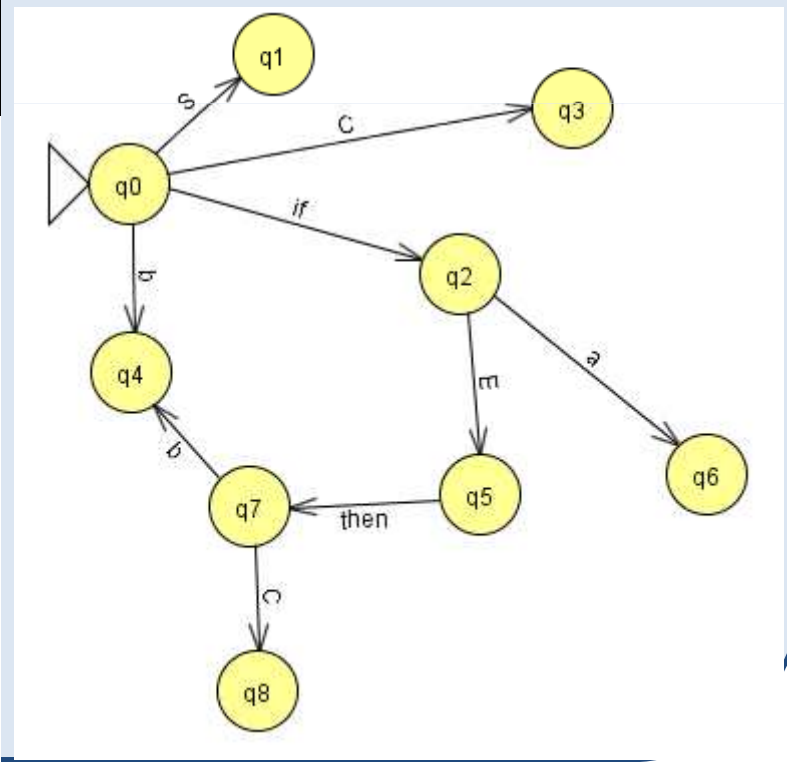
Exemplo:

s_5 : significa empilhar e ir para o estado 5
 r_5 : significa reduzir a produção 5

Exercício 1: **resolução**

II. Faça o AF que modela o comportamento do analisador para a gramática abaixo

Estados	Ações					Transições		
	if	then	a	b	\$	S	E	C
0	s2			s4		1		3
1					OK			
2			s6				5	
3					r2			
4					r4			
5		s7						
6		r3						
7				s4				8
8					r1			



Análise sintática ascendente

analisadores LR

- ☐ Exercício 2: reconhecer as cadeias **id+id**, **id*id+id** e **(id+id)*id**.

Faça o AF que modela o comportamento do analisador

- (1) $\langle E \rangle ::= \langle E \rangle + \langle T \rangle$
- (2) $\langle E \rangle ::= \langle T \rangle$
- (3) $\langle T \rangle ::= \langle T \rangle * \langle F \rangle$
- (4) $\langle T \rangle ::= \langle F \rangle$
- (5) $\langle F \rangle ::= (\langle E \rangle)$
- (6) $\langle F \rangle ::= \text{id}$

Na tabela, tem-se que:

- s_i indica "empilhar i "
- r_i indica "reduzir por regra i "

Exemplo:

- s5**: significa empilhar e ir para o estado 5
- r5**: significa reduzir a produção 5

Estados	Ações						Transições		
	id	+	*	(	)	\$	E	T	F
0	s5			s4			1	2	3
1		s6				OK			
2		r2	s7		r2	r2			
3		r4	r4		r4	r4			
4	s5			s4			8	2	3
5		r6	r6		r6	r6			
6	s5			s4				9	3
7	s5			s4					10
8		s6			s11				
9		r1	s7		r1	r1			
10		r3	r3		r3	r3			
11		r5	r5		r5	r5			

Análise sintática ascendente

analísadores LR

Na tabela, tem-se que:

- s_i indica “empilhar i ”
- r_i indica “reduzir por regra i ”

Exemplo:

- s_5 : significa empilhar e ir para o estado 5
- r_5 : significa reduzir a produção 5

Estados	Ações						Transições		
	id	+	*	(	)	\$	E	T	F
0	s5			s4			1	2	3
1		s6				OK			
2		r2	s7		r2	r2			
3		r4	r4		r4	r4			
4	s5			s4			8	2	3
5		r6	r6		r6	r6			
6	s5			s4				9	3
7	s5			s4					10
8		s6			s11				
9		r1	s7		r1	r1			
10		r3	r3		r3	r3			
11		r5	r5		r5	r5			

- (1) $\langle E \rangle ::= \langle E \rangle + \langle T \rangle$
- (2) $\langle E \rangle ::= \langle T \rangle$
- (3) $\langle T \rangle ::= \langle T \rangle * \langle F \rangle$
- (4) $\langle T \rangle ::= \langle F \rangle$
- (5) $\langle F \rangle ::= (\langle E \rangle)$
- (6) $\langle F \rangle ::= id$

Pilha	Cadeia	Regra
0	id*id+id\$	s5
0id5	*id+id\$	r6
0F3	*id+id\$	r4

Análise sintática ascendente

analísadores LR

Na tabela, tem-se que:

- s_i indica "empilhar i "
- r_i indica "reduzir por regra i "

Exemplo:

- s_5 : significa empilhar e ir para o estado 5
- r_5 : significa reduzir a produção 5

Estados	Ações						Transições		
	id	+	*	(	)	\$	E	T	F
0	s5			s4			1	2	3
1		s6				OK			
2		r2	s7		r2	r2			
3		r4	r4		r4	r4			
4	s5			s4			8	2	3
5		r6	r6		r6	r6			
6	s5			s4				9	3
7	s5			s4					10
8		s6			s11				
9		r1	s7		r1	r1			
10		r3	r3		r3	r3			
11		r5	r5		r5	r5			

- (1) $\langle E \rangle ::= \langle E \rangle + \langle T \rangle$
- (2) $\langle E \rangle ::= \langle T \rangle$
- (3) $\langle T \rangle ::= \langle T \rangle * \langle F \rangle$
- (4) $\langle T \rangle ::= \langle F \rangle$
- (5) $\langle F \rangle ::= (\langle E \rangle)$
- (6) $\langle F \rangle ::= id$

Pilha	Cadeia	Regra
0	id*id+id\$	s5
0id5	*id+id\$	r6
0F3	*id+id\$	r4
0T2	*id+id\$	s7

Análise sintática ascendente

analísadores LR

Na tabela, tem-se que:

- s_i indica "empilhar i "
- r_i indica "reduzir por regra i "

Exemplo:

- s5**: significa empilhar e ir para o estado 5
- r5**: significa reduzir a produção 5

Estados	Ações						Transições		
	id	+	*	(	)	\$	E	T	F
0	s5			s4			1	2	3
1		s6				OK			
2		r2	s7		r2	r2			
3		r4	r4		r4	r4			
4	s5			s4			8	2	3
5		r6	r6		r6	r6			
6	s5			s4				9	3
7	s5			s4					10
8		s6			s11				
9		r1	s7		r1	r1			
10		r3	r3		r3	r3			
11		r5	r5		r5	r5			

- (1) $\langle E \rangle ::= \langle E \rangle + \langle T \rangle$
- (2) $\langle E \rangle ::= \langle T \rangle$
- (3) $\langle T \rangle ::= \langle T \rangle * \langle F \rangle$
- (4) $\langle T \rangle ::= \langle F \rangle$
- (5) $\langle F \rangle ::= (\langle E \rangle)$
- (6) $\langle F \rangle ::= id$

Pilha	Cadeia	Regra
0	id*id+id\$	s5
0id5	*id+id\$	r6
0F3	*id+id\$	r4
0T2	*id+id\$	s7
0T2*7	id+id\$	s5



unesp

Análise sintática ascendente

analísadores LR

Na tabela, tem-se que:

- s_i indica "empilhar i "

- r_i indica "reduzir por regra i "

Exemplo:

s_5 : significa empilhar e ir para o estado 5

r_5 : significa reduzir a produção 5

Estados	Ações						Transições		
	id	+	*	(	)	\$	E	T	F
0	s5			s4			1	2	3
1		s6				OK			
2		r2	s7		r2	r2			
3		r4	r4		r4	r4			
4	s5			s4			8	2	3
5		r6	r6		r6	r6			
6	s5			s4				9	3
7	s5			s4					10
8		s6			s11				
9		r1	s7		r1	r1			
10		r3	r3		r3	r3			
11		r5	r5		r5	r5			

- (1) $\langle E \rangle ::= \langle E \rangle + \langle T \rangle$
- (2) $\langle E \rangle ::= \langle T \rangle$
- (3) $\langle T \rangle ::= \langle T \rangle * \langle F \rangle$
- (4) $\langle T \rangle ::= \langle F \rangle$
- (5) $\langle F \rangle ::= (\langle E \rangle)$
- (6) $\langle F \rangle ::= id$

Pilha	Cadeia	Regra
0	id*id+id\$	s5
0id5	*id+id\$	r6
0F3	*id+id\$	r4
0T2	*id+id\$	s7
0T2*7	id+id\$	s5
0T2*7id5	+id\$	r6

Análise sintática ascendente

analísadores LR

Na tabela, tem-se que:

- s_i indica “empilhar i ”

- r_i indica “reduzir por regra i ”

Exemplo:

s5: significa empilhar e ir para o estado 5

r5: significa reduzir a produção 5

Estados	Ações						Transições		
	id	+	*	(	)	\$	E	T	F
0	s5			s4			1	2	3
1		s6				OK			
2		r2	s7		r2	r2			
3		r4	r4		r4	r4			
4	s5			s4			8	2	3
5		r6	r6		r6	r6			
6	s5			s4				9	3
7	s5			s4					10
8		s6			s11				
9		r1	s7		r1	r1			
10		r3	r3		r3	r3			
11		r5	r5		r5	r5			

- (1) $\langle E \rangle ::= \langle E \rangle + \langle T \rangle$
- (2) $\langle E \rangle ::= \langle T \rangle$
- (3) $\langle T \rangle ::= \langle T \rangle * \langle F \rangle$
- (4) $\langle T \rangle ::= \langle F \rangle$
- (5) $\langle F \rangle ::= (\langle E \rangle)$
- (6) $\langle F \rangle ::= id$

Pilha	Cadeia	Regra
0	id*id+id\$	s5
0id5	*id+id\$	r6
0F3	*id+id\$	r4
0T2	*id+id\$	s7
0T2*7	id+id\$	s5
0T2*7id5	+id\$	r6
0T2*7F <u>10</u>	+id\$	r3

Análise sintática ascendente

analísadores LR

Na tabela, tem-se que:

- s_i indica "empilhar i "

- r_i indica "reduzir por regra i "

Exemplo:

s5: significa empilhar e ir para o estado 5

r5: significa reduzir a produção 5

Estados	Ações						Transições		
	id	+	*	(	)	\$	E	T	F
0	s5			s4			1	2	3
1		s6				OK			
2		r2	s7		r2	r2			
3		r4	r4		r4	r4			
4	s5			s4			8	2	3
5		r6	r6		r6	r6			
6	s5			s4				9	3
7	s5			s4					10
8		s6			s11				
9		r1	s7		r1	r1			
10		r3	r3		r3	r3			
11		r5	r5		r5	r5			

- (1) $\langle E \rangle ::= \langle E \rangle + \langle T \rangle$
- (2) $\langle E \rangle ::= \langle T \rangle$
- (3) $\langle T \rangle ::= \langle T \rangle * \langle F \rangle$
- (4) $\langle T \rangle ::= \langle F \rangle$
- (5) $\langle F \rangle ::= (\langle E \rangle)$
- (6) $\langle F \rangle ::= id$

Pilha	Cadeia	Regra
0	id*id+id\$	s5
0id5	*id+id\$	r6
0F3	*id+id\$	r4
0T2	*id+id\$	s7
0T2*7	id+id\$	s5
0T2*7id5	+id\$	r6
0T2*7F <u>10</u>	+id\$	r3
0T2	+id\$	r2



unesp

Análise sintática ascendente

analísadores LR

Na tabela, tem-se que:

- s_i indica "empilhar i "

- r_i indica "reduzir por regra i "

Exemplo:

s_5 : significa empilhar e ir para o estado 5

r_5 : significa reduz a produção 5

Estados	Ações						Transições		
	id	+	*	(	)	\$	E	T	F
0	s5			s4			1	2	3
1		s6				OK			
2		r2	s7		r2	r2			
3		r4	r4		r4	r4			
4	s5			s4			8	2	3
5		r6	r6		r6	r6			
6	s5			s4				9	3
7	s5			s4					10
8		s6			s11				
9		r1	s7		r1	r1			
10		r3	r3		r3	r3			
11		r5	r5		r5	r5			

- (1) $\langle E \rangle ::= \langle E \rangle + \langle T \rangle$
- (2) $\langle E \rangle ::= \langle T \rangle$
- (3) $\langle T \rangle ::= \langle T \rangle * \langle F \rangle$
- (4) $\langle T \rangle ::= \langle F \rangle$
- (5) $\langle F \rangle ::= (\langle E \rangle)$
- (6) $\langle F \rangle ::= id$

Pilha	Cadeia	Regra
0	id*id+id\$	s5
0id5	*id+id\$	r6
0F3	*id+id\$	r4
0T2	*id+id\$	s7
0T2*7	id+id\$	s5
0T2*7id5	+id\$	r6
0T2*7F10	+id\$	r3
0T2	+id\$	r2
0E1	+id\$	s6



Análise sintática ascendente

analísadores LR

Na tabela, tem-se que:

- s_i indica "empilhar i "

- r_i indica "reduzir por regra i "

Exemplo:

s_5 : significa empilhar e ir para o estado 5

r_5 : significa reduzir a produção 5

Estados	Ações						Transições		
	id	+	*	(	)	\$	E	T	F
0	s_5			s_4			1	2	3
1		s_6				OK			
2		r_2	s_7		r_2	r_2			
3		r_4	r_4		r_4	r_4			
4	s_5			s_4			8	2	3
5		r_6	r_6		r_6	r_6			
6	s_5			s_4				9	3
7	s_5			s_4					10
8		s_6			s_{11}				
9		r_1	s_7		r_1	r_1			
10		r_3	r_3		r_3	r_3			
11		r_5	r_5		r_5	r_5			

- (1) $\langle E \rangle ::= \langle E \rangle + \langle T \rangle$
- (2) $\langle E \rangle ::= \langle T \rangle$
- (3) $\langle T \rangle ::= \langle T \rangle * \langle F \rangle$
- (4) $\langle T \rangle ::= \langle F \rangle$
- (5) $\langle F \rangle ::= (\langle E \rangle)$
- (6) $\langle F \rangle ::= id$

Pilha	Cadeia	Regra
0	id*id+id\$	s_5
0id5	*id+id\$	r_6
0F3	*id+id\$	r_4
0T2	*id+id\$	s_7
0T2*7	id+id\$	s_5
0T2*7id5	+id\$	r_6
0T2*7F10	+id\$	r_3
0T2	+id\$	r_2
0E1	+id\$	s_6
0E1+6	id\$	s_5

Análise sintática ascendente

analísadores LR

Na tabela, tem-se que:

- s_i indica "empilhar i "

- r_i indica "reduzir por regra i "

Exemplo:

s_5 : significa empilhar e ir para o estado 5

r_5 : significa reduzir a produção 5

Estados	Ações						Transições		
	id	+	*	(	)	\$	E	T	F
0	s5			s4			1	2	3
1		s6				OK			
2		r2	s7		r2	r2			
3		r4	r4		r4	r4			
4	s5			s4			8	2	3
5		r6	r6		r6	r6			
6	s5			s4				9	3
7	s5			s4					10
8		s6			s11				
9		r1	s7		r1	r1			
10		r3	r3		r3	r3			
11		r5	r5		r5	r5			

- (1) $\langle E \rangle ::= \langle E \rangle + \langle T \rangle$
- (2) $\langle E \rangle ::= \langle T \rangle$
- (3) $\langle T \rangle ::= \langle T \rangle * \langle F \rangle$
- (4) $\langle T \rangle ::= \langle F \rangle$
- (5) $\langle F \rangle ::= (\langle E \rangle)$
- (6) $\langle F \rangle ::= id$

Pilha	Cadeia	Regra
0	id*id+id\$	s5
0id5	*id+id\$	r6
0F3	*id+id\$	r4
0T2	*id+id\$	s7
0T2*7	id+id\$	s5
0T2*7id5	+id\$	r6
0T2*7F10	+id\$	r3
0T2	+id\$	r2
0E1	+id\$	s6
0E1+6	id\$	s5
0E1+6id5	\$	r6

Análise sintática ascendente

analísadores LR

Na tabela, tem-se que:

- s_i indica "empilhar i "

- r_i indica "reduzir por regra i "

Exemplo:

s_5 : significa empilhar e ir para o estado 5

r_5 : significa reduzir a produção 5

Estados	Ações						Transições		
	id	+	*	(	)	\$	E	T	F
0	s5			s4			1	2	3
1		s6				OK			
2		r2	s7		r2	r2			
3		r4	r4		r4	r4			
4	s5			s4			8	2	3
5		r6	r6		r6	r6			
6	s5			s4				9	3
7	s5			s4					10
8		s6			s11				
9		r1	s7		r1	r1			
10		r3	r3		r3	r3			
11		r5	r5		r5	r5			

- (1) $\langle E \rangle ::= \langle E \rangle + \langle T \rangle$
- (2) $\langle E \rangle ::= \langle T \rangle$
- (3) $\langle T \rangle ::= \langle T \rangle * \langle F \rangle$
- (4) $\langle T \rangle ::= \langle F \rangle$
- (5) $\langle F \rangle ::= (\langle E \rangle)$
- (6) $\langle F \rangle ::= id$

Pilha	Cadeia	Regra
0	id*id+id\$	s5
0id5	*id+id\$	r6
0F3	*id+id\$	r4
0T2	*id+id\$	s7
0T2*7	id+id\$	s5
0T2*7id5	+id\$	r6
0T2*7F10	+id\$	r3
0T2	+id\$	r2
0E1	+id\$	s6
0E1+6	id\$	s5
0E1+6id5	\$	r6
0E1+6F3	\$	r4



Análise sintática ascendente

analísadores LR

Na tabela, tem-se que:

- s_i indica "empilhar i "

- r_i indica "reduzir por regra i "

Exemplo:

s5: significa empilhar e ir para o estado 5

r5: significa reduzir a produção 5

Estados	Ações						Transições		
	id	+	*	(	)	\$	E	T	F
0	s5			s4			1	2	3
1		s6				OK			
2		r2	s7		r2	r2			
3		r4	r4		r4	r4			
4	s5			s4			8	2	3
5		r6	r6		r6	r6			
6	s5			s4				9	3
7	s5			s4					10
8		s6			s11				
9		r1	s7		r1	r1			
10		r3	r3		r3	r3			
11		r5	r5		r5	r5			

- (1) $\langle E \rangle ::= \langle E \rangle + \langle T \rangle$
- (2) $\langle E \rangle ::= \langle T \rangle$
- (3) $\langle T \rangle ::= \langle T \rangle * \langle F \rangle$
- (4) $\langle T \rangle ::= \langle F \rangle$
- (5) $\langle F \rangle ::= (\langle E \rangle)$
- (6) $\langle F \rangle ::= id$

Pilha	Cadeia	Regra
0	id*id+id\$	s5
0id5	*id+id\$	r6
0F3	*id+id\$	r4
0T2	*id+id\$	s7
0T2*7	id+id\$	s5
0T2*7id5	+id\$	r6
0T2*7F10	+id\$	r3
0T2	+id\$	r2
0E1	+id\$	s6
0E1+6	id\$	s5
0E1+6id5	\$	r6
0E1+6F3	\$	r4
0E1+6T9	\$	r1



Análise sintática ascendente

analisadores LR

Na tabela, tem-se que:

- s_i indica "empilhar i "

- r_i indica "reduzir por regra i "

Exemplo:

s5: significa empilhar e ir para o estado 5

r5: significa reduzir a produção 5

Estados	Ações						Transições		
	id	+	*	(	)	\$	E	T	F
0	s5			s4			1	2	3
1		s6				OK			
2		r2	s7		r2	r2			
3		r4	r4		r4	r4			
4	s5			s4			8	2	3
5		r6	r6		r6	r6			
6	s5			s4				9	3
7	s5			s4					10
8		s6			s11				
9		r1	s7		r1	r1			
10		r3	r3		r3	r3			
11		r5	r5		r5	r5			

- (1) $\langle E \rangle ::= \langle E \rangle + \langle T \rangle$
- (2) $\langle E \rangle ::= \langle T \rangle$
- (3) $\langle T \rangle ::= \langle T \rangle * \langle F \rangle$
- (4) $\langle T \rangle ::= \langle F \rangle$
- (5) $\langle F \rangle ::= (\langle E \rangle)$
- (6) $\langle F \rangle ::= id$

Pilha	Cadeia	Regra
0	id*id+id\$	s5
0id5	*id+id\$	r6
0F3	*id+id\$	r4
0T2	*id+id\$	s7
0T2*7	id+id\$	s5
0T2*7id5	+id\$	r6
0T2*7F10	+id\$	r3
0T2	+id\$	r2
0E1	+id\$	s6
0E1+6	id\$	s5
0E1+6id5	\$	r6
0E1+6F3	\$	r4
0E1+6T9	\$	r1
0E1	\$	OK



Análise sintática ascendente

analísadores LR

- ❑ Notem que
 - **Transições** são para símbolos **não terminais**
 - As **transições para os símbolos terminais** estão implícitas nas **ações**

- ❑ O **estado no topo da pilha oferece toda a informação** sobre o *handle* encontrado
 - Não é preciso percorrer a pilha para encontrar o *handle*
 - Eficiência

Análise sintática ascendente

analísadores LR

- ❑ Três técnicas para construir tabelas sintáticas para gramáticas LR
 - Simple LR (SLR)
 - ✓ Mais fácil de implementar, mas o menos poderoso
 - LR canônico
 - ✓ Mais complexo, mas mais poderoso
 - Look Ahead LR (LALR)
 - ✓ Complexidade e poder intermediários
- ❑ Tabelas possivelmente distintas para cada técnica, determinando o poder do analisador

Próxima aula....