

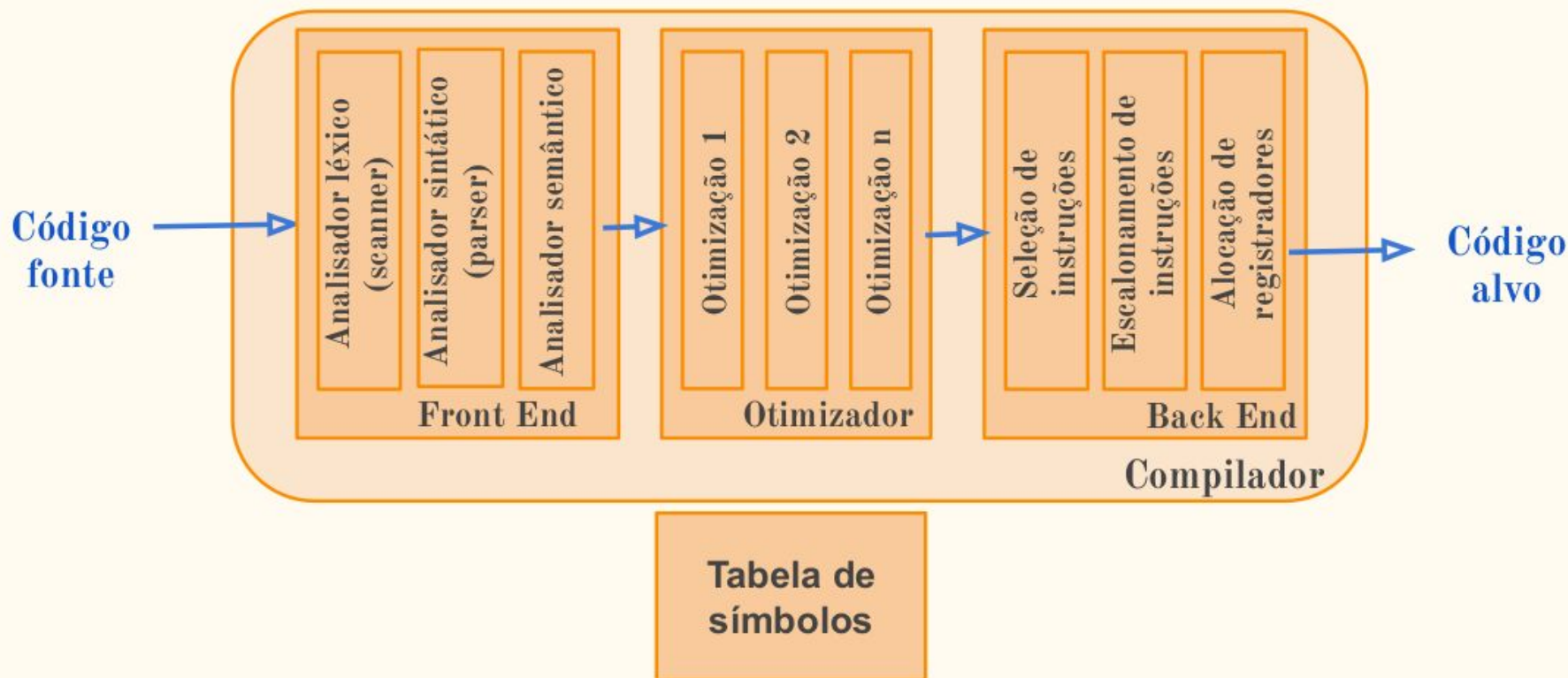
Análise Sintática (Parser)

Jacqueline Midlej

Analizador sintático (parser)

- Determina a estrutura sintática de um programa a partir dos tokens e lexemas produzidos pelo analisador léxico
- Produz uma representação dessa estrutura, em forma de árvore:
 - árvore gramatical
 - árvore sintática abstrata

Estrutura do compilador - Detalhada





Analizador sintático

- Recebe uma seqüência de tokens do analisador léxico e determina se a string (código fonte) pode ser gerada através da **gramática da linguagem fonte**
- É esperado ainda que ele reporte **erros**
- Seja capaz de se recuperar de erros comuns, continuando a processar a entrada

Erros reportados na análise léxica (passo anterior)

- Variáveis com caracteres especiais, iniciada por números....
 - Dado que a construção de nomes de variáveis apenas permite: letras seguidos de letras ou números
- Números mal formados: 10.1.1
- O que não é detectado como erro?

Erros reportados na análise léxica (passo anterior)

- Variáveis com caracteres especiais, iniciada por números....
 - Dado que a construção de nomes de variáveis apenas permite: letras seguidos de letras ou números
- Números mal formados: 10.1.1
- O que não é detectado como erro?
 - `fi (a+b==0) then`
 - `fi` é lido com o `tk_id` (nome de variável)
 - `a + + b`
 - tokens: `tk_id`, `tk_soma`, `tk_soma`, `tk_id`

Erros reportados na análise léxica (passo anterior)

- Variáveis com caracteres especiais, iniciada por números....
 - Dado que a construção de nomes de variáveis apenas permite: letras seguidos de letras ou números
- Números mal formados: 10.1.1
- O que não é detectado como erro?
 - `fi (a+b==0) then`
 - `fi` é lido com o `tk_id` (nome de variável)
 - `a + + b`
 - tokens: `tk_id`, `tk_soma`, `tk_soma`, `tk_id`

Todos
detectados
nessa etapa
de análise
sintática

Erros reportados na análise sintática

- Palavras-chave/reservadas na ordem correta
- Operações com nro correto de operandos
- sub-rotinas chamadas com parâmetros corretos
- parênteses balanceados
- etc

Tratamento de erros

- Considerações gerais:
 - Linguagens de programação não são projetadas com tratamento de erros em mente
 - A especificação da linguagem não descreve como o compilador deve responder a erros
 - Tarefa delegada ao projetista do compilador
- Erros sintáticos são mais frequentes
- Erros sintáticos são mais fáceis de detectar que erros semânticos e lógicos

Tratamento de erros

Metas de um tratador de erros:

- Ser rápido
- Relatar erros com clareza e precisão
 - Posição no programa fonte (linha e coluna)
 - Natureza do erro
- Detectar erros o mais cedo possível
 - Alguns erros só são detectáveis muito depois de terem ocorrido
 - A natureza exata do erro pode ser obscura

Tratamento de erros

Metas de um tratador de erros:

- Recuperar-se de um erro e prosseguir
- Tentar adivinhar a intenção do programador
- Evitar introdução de erros espúrios (falsos)
 - Pode ser necessário inibir mensagens de erro detectados em proximidade na entrada

Mecanismos sofisticados de recuperação de erro raramente valem a pena o esforço de programação

Estratégias de correção de erros

Método de desespero

- Método mais simples de todos
- Ao encontrar um erro o parser descarta tokens da entrada até encontrar um token de sincronização – normalmente delimitadores (ponto-e-vírgula, end, etc)
- Com frequência pula uma parte considerável da entrada sem verificá-la

Estratégias de correção de erros

Recuperação de frases

- Ao encontrar um erro o parser realiza uma correção local na entrada restante
- Substituição de um prefixo da entrada restante com uma cadeia que permita ao parser prosseguir

Exemplos:

- Substituir uma vírgula por um ponto-e-vírgula
- Remover um ponto-e-vírgula estranho
- Inserir um ponto-e-vírgula ausente
- Problemático quando o erro é detectado após a ocorrência

Estratégias de correção de erros

Produções de erro

- Exige uma ideia prévia dos erros que podem ser encontrados com frequência
- Aumenta-se a gramática da linguagem com produções que geram construções ilegais
- Usa-se essa gramática aumentada para a construção do parser
- Ao utilizar uma produção de erro, o parser gera diagnósticos precisos e realiza correções apropriadas

Estratégias de correção de erros

Correção global

- Idealmente o compilador realizaria um mínimo de correções ao processar uma entrada ilegal
- Existem algoritmos para escolher uma sequência mínima de mudanças de modo a obter uma correção global de menor custo
- O programa correto mais próximo pode não ser o que o programador tinha em mente
- Método de interesse apenas teórico por ser custoso de implementar

Gramática

- ERs são boas para definir a estrutura léxica de maneira declarativa
- Não são poderosas o suficiente para conseguir definir declarativamente a estrutura sintática de linguagens de programação
- Usaremos gramática para esse caso

Gramática

- ERs são boas para definir a estrutura léxica de maneira declarativa
- Não são poderosas o suficiente para conseguir definir declarativamente a estrutura sintática de linguagens de programação
- Usaremos gramática para esse caso

Expressão regular

*número = dígito dígito **

dígito = 0 | 1 | 2 | ... | 9

Gramática equivalente

número → dígitos

dígitos → dígitos dígito | dígito

dígito → 0 | 1 | 2 | ... | 9

Por que ER não é suficiente para expressar a sintaxe de uma linguagem de programação?

- Seja o exemplo de uma ER:

expr \rightarrow ab(c|d)e

Por que ER não é suficiente para expressar a sintaxe de uma linguagem de programação?

- Seja o exemplo de uma ER:

expr \rightarrow ab(c|d)e

Vamos dar nomes a partes da ER?

Por que ER não é suficiente para expressar a sintaxe de uma linguagem de programação?

- Seja o exemplo de uma ER:

expr \rightarrow ab(c|d)e

====>

aux \rightarrow c | d

expr \rightarrow a b **aux** e

Por que ER não é suficiente para expressar a sintaxe de uma linguagem de programação?

- Outro exemplo:

digits \rightarrow $[0-9]^+$

sum \rightarrow (**digits** '+')* **digits**

Por que ER não é suficiente para expressar a sintaxe de uma linguagem de programação?

- Outro exemplo:

digits $\rightarrow [0-9]^+$

sum $\rightarrow (\text{digits } '+')^* \text{digits}$

- Implementação: O analisador léxico substitui os nomes das ERs antes de traduzir para um autômato finito
- $\text{sum} \rightarrow ([0-9]^+ '+')^* [0-9]^+$

Por que ER não é suficiente para expressar a sintaxe de uma linguagem de programação?

- Outro exemplo:

digits \rightarrow $[0-9]^+$

sum \rightarrow (**digits** '+')^{*} **digits**

- Implementação: O analisador léxico substitui os nomes das ERs antes de traduzir para um autômato finito
- $\text{sum} \rightarrow ([0-9]^+ '+')^* [0-9]^+$

Por que ER não é suficiente para expressar a sintaxe de uma linguagem de programação?

- Outro exemplo:

digits \rightarrow $[0-9]^+$

sum \rightarrow (**digits** '+')* **digits**

- sum reconhece: 10 , 10 + 2 , 123 + 1 + 35

Por que ER não é suficiente para expressar a sintaxe de uma linguagem de programação?

É possível usar a mesma ideia para definir uma linguagem para expressões que tenham parênteses balanceados?

$(1+(245+2))$

Por que ER não é suficiente para expressar a sintaxe de uma linguagem de programação?

É possível usar a mesma idéia para definir uma linguagem para expressões que tenham parênteses balanceados?

$(1+(245+2))$

Tentativa:

$\text{digits} \rightarrow [0-9]^+$

$\text{sum} \rightarrow \text{expr} \text{ '+' } \text{expr}$

$\text{expr} \rightarrow \text{'(' sum ' '} \mid \text{digits}$

Por que ER não é suficiente para expressar a sintaxe de uma linguagem de programação?

- digits = [0-9]⁺
 - **sum** = expr “+” expr
 - expr = “(“ **sum** “)” | digits
 - O analisador léxico substituiria *sum* em *expr*:
 - **expr** = “(“ **expr** “+” expr “)” | digits
 - Depois substituiria *expr* no próprio *expr*:
 - expr = “(“ “(“ **expr** “+” **expr** “)” | **digits** “+” expr “)” | digits
- O que está ocorrendo aqui?

Por que ER não é suficiente para expressar a sintaxe de uma linguagem de programação?

- Nomes não acrescentam a ERs o poder de expressar recursão.
- É isso que precisamos para expressar a recursão mútua entre `sum` e `expr`

A gramática traz isso!

Parser - Algoritmos

- Algoritmos para reconhecer a estrutura sintática.
- Algoritmos para processar a entrada e checar reconhecimento pela gramática que descreve as regras sintáticas
- **Backtracking**

Custoso!

- **LL - Preditivo - não tem recursão!**

Pode precisar reescrever a gramática

Faz derivação da gramática de maneira mais eficiente!

LL(k)

- Método iterativo, ou seja, não recursivo
- Tenta prever a estrutura sintática da entrada usando um ou mais tokens lookahead
- Método obsoleto, porém útil como estudo de caso: método simples com uma pilha de estados e símbolos explicitamente gerenciada

LL(k)

Significado de LL(k)

- O primeiro L significa leitura da entrada da esquerda para a direita (left to right)
- O segundo L significa construir uma derivação mais à esquerda (leftmost)
- O k significa o tamanho do lookahead (nro de tokens usados para tomar decisões durante a análise sintática)

LL(k)

- Para que seja possível obter um parser LL(k) a **gramática precisa:**
 - **Não ser ambígua;**
 - **Não ter recursão a esquerda**

LL(k)

- Para que seja possível obter um parser LL(k) a **gramática precisa:**
 - **Não ser ambígua;**
 - **Não ter recursão a esquerda**

$$E \rightarrow E + T$$

$$E \rightarrow T$$

(...)

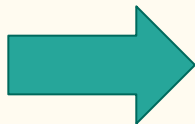
LL(k)

- Para que seja possível obter um parser LL(k) a **gramática precisa:**
 - **Não ser ambígua;**
 - **Não ter recursão a esquerda**

$$E \rightarrow E + T$$

$$E \rightarrow T$$

(...)



**Transformar
para recursão
à direita**

$$E \rightarrow T E'$$

$$E' \rightarrow + T E'$$

$$E \rightarrow$$

(...)

LL(k)

- Transformação para recursão à direita. Regra geral:

$$\begin{pmatrix} X \rightarrow X \gamma_2 \\ X \rightarrow \alpha_2 \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{pmatrix} X \rightarrow \alpha_2 X' \\ X' \rightarrow \gamma_2 X' \\ X' \rightarrow \end{pmatrix}$$

LL(k)

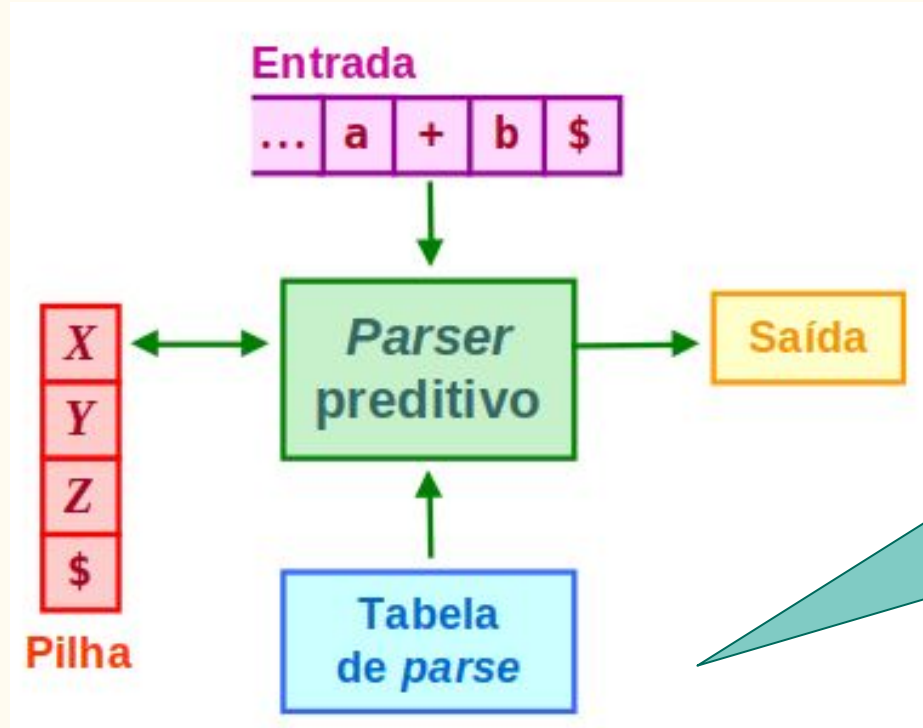
- Transformação para recursão à direita. Regra geral:

$$\begin{pmatrix} X \rightarrow X \gamma_1 \\ X \rightarrow X \gamma_2 \\ X \rightarrow \alpha_1 \\ X \rightarrow \alpha_2 \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{pmatrix} X \rightarrow \alpha_1 X' \\ X \rightarrow \alpha_2 X' \\ X' \rightarrow \gamma_1 X' \\ X' \rightarrow \gamma_2 X' \\ X' \rightarrow \end{pmatrix}$$

LL(k)



LL(k)



Determina qual regra da gramática usar, para cada token da entrada

Tabela de parser

	id	+	*	()	\$
E	$E \rightarrow T E'$			$E \rightarrow T E'$		
E'		$E' \rightarrow + T E'$			$E' \rightarrow \epsilon$	$E' \rightarrow \epsilon$
T	$T \rightarrow F T'$			$T \rightarrow F T'$		
T'		$T' \rightarrow \epsilon$	$T' \rightarrow * F T'$		$T' \rightarrow \epsilon$	$T' \rightarrow \epsilon$
F	$F \rightarrow \text{id}$			$F \rightarrow (E)$		

Tabela de parser

- Algoritmo:

	id	+	*	()	\$
E	$E \rightarrow T E'$			$E \rightarrow T E'$		
E'		$E' \rightarrow + T E'$			$E' \rightarrow \epsilon$	$E' \rightarrow \epsilon$
T	$T \rightarrow F T'$			$T \rightarrow F T'$		
T'		$T' \rightarrow \epsilon$	$T' \rightarrow * F T'$		$T' \rightarrow \epsilon$	$T' \rightarrow \epsilon$
F	$F \rightarrow \text{id}$			$F \rightarrow (E)$		

Tabela de parser

- Algoritmo:
- 1. Inicia pilha com símbolo inicial: E

	id	+	*	()	\$
E	$E \rightarrow T E'$			$E \rightarrow T E'$		
E'		$E' \rightarrow + T E'$			$E' \rightarrow \epsilon$	$E' \rightarrow \epsilon$
T	$T \rightarrow F T'$			$T \rightarrow F T'$		
T'		$T' \rightarrow \epsilon$	$T' \rightarrow * F T'$		$T' \rightarrow \epsilon$	$T' \rightarrow \epsilon$
F	$F \rightarrow \text{id}$			$F \rightarrow (E)$		

Tabela de parser

- Algoritmo:
- 1. Inicia pilha com símbolo inicial: E
- 2. Baseado no símbolo da entrada e símbolo do topo da pilha, aplica regra da tabela.
 - Ex: se símbolo da entrada é id, símbolo do topo da pilha é E, então: desempilha topo (E) e empilha parte direita da regra (do fim para começo E' T)
 - Se não há transição na tabela, reportar erro! Encerra programa! (Ou tratamento de erro)

-

	id	+	*	()	\$
E	E → T E'			E → T E'		
E'		E' → + T E'			E' → ε	E' → ε
T	T → F T'			T → F T'		
T'		T' → ε	T' → * F T'		T' → ε	T' → ε
F	F → id			F → (E)		

Tabela de parser

- Algoritmo:
- 1. Inicia pilha com símbolo inicial: E
- 2. Baseado no símbolo da entrada e símbolo do topo da pilha, aplica regra da tabela.
- 3. Se topo da pilha igual ao símbolo da entrada, desempilha e consome entrada

	id	+	*	()	\$
E	$E \rightarrow T E'$			$E \rightarrow T E'$		
E'		$E' \rightarrow + T E'$			$E' \rightarrow \epsilon$	$E' \rightarrow \epsilon$
T	$T \rightarrow F T'$			$T \rightarrow F T'$		
T'		$T' \rightarrow \epsilon$	$T' \rightarrow * F T'$		$T' \rightarrow \epsilon$	$T' \rightarrow \epsilon$
F	$F \rightarrow \text{id}$			$F \rightarrow (E)$		

Tabela de parser

- Algoritmo:
- 1. Inicia pilha com símbolo inicial: E
- 2. Baseado no símbolo da entrada e símbolo do topo da pilha, aplica regra da tabela.
- 3. Se topo da pilha igual ao símbolo da entrada, desempilha e consome entrada
- Repetir passos 2 e 3 até final da entrada (\$)

	id	+	*	()	\$
E	$E \rightarrow T E'$			$E \rightarrow T E'$		
E'		$E' \rightarrow + T E'$			$E' \rightarrow \epsilon$	$E' \rightarrow \epsilon$
T	$T \rightarrow F T'$			$T \rightarrow F T'$		
T'		$T' \rightarrow \epsilon$	$T' \rightarrow * F T'$		$T' \rightarrow \epsilon$	$T' \rightarrow \epsilon$
F	$F \rightarrow \text{id}$			$F \rightarrow (E)$		

Tabela de parser

- Algoritmo:
- 1. Inicia pilha com símbolo inicial: E
- 2. Baseado no símbolo da entrada e símbolo do topo da pilha, aplica regra da tabela.
- 3. Se topo da pilha igual ao símbolo da entrada, desempilha e consome entrada
- Repetir passos 2 e 3 até final da entrada (\$)

	id	+	*	()	\$
E	$E \rightarrow T E'$			$E \rightarrow T E'$		
E'		$E' \rightarrow + T E'$			$E' \rightarrow \epsilon$	$E' \rightarrow \epsilon$
T	$T \rightarrow F T'$			$T \rightarrow F T'$		
T'		$T' \rightarrow \epsilon$	$T' \rightarrow * F T'$		$T' \rightarrow \epsilon$	$T' \rightarrow \epsilon$
F	$F \rightarrow \text{id}$			$F \rightarrow (E)$		

	id	+	*	()	\$
E	$E \rightarrow T E'$			$E \rightarrow T E'$		
E'		$E' \rightarrow + T E'$			$E' \rightarrow \epsilon$	$E' \rightarrow \epsilon$
T	$T \rightarrow F T'$			$T \rightarrow F T'$		
T'		$T' \rightarrow \epsilon$	$T' \rightarrow * F T'$		$T' \rightarrow \epsilon$	$T' \rightarrow \epsilon$
F	$F \rightarrow \text{id}$			$F \rightarrow (E)$		

Pilha	Entrada	Saída
\$ E	id + id * id \$	
\$ E' T	id + id * id \$	$E \rightarrow T E'$
\$ E' T' F	id + id * id \$	$T \rightarrow F T'$
\$ E' T' id	id + id * id \$	$F \rightarrow \text{id}$
\$ E' T'	+ id * id \$	
\$ E'	+ id * id \$	$T' \rightarrow \epsilon$
\$ E' T +	+ id * id \$	$E' \rightarrow + T E'$
\$ E' T	id * id \$	
\$ E' T' F	id * id \$	$T \rightarrow F T'$
\$ E' T' id	id * id \$	$F \rightarrow \text{id}$

	id	+	*	()	\$
E	$E \rightarrow T E'$			$E \rightarrow T E'$		
E'		$E' \rightarrow + T E'$			$E' \rightarrow \epsilon$	$E' \rightarrow \epsilon$
T	$T \rightarrow F T'$			$T \rightarrow F T'$		
T'		$T' \rightarrow \epsilon$	$T' \rightarrow * F T'$		$T' \rightarrow \epsilon$	$T' \rightarrow \epsilon$
F	$F \rightarrow \text{id}$			$F \rightarrow (E)$		

Pilha	Entrada	Saída
\$ E' T' id	id * id \$	$F \rightarrow \text{id}$
\$ E' T'	* id \$	
\$ E' T' F *	* id \$	$T' \rightarrow * F T'$
\$ E' T' F	id \$	
\$ E' T' id	id \$	$F \rightarrow \text{id}$
\$ E' T'	\$	
\$ E'	\$	$T' \rightarrow \epsilon$
\$	\$	$E' \rightarrow \epsilon$

Atividade para treino

Mostrar pilha e árvore para seguinte tabela e entrada:

Gramática:

1. Stmt \rightarrow if Expr then Stmt else Stmt
2. Stmt \rightarrow while Expr do Stmt
3. Stmt \rightarrow begin Stmts end
4. Stmts \rightarrow Stmt ; Stmts
5. Stmts $\rightarrow \epsilon$
6. Expr \rightarrow id

Entrada:

```
while id do
    begin
        begin end ;
    end
$
```

[illegible]

Como montar a tabela??

- Vamos aprender primeiro, como montar o conjunto FIRST e FOLLOW
- o conjunto **First** para um símbolo da gramática a - $\text{FIRST}(a)$ - é o conjunto de terminais que podem aparecer no início de uma sentença derivada de a
 - o conjunto pode ser composto por: terminais, EOF e ϵ (vazio)

FIRST - Definição formal

Se α é um terminal, ϵ ou eof, então $\text{FIRST}(\alpha)$ tem exatamente um membro, α .

Para uma string $s = \beta_1 \beta_2 \beta_3 \dots \beta_n$, definimos $\text{FIRST}(s)$ como a união dos conjuntos FIRST para $\beta_1 \beta_2 \beta_3 \dots \beta_n$, onde β_n é o primeiro símbolo cujo conjunto FIRST não contém ϵ , e $\epsilon \in \text{FIRST}(s)$ se, e somente se, ele estiver no conjunto para cada um dos b_i , $1 \leq i \leq k$.

(Construindo Compiladores - Keith D. Cooper e Linda Torczon - 2ed - 2014)

FIRST - Minha maneira de tentar simplificar...

- Iniciamos pelos terminais, caso básico:

$$E \rightarrow T E'$$

$$E' \rightarrow + T E'$$

$$\rightarrow \epsilon$$

$$T \rightarrow F T'$$

$$T' \rightarrow * F T'$$

$$\rightarrow \epsilon$$

$$F \rightarrow (E)$$

$$\rightarrow id$$

FIRST - Minha maneira de tentar simplificar...

- Iniciamos pelos terminais, caso básico:

$E \rightarrow T E'$

$E' \rightarrow + T E'$

$\rightarrow \epsilon$

$T \rightarrow F T'$

$T' \rightarrow * F T'$

$\rightarrow \epsilon$

$F \rightarrow (E)$

$\rightarrow id$

$FIRST(id) = id$

$FIRST(()) = ($

$FIRST(*) = *$

$(...)$

FIRST - Minha maneira de tentar simplificar...

- Não terminais: olhar todas as regras
- se $A \rightarrow aXYZ$, $\text{first}(A) \leq a$ | se $A \rightarrow \epsilon$, $\text{first}(A) \leq \epsilon$
- se $A \rightarrow XYZ$, $\text{first}(A) \leq \text{first}(X)$, portanto, calcule $\text{first}(X)-\epsilon$ e adicione ao $\text{first}(A)$. Se $\text{first}(X)$ contém vazio, $\text{first}(A) \leq \text{first}(Y)-\epsilon$... assim sucessivamente. Se first de todos os não terminais a direita puderem ser vazios, $\text{first}(A) \leq \epsilon$

$E \rightarrow T E'$

$E' \rightarrow + T E'$

$\rightarrow \epsilon$

$T \rightarrow F T'$

$T' \rightarrow * F T'$

$\rightarrow \epsilon$

$F \rightarrow (E)$

$\rightarrow id$

FIRST

- Não terminais: olhar todas as regras
- se $A \rightarrow aXYZ$, $\text{first}(A) \leq a$ | se $A \rightarrow \epsilon$, $\text{first}(A) \leq \epsilon$
- se $A \rightarrow XYZ$, $\text{first}(A) \leq \text{first}(X)$, portanto, calcule $\text{first}(X)-\epsilon$ e adicione ao $\text{first}(A)$. Se $\text{first}(X)$ contém vazio, $\text{first}(A) \leq \text{first}(Y)-\epsilon$... assim sucessivamente. Se first de todos os não terminais a direita puderem ser vazios, $\text{first}(A) \leq \epsilon$

$E \rightarrow T E'$

$E' \rightarrow + T E'$

$\rightarrow \epsilon$

$T \rightarrow F T'$

$T' \rightarrow * F T'$

$\rightarrow \epsilon$

$F \rightarrow (E)$

$\rightarrow \text{id}$

$\text{FIRST}(F) = \{ \text{id}, (\}$

FIRST

- Não terminais: olhar todas as regras
- se $A \rightarrow aXYZ$, $\text{first}(A) \leq a$ | se $A \rightarrow \epsilon$, $\text{first}(A) \leq \epsilon$
- se $A \rightarrow XYZ$, $\text{first}(A) \leq \text{first}(X)$, portanto, calcule $\text{first}(X) - \epsilon$ e adicione ao $\text{first}(A)$. Se $\text{first}(X)$ contém vazio, $\text{first}(A) \leq \text{first}(Y) - \epsilon$... assim sucessivamente. Se first de todos os não terminais a direita puderem ser vazios, $\text{first}(A) \leq \epsilon$

-
 $E \rightarrow T E'$
 $E' \rightarrow + T E'$
 $\rightarrow \epsilon$
 $T \rightarrow F T'$
 $T' \rightarrow * F T'$
 $\rightarrow \epsilon$
 $F \rightarrow (E)$
 $\rightarrow id$

$\text{FIRST}(F) = \{ id, (\}$
 $\text{FIRST}(T') = \{ *, \epsilon \}$

FIRST

- Não terminais: olhar todas as regras
- se $A \rightarrow aXYZ$, $\text{first}(A) \leq a$ | se $A \rightarrow \epsilon$, $\text{first}(A) \leq \epsilon$
- se $A \rightarrow XYZ$, $\text{first}(A) \leq \text{first}(X)$, portanto, calcule $\text{first}(X) - \epsilon$ e adicione ao $\text{first}(A)$. Se $\text{first}(X)$ contém vazio, $\text{first}(A) \leq \text{first}(Y) - \epsilon$... assim sucessivamente. Se first de todos os não terminais a direita puderem ser vazios, $\text{first}(A) \leq \epsilon$

$E \rightarrow T E'$

$E' \rightarrow + T E'$

$\rightarrow \epsilon$

$T \rightarrow F T'$

$T' \rightarrow * F T'$

$\rightarrow \epsilon$

$F \rightarrow (E)$

$\rightarrow id$

$\text{FIRST}(F) = \{ id, (\}$

$\text{FIRST}(T') = \{ *, \epsilon \}$

$\text{FIRST}(T) = \text{FIRST}(F) = \{ id, (\}$

FIRST

- Não terminais: olhar todas as regras
- se $A \rightarrow aXYZ$, $\text{first}(A) \leq a$ | se $A \rightarrow \varepsilon$, $\text{first}(A) \leq \varepsilon$
- se $A \rightarrow XYZ$, $\text{first}(A) \leq \text{first}(X)$, portanto, calcule $\text{first}(X)-\varepsilon$ e adicione ao $\text{first}(A)$. Se $\text{first}(X)$ contém vazio, $\text{first}(A) \leq \text{first}(Y)-\varepsilon$... assim sucessivamente. Se first de todos os não terminais a direita puderem ser vazios, $\text{first}(A) \leq \varepsilon$

$E \rightarrow T E'$

$E' \rightarrow + T E'$

$\rightarrow \varepsilon$

$T \rightarrow F T'$

$T' \rightarrow * F T'$

$\rightarrow \varepsilon$

$F \rightarrow (E)$

$\rightarrow id$

$\text{FIRST}(F) = \{ id, (\}$

$\text{FIRST}(T') = \{ *, \varepsilon \}$

$\text{FIRST}(T) = \text{FIRST}(F) = \{ id, (\}$

$\text{FIRST}(E') = \{ +, \varepsilon \}$

FIRST

- Não terminais: olhar todas as regras
- se $A \rightarrow \mathbf{a}XYZ$, $\text{first}(A) \leq \mathbf{a}$ | se $A \rightarrow \epsilon$, $\text{first}(A) \leq \epsilon$
- se $A \rightarrow XYZ$, $\text{first}(A) \leq \text{first}(X)$, portanto, calcule $\text{first}(X)-\epsilon$ e adicione ao $\text{first}(A)$. Se $\text{first}(X)$ contém vazio, $\text{first}(A) \leq \text{first}(Y)-\epsilon...$ assim sucessivamente. Se first de todos os não terminais a direita puderem ser vazios, $\text{first}(A) \leq \epsilon$

E \rightarrow **T** **E'**

E' \rightarrow **+** **T** **E'**

$\rightarrow \epsilon$

T \rightarrow **F** **T'**

T' \rightarrow ***** **F** **T'**

$\rightarrow \epsilon$

F \rightarrow **(** **E** **)**

\rightarrow **id**

FIRST (F) = { id, (}

FIRST (T') = { *, ϵ }

FIRST (T) = **FIRST**(F) = { id, (}

FIRST (E') = { +, ϵ }

FIRST (E) = **FIRST**(T) = { id, (}

Exercício - FIRST

$$S' \rightarrow S \$$$

$$S \rightarrow (L)$$

$$S \rightarrow a$$

$$L \rightarrow SL'$$

$$L' \rightarrow , SL'$$

$$L' \rightarrow$$

Exercício - FIRST

3)

$A \rightarrow aA$

$A \rightarrow$

$B \rightarrow AbB$

$B \rightarrow$

$C \rightarrow BcB$

$D \rightarrow ABC$

$E \rightarrow AB$

1) $S \rightarrow Ab \mid ABc$

$B \rightarrow bB \mid Ad \mid \epsilon$

$A \rightarrow aA \mid \epsilon$

2) $S \rightarrow ABC$

$A \rightarrow aA \mid \epsilon$

$B \rightarrow bB \mid ACd$

$C \rightarrow cC \mid \epsilon$

FOLLOW

- Para um não-terminal **B**, **FOLLOW(B)** contém o conjunto de palavras que podem ocorrer imediatamente após **B** em uma sentença

FOLLOW

- Para um não-terminal **B**, **FOLLOW(B)** contém o conjunto de palavras que podem ocorrer imediatamente após **B** em uma sentença
- Regras para montar **FOLLOW (B)**:

FOLLOW

- Para um não-terminal **B**, **FOLLOW(B)** contém o conjunto de palavras que podem ocorrer imediatamente após **B** em uma sentença
- Regras para montar **FOLLOW (B)**:
 1. FOLLOW do símbolo inicial contém \$ (caractere de fim de sentença)

FOLLOW

- Para um não-terminal **B**, **FOLLOW(B)** contém o conjunto de palavras que podem ocorrer imediatamente após **B** em uma sentença
- Regras para montar **FOLLOW (B)**:
 1. FOLLOW do símbolo inicial contém \$ (caractere de fim de sentença)
 2. Para $A \rightarrow x B y$ ou $A \rightarrow B y$ (ou seja, B não está no fim)
$$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FIRST}(y)$$

FOLLOW

- Para um não-terminal **B**, **FOLLOW(B)** contém o conjunto de palavras que podem ocorrer imediatamente após **B** em uma sentença
- Regras para montar **FOLLOW (B)**:
 1. FOLLOW do símbolo inicial contém \$ (caractere de fim de sentença)
 2. Para $A \rightarrow x B y$ ou $A \rightarrow B y$ (ou seja, B não está no fim)
$$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FIRST}(y)$$

se pode ser ϵ , então $\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

FOLLOW

- Para um não-terminal **B**, **FOLLOW(B)** contém o conjunto de palavras que podem ocorrer imediatamente após **B** em uma sentença
- Regras para montar **FOLLOW (B)**:
 1. FOLLOW do símbolo inicial contém \$ (caractere de fim de sentença)
 2. Para $A \rightarrow x B y$ ou $A \rightarrow B y$ (ou seja, B não está no fim)
$$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FIRST}(y)$$

se pode ser ϵ , então $\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$
 3. Para $A \rightarrow x B$ (ou seja, B no fim)
$$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$$

FOLLOW - Exemplo

VAZIO

nao $\text{FIRST}(F) = \{ \text{id}, (\}$
sim $\text{FIRST}(T') = \{ * \}$
nao $\text{FIRST}(T) = \{ \text{id}, (\}$
sim $\text{FIRST}(E') = \{ + \}$
nao $\text{FIRST}(E) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FOLLOW}(E) = \{ \}$
 $\text{FOLLOW}(E') = \{ \}$
 $\text{FOLLOW}(T) = \{ \}$
 $\text{FOLLOW}(T') = \{ \}$
 $\text{FOLLOW}(F) = \{ \}$

$E \rightarrow T E'$
 $E' \rightarrow + T E'$
 $\rightarrow \epsilon$
 $T \rightarrow F T'$
 $T' \rightarrow * F T'$
 $\rightarrow \epsilon$
 $F \rightarrow (E)$
 $\rightarrow \text{id}$

1. FOLLOW do símbolo inicial contém \$
2. Para $A \rightarrow x B y$ ou $A \rightarrow B y$ (ou seja, **B não está no fim**)
 $\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FIRST}(y)$
se pode ser ϵ , então $\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$
3. Para $A \rightarrow x B$ (ou seja, **B no fim**)
 $\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

FOLLOW - Exemplo

Regra 1

VAZIO

nao $\text{FIRST}(F) = \{ \text{id}, (\}$

sim $\text{FIRST}(T') = \{ * \}$

nao $\text{FIRST}(T) = \{ \text{id}, (\}$

sim $\text{FIRST}(E') = \{ + \}$

nao $\text{FIRST}(E) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FOLLOW}(E) = \{ \$ \}$

$\text{FOLLOW}(E') = \{ \}$

$\text{FOLLOW}(T) = \{ \}$

$\text{FOLLOW}(T') = \{ \}$

$\text{FOLLOW}(F) = \{ \}$

$E \rightarrow T E'$

$E' \rightarrow + T E'$

$\rightarrow \epsilon$

$T \rightarrow F T'$

$T' \rightarrow * F T'$

$\rightarrow \epsilon$

$F \rightarrow (E)$

$\rightarrow \text{id}$

1. FOLLOW do símbolo inicial contém \$

2. Para $A \rightarrow x B y$ ou $A \rightarrow B y$ (ou seja, **B não está no fim**)

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FIRST}(y)$

se pode ser ϵ , então $\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

3. Para $A \rightarrow x B$ (ou seja, **B no fim**)

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

FOLLOW - Exemplo

VAZIO

nao $\text{FIRST}(F) = \{ \text{id}, (\}$

sim $\text{FIRST}(T') = \{ * \}$

nao $\text{FIRST}(T) = \{ \text{id}, (\}$

sim $\text{FIRST}(E') = \{ + \}$

nao $\text{FIRST}(E) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FOLLOW}(E) = \{ \$ \}$

$\text{FOLLOW}(E') = \{ \}$

$\text{FOLLOW}(T) = \{ \}$

$\text{FOLLOW}(T') = \{ \}$

$\text{FOLLOW}(F) = \{ \}$

Regra 2:

$A \rightarrow x B y$

$F \rightarrow (E)$

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FIRST}(y)$

$\text{FOLLOW}(E) \leq \text{FIRST}()$

$E \rightarrow T E'$

$E' \rightarrow + T E'$

$\rightarrow \epsilon$

$T \rightarrow F T'$

$T' \rightarrow * F T'$

$\rightarrow \epsilon$

$F \rightarrow (E)$

$\rightarrow \text{id}$

1. FOLLOW do símbolo inicial contém \$

2. Para $A \rightarrow x B y$ ou $A \rightarrow B y$ (ou seja, **B não está no fim**)

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FIRST}(y)$

se pode ser ϵ , então $\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

3. Para $A \rightarrow x B$ (ou seja, **B no fim**)

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

FOLLOW - Exemplo

VAZIO

nao $\text{FIRST}(F) = \{ \text{id}, (\}$

sim $\text{FIRST}(T') = \{ * \}$

nao $\text{FIRST}(T) = \{ \text{id}, (\}$

sim $\text{FIRST}(E') = \{ + \}$

nao $\text{FIRST}(E) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FOLLOW}(E) = \{ \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(E') = \{ \}$

$\text{FOLLOW}(T) = \{ \}$

$\text{FOLLOW}(T') = \{ \}$

$\text{FOLLOW}(F) = \{ \}$

Regra 2:

$A \rightarrow x B y$

$F \rightarrow (E)$

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FIRST}(y)$

$\text{FOLLOW}(E) \leq \text{FIRST}()$

$E \rightarrow T E'$

$E' \rightarrow + T E'$

$\rightarrow \epsilon$

$T \rightarrow F T'$

$T' \rightarrow * F T'$

$\rightarrow \epsilon$

$F \rightarrow (E)$

$\rightarrow \text{id}$

1. FOLLOW do símbolo inicial contém $\$$

2. Para $A \rightarrow x B y$ ou $A \rightarrow B y$ (ou seja, **B não está no fim**)

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FIRST}(y)$

se pode ser ϵ , então $\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

3. Para $A \rightarrow x B$ (ou seja, **B no fim**)

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

FOLLOW - Exemplo

VAZIO

nao $\text{FIRST}(F) = \{ \text{id}, (\}$
sim $\text{FIRST}(T') = \{ * \}$
nao $\text{FIRST}(T) = \{ \text{id}, (\}$
sim $\text{FIRST}(E') = \{ + \}$
nao $\text{FIRST}(E) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FOLLOW}(E) = \{ \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(E') = \{ \}$

$\text{FOLLOW}(T) = \{ \}$

$\text{FOLLOW}(T') = \{ \}$

$\text{FOLLOW}(F) = \{ \}$

$E \rightarrow T E'$

$E' \rightarrow + T E'$

$\rightarrow \epsilon$

$T \rightarrow F T'$

$T' \rightarrow * F T'$

$\rightarrow \epsilon$

$F \rightarrow (E)$

$\rightarrow \text{id}$

1. FOLLOW do símbolo inicial contém \$

2. Para $A \rightarrow x B y$ ou $A \rightarrow B y$ (ou seja, **B não está no fim**)

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FIRST}(y)$

se pode ser ϵ , então $\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

3. Para $A \rightarrow x B$ (ou seja, **B no fim**)

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

FOLLOW - Exemplo

VAZIO

nao $\text{FIRST}(F) = \{ \text{id}, (\}$

sim $\text{FIRST}(T') = \{ * \}$

nao $\text{FIRST}(T) = \{ \text{id}, (\}$

sim $\text{FIRST}(E') = \{ + \}$

nao $\text{FIRST}(E) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FOLLOW}(E) = \{ \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(E') = \{ \}$

$\text{FOLLOW}(T) = \{ \}$

$\text{FOLLOW}(T') = \{ \}$

$\text{FOLLOW}(F) = \{ \}$

$E \rightarrow T E'$

$E' \rightarrow + T E'$

$\rightarrow \epsilon$

$T \rightarrow F T'$

$T' \rightarrow * F T'$

$\rightarrow \epsilon$

$F \rightarrow (E)$

$\rightarrow \text{id}$

1. FOLLOW do símbolo inicial contém \$

2. Para $A \rightarrow x B y$ ou $A \rightarrow B y$ (ou seja, **B não está no fim**)

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FIRST}(y)$

se pode ser ϵ , então $\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

3. Para $A \rightarrow x B$ (ou seja, **B no fim**)

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

FOLLOW - Exemplo

VAZIO

nao $\text{FIRST}(F) = \{ \text{id}, (\}$

sim $\text{FIRST}(T') = \{ * \}$

nao $\text{FIRST}(T) = \{ \text{id}, (\}$

sim $\text{FIRST}(E') = \{ + \}$

nao $\text{FIRST}(E) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FOLLOW}(E) = \{ \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(E') = \{ \}$

$\text{FOLLOW}(T) = \{ \}$

$\text{FOLLOW}(T') = \{ \}$

$\text{FOLLOW}(F) = \{ \}$

Regra 3:

$A \rightarrow x B$

$E \rightarrow T E'$

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

$\text{FOLLOW}(E') \leq \text{FOLLOW}(E)$

$E \rightarrow T E'$

$E' \rightarrow + T E'$

$\rightarrow \epsilon$

$T \rightarrow F T'$

$T' \rightarrow * F T'$

$\rightarrow \epsilon$

$F \rightarrow (E)$

$\rightarrow \text{id}$

1. FOLLOW do símbolo inicial contém $\$$

2. Para $A \rightarrow x B y$ ou $A \rightarrow B y$ (ou seja, **B não está no fim**)

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FIRST}(y)$

se pode ser ϵ , então $\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

3. Para $A \rightarrow x B$ (ou seja, **B no fim**)

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

FOLLOW - Exemplo

VAZIO

nao $\text{FIRST}(F) = \{ \text{id}, (\}$

sim $\text{FIRST}(T') = \{ * \}$

nao $\text{FIRST}(T) = \{ \text{id}, (\}$

sim $\text{FIRST}(E') = \{ + \}$

nao $\text{FIRST}(E) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FOLLOW}(E) = \{ \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(E') = \{ \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(T) = \{ \}$

$\text{FOLLOW}(T') = \{ \}$

$\text{FOLLOW}(F) = \{ \}$

$E \rightarrow T E'$

$E' \rightarrow + T E'$

$\rightarrow \epsilon$

$T \rightarrow F T'$

$T' \rightarrow * F T'$

$\rightarrow \epsilon$

$F \rightarrow (E)$

$\rightarrow \text{id}$

1. FOLLOW do símbolo inicial contém \$

2. Para $A \rightarrow x B y$ ou $A \rightarrow B y$ (ou seja, **B não está no fim**)

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FIRST}(y)$

se pode ser ϵ , então $\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

3. Para $A \rightarrow x B$ (ou seja, **B no fim**)

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

FOLLOW - Exemplo

VAZIO

nao $\text{FIRST}(F) = \{ \text{id}, (\}$

sim $\text{FIRST}(T') = \{ * \}$

nao $\text{FIRST}(T) = \{ \text{id}, (\}$

sim $\text{FIRST}(E') = \{ + \}$

nao $\text{FIRST}(E) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FOLLOW}(E) = \{ \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(E') = \{ \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(T) = \{ \}$

$\text{FOLLOW}(T') = \{ \}$

$\text{FOLLOW}(F) = \{ \}$

Regra 3:

$A \rightarrow \overset{x}{\text{ }} B$
 $E' \rightarrow \underbrace{+ T}_{\text{ }} E'$

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

$\text{FOLLOW}(E') \leq \text{FOLLOW}(E')$

$E \rightarrow T E'$

$E' \rightarrow + T E'$

$\rightarrow \epsilon$

$T \rightarrow F T'$

$T' \rightarrow * F T'$

$\rightarrow \epsilon$

$F \rightarrow (E)$

$\rightarrow \text{id}$

1. FOLLOW do símbolo inicial contém $\$$

2. Para $A \rightarrow x B y$ ou $A \rightarrow B y$ (ou seja, **B não está no fim**)

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FIRST}(y)$

se pode ser ϵ , então $\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

3. Para $A \rightarrow x B$ (ou seja, **B no fim**)

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

FOLLOW - Exemplo

VAZIO

nao $\text{FIRST}(F) = \{ \text{id}, (\}$

sim $\text{FIRST}(T') = \{ * \}$

nao $\text{FIRST}(T) = \{ \text{id}, (\}$

sim $\text{FIRST}(E') = \{ + \}$

nao $\text{FIRST}(E) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FOLLOW}(E) = \{ \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(E') = \{ \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(T) = \{ \}$

$\text{FOLLOW}(T') = \{ \}$

$\text{FOLLOW}(F) = \{ \}$

Regra 3:

$A \rightarrow \overset{x}{\quad} B$
 $E' \rightarrow \overset{+}{\quad} T E'$

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

~~$\text{FOLLOW}(E') \leq \text{FOLLOW}(E')$~~

$E \rightarrow T E'$

$E' \rightarrow + T E'$

$\rightarrow \epsilon$

$T \rightarrow F T'$

$T' \rightarrow * F T'$

$\rightarrow \epsilon$

$F \rightarrow (E)$

$\rightarrow \text{id}$

1. FOLLOW do símbolo inicial contém $\$$

2. Para $A \rightarrow x B y$ ou $A \rightarrow B y$ (ou seja, **B não está no fim**)

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FIRST}(y)$

se pode ser ϵ , então $\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

3. Para $A \rightarrow x B$ (ou seja, **B no fim**)

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

FOLLOW - Exemplo

VAZIO

nao $\text{FIRST}(F) = \{ \text{id}, (\}$
sim $\text{FIRST}(T') = \{ * \}$
nao $\text{FIRST}(T) = \{ \text{id}, (\}$
sim $\text{FIRST}(E') = \{ + \}$
nao $\text{FIRST}(E) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FOLLOW}(E) = \{ \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(E') = \{ \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(T) = \{ \}$

$\text{FOLLOW}(T') = \{ \}$

$\text{FOLLOW}(F) = \{ \}$



$E \rightarrow T E'$
 $E' \rightarrow + T E'$
 $\rightarrow \epsilon$
 $T \rightarrow F T'$
 $T' \rightarrow * F T'$
 $\rightarrow \epsilon$
 $F \rightarrow (E)$
 $\rightarrow \text{id}$

1. FOLLOW do símbolo inicial contém \$

2. Para $A \rightarrow x B y$ ou $A \rightarrow B y$ (ou seja, **B não está no fim**)

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FIRST}(y)$

se pode ser ϵ , então $\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

3. Para $A \rightarrow x B$ (ou seja, **B no fim**)

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

FOLLOW - Exemplo

VAZIO

nao $\text{FIRST}(F) = \{ \text{id}, (\}$

sim $\text{FIRST}(T') = \{ * \}$

nao $\text{FIRST}(T) = \{ \text{id}, (\}$

sim $\text{FIRST}(E') = \{ + \}$

nao $\text{FIRST}(E) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FOLLOW}(E) = \{ \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(E') = \{ \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(T) = \{ \}$

$\text{FOLLOW}(T') = \{ \}$

$\text{FOLLOW}(F) = \{ \}$

$E \rightarrow T E'$

$E' \rightarrow + T E'$

$\rightarrow \epsilon$

$T \rightarrow F T'$

$T' \rightarrow * F T'$

$\rightarrow \epsilon$

$F \rightarrow (E)$

$\rightarrow \text{id}$

1. FOLLOW do símbolo inicial contém \$

2. Para $A \rightarrow x B y$ ou $A \rightarrow B y$ (ou seja, **B não está no fim**)

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FIRST}(y)$

se pode ser ϵ , então $\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

3. Para $A \rightarrow x B$ (ou seja, **B no fim**)

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

FOLLOW - Exemplo

VAZIO

nao $\text{FIRST}(F) = \{ \text{id}, (\}$

sim $\text{FIRST}(T') = \{ * \}$

nao $\text{FIRST}(T) = \{ \text{id}, (\}$

sim $\text{FIRST}(E') = \{ + \}$

nao $\text{FIRST}(E) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FOLLOW}(E) = \{ \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(E') = \{ \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(T) = \{ + \}$

$\text{FOLLOW}(T') = \{ \}$

$\text{FOLLOW}(F) = \{ \}$

Regra 2:

$A \rightarrow B y$

$E \rightarrow T E'$

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FIRST}(y)$

$\text{FOLLOW}(T) \leq \text{FIRST}(E')$

$E \rightarrow T E'$

$E' \rightarrow + T E'$

$\rightarrow \epsilon$

$T \rightarrow F T'$

$T' \rightarrow * F T'$

$\rightarrow \epsilon$

$F \rightarrow (E)$

$\rightarrow \text{id}$

1. FOLLOW do símbolo inicial contém $\$$

2. Para $A \rightarrow x B y$ ou $A \rightarrow B y$ (ou seja, **B não está no fim**)

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FIRST}(y)$

se pode ser ϵ , então $\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

3. Para $A \rightarrow x B$ (ou seja, **B no fim**)

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

FOLLOW - Exemplo

VAZIO

nao $\text{FIRST}(F) = \{ \text{id}, (\}$

sim $\text{FIRST}(T') = \{ * \}$

nao $\text{FIRST}(T) = \{ \text{id}, (\}$

sim $\text{FIRST}(E') = \{ + \}$

nao $\text{FIRST}(E) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FOLLOW}(E) = \{ \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(E') = \{ \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(T) = \{ +, \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(T') = \{ \}$

$\text{FOLLOW}(F) = \{ \}$

Regra 2:

$A \rightarrow B y$

$E \rightarrow T E'$

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FIRST}(y)$

$\text{FOLLOW}(T) \leq \text{FIRST}(E')$

Pode ser vazio!

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

$\text{FOLLOW}(T) \leq \text{FOLLOW}(E)$

$E \rightarrow T E'$

$E' \rightarrow + T E'$

$\rightarrow \epsilon$

$T \rightarrow F T'$

$T' \rightarrow * F T'$

$\rightarrow \epsilon$

$F \rightarrow (E)$

$\rightarrow \text{id}$

1. FOLLOW do símbolo inicial contém \$

2. Para $A \rightarrow x B y$ ou $A \rightarrow B y$ (ou seja, **B não está no fim**)

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FIRST}(y)$

se pode ser ϵ , então $\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

3. Para $A \rightarrow x B$ (ou seja, **B no fim**)

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

FOLLOW - Exemplo

VAZIO

nao $\text{FIRST}(F) = \{ \text{id}, (\}$
sim $\text{FIRST}(T') = \{ * \}$
nao $\text{FIRST}(T) = \{ \text{id}, (\}$
sim $\text{FIRST}(E') = \{ + \}$
nao $\text{FIRST}(E) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FOLLOW}(E) = \{ \$,) \}$
 $\text{FOLLOW}(E') = \{ \$,) \}$
 $\text{FOLLOW}(T) = \{ +, \$,) \}$
 $\text{FOLLOW}(T') = \{ \}$
 $\text{FOLLOW}(F) = \{ \}$



$E \rightarrow T E'$

$E' \rightarrow + T E'$

$\rightarrow \epsilon$

$T \rightarrow F T'$

$T' \rightarrow * F T'$

$\rightarrow \epsilon$

$F \rightarrow (E)$

$\rightarrow \text{id}$

1. FOLLOW do símbolo inicial contém \$

2. Para $A \rightarrow x B y$ ou $A \rightarrow B y$ (ou seja, **B não está no fim**)

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FIRST}(y)$

se pode ser ϵ , então $\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

3. Para $A \rightarrow x B$ (ou seja, **B no fim**)

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

FOLLOW - Exemplo

VAZIO

nao $\text{FIRST}(F) = \{ \text{id}, (\}$

sim $\text{FIRST}(T') = \{ * \}$

nao $\text{FIRST}(T) = \{ \text{id}, (\}$

sim $\text{FIRST}(E') = \{ + \}$

nao $\text{FIRST}(E) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FOLLOW}(E) = \{ \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(E') = \{ \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(T) = \{ +, \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(T') = \{ \}$

$\text{FOLLOW}(F) = \{ \}$

Regra 2:

$A \rightarrow x B y$

$E' \rightarrow + T E'$

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FIRST}(y)$

$\text{FOLLOW}(T) \leq \text{FIRST}(E')$

$E \rightarrow T E'$

$E' \rightarrow + T E'$

$\rightarrow \epsilon$

$T \rightarrow F T'$

$T' \rightarrow * F T'$

$\rightarrow \epsilon$

$F \rightarrow (E)$

$\rightarrow \text{id}$

1. FOLLOW do símbolo inicial contém $\$$

2. Para $A \rightarrow x B y$ ou $A \rightarrow B y$ (ou seja, **B não está no fim**)

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FIRST}(y)$

se pode ser ϵ , então $\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

3. Para $A \rightarrow x B$ (ou seja, **B no fim**)

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

FOLLOW - Exemplo

VAZIO

nao $\text{FIRST}(F) = \{ \text{id}, (\}$

sim $\text{FIRST}(T') = \{ * \}$

nao $\text{FIRST}(T) = \{ \text{id}, (\}$

sim $\text{FIRST}(E') = \{ + \}$

nao $\text{FIRST}(E) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FOLLOW}(E) = \{ \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(E') = \{ \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(T) = \{ +, \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(T') = \{ \}$

$\text{FOLLOW}(F) = \{ \}$

Regra 2:

$A \rightarrow x B y$

$E' \rightarrow + T E'$

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FIRST}(y)$

$\text{FOLLOW}(T) \leq \text{FIRST}(E')$

$E \rightarrow T E'$

$E' \rightarrow + T E'$

$\rightarrow \epsilon$

$T \rightarrow F T'$

$T' \rightarrow * F T'$

$\rightarrow \epsilon$

$F \rightarrow (E)$

$\rightarrow \text{id}$

1. FOLLOW do símbolo inicial contém \$

2. Para $A \rightarrow x B y$ ou $A \rightarrow B y$ (ou seja, **B não está no fim**)

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FIRST}(y)$

se pode ser ϵ , então $\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

3. Para $A \rightarrow x B$ (ou seja, **B no fim**)

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

FOLLOW - Exemplo

VAZIO

nao $\text{FIRST}(F) = \{ \text{id}, (\}$

sim $\text{FIRST}(T') = \{ * \}$

nao $\text{FIRST}(T) = \{ \text{id}, (\}$

sim $\text{FIRST}(E') = \{ + \}$

nao $\text{FIRST}(E) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FOLLOW}(E) = \{ \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(E') = \{ \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(T) = \{ +, \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(T') = \{ \}$

$\text{FOLLOW}(F) = \{ \}$

Regra 2:

$A \rightarrow x B y$

$E' \rightarrow + T E'$

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FIRST}(y)$

$\text{FOLLOW}(T) \leq \text{FIRST}(E')$

Pode ser vazio!

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

$\text{FOLLOW}(T) \leq \text{FOLLOW}(E')$

$E \rightarrow T E'$

$E' \rightarrow + T E'$

$\rightarrow \epsilon$

$T \rightarrow F T'$

$T' \rightarrow * F T'$

$\rightarrow \epsilon$

$F \rightarrow (E)$

$\rightarrow \text{id}$

1. FOLLOW do símbolo inicial contém $\$$

2. Para $A \rightarrow x B y$ ou $A \rightarrow B y$ (ou seja, **B não está no fim**)

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FIRST}(y)$

se pode ser ϵ , então $\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

3. Para $A \rightarrow x B$ (ou seja, **B no fim**)

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

FOLLOW - Exemplo

VAZIO

nao $\text{FIRST}(F) = \{ \text{id}, (\}$

sim $\text{FIRST}(T') = \{ * \}$

nao $\text{FIRST}(T) = \{ \text{id}, (\}$

sim $\text{FIRST}(E') = \{ + \}$

nao $\text{FIRST}(E) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FOLLOW}(E) = \{ \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(E') = \{ \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(T) = \{ +, \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(T') = \{ \}$

$\text{FOLLOW}(F) = \{ \}$

Regra 2:

$A \rightarrow x B y$

$E' \rightarrow + T E'$

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FIRST}(y)$

$\text{FOLLOW}(T) \leq \text{FIRST}(E')$

Pode ser vazio!

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

$\text{FOLLOW}(T) \leq \text{FOLLOW}(E')$

$E \rightarrow T E'$

$E' \rightarrow + T E'$

$\rightarrow \epsilon$

$T \rightarrow F T'$

$T' \rightarrow * F T'$

$\rightarrow \epsilon$

$F \rightarrow (E)$

$\rightarrow \text{id}$

1. FOLLOW do símbolo inicial contém $\$$

2. Para $A \rightarrow x B y$ ou $A \rightarrow B y$ (ou seja, **B não está no fim**)

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FIRST}(y)$

se pode ser ϵ , então $\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

3. Para $A \rightarrow x B$ (ou seja, **B no fim**)

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

FOLLOW - Exemplo

VAZIO

nao $\text{FIRST}(F) = \{ \text{id}, (\}$
sim $\text{FIRST}(T') = \{ * \}$
nao $\text{FIRST}(T) = \{ \text{id}, (\}$
sim $\text{FIRST}(E') = \{ + \}$
nao $\text{FIRST}(E) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FOLLOW}(E) = \{ \$,) \}$
 $\text{FOLLOW}(E') = \{ \$,) \}$
 $\text{FOLLOW}(T) = \{ +, \$,) \}$
 $\text{FOLLOW}(T') = \{ \quad \}$
 $\text{FOLLOW}(F) = \{ \quad \}$

$E \rightarrow T E'$
 $E' \rightarrow + T E'$
 $\rightarrow \epsilon$
 $T \rightarrow F T'$
 $T' \rightarrow * F T'$
 $\rightarrow \epsilon$
 $F \rightarrow (E)$
 $\rightarrow \text{id}$

1. FOLLOW do símbolo inicial contém \$
2. Para $A \rightarrow x B y$ ou $A \rightarrow B y$ (ou seja, **B não está no fim**)
 $\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FIRST}(y)$
se pode ser ϵ , então $\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$
3. Para $A \rightarrow x B$ (ou seja, **B no fim**)
 $\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

FOLLOW - Exemplo

VAZIO

nao $\text{FIRST}(F) = \{ \text{id}, (\}$

sim $\text{FIRST}(T') = \{ * \}$

nao $\text{FIRST}(T) = \{ \text{id}, (\}$

sim $\text{FIRST}(E') = \{ + \}$

nao $\text{FIRST}(E) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FOLLOW}(E) = \{ \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(E') = \{ \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(T) = \{ +, \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(T') = \{ \}$

$\text{FOLLOW}(F) = \{ \}$

Regra 3:

$A \rightarrow x B$

$T \rightarrow F T'$

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

$\text{FOLLOW}(T') \leq \text{FOLLOW}(T)$

$E \rightarrow T E'$

$E' \rightarrow + T E'$

$\rightarrow \epsilon$

$T \rightarrow F T'$

$T' \rightarrow * F T'$

$\rightarrow \epsilon$

$F \rightarrow (E)$

$\rightarrow \text{id}$

1. FOLLOW do símbolo inicial contém \$

2. Para $A \rightarrow x B y$ ou $A \rightarrow B y$ (ou seja, **B não está no fim**)

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FIRST}(y)$

se pode ser ϵ , então $\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

3. Para $A \rightarrow x B$ (ou seja, **B no fim**)

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

FOLLOW - Exemplo

VAZIO

nao $\text{FIRST}(F) = \{ \text{id}, (\}$

sim $\text{FIRST}(T') = \{ * \}$

nao $\text{FIRST}(T) = \{ \text{id}, (\}$

sim $\text{FIRST}(E') = \{ + \}$

nao $\text{FIRST}(E) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FOLLOW}(E) = \{ \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(E') = \{ \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(T) = \{ +, \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(T') = \{ +, \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(F) = \{ \}$

Regra 3:

$A \rightarrow x B$

$T \rightarrow F T'$

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

$\text{FOLLOW}(T') \leq \text{FOLLOW}(T)$

$E \rightarrow T E'$

$E' \rightarrow + T E'$

$\rightarrow \epsilon$

$T \rightarrow F T'$

$T' \rightarrow * F T'$

$\rightarrow \epsilon$

$F \rightarrow (E)$

$\rightarrow \text{id}$

1. FOLLOW do símbolo inicial contém $\$$

2. Para $A \rightarrow x B y$ ou $A \rightarrow B y$ (ou seja, **B não está no fim**)

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FIRST}(y)$

se pode ser ϵ , então $\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

3. Para $A \rightarrow x B$ (ou seja, **B no fim**)

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

FOLLOW - Exemplo

VAZIO

nao $\text{FIRST}(F) = \{ \text{id}, (\}$
sim $\text{FIRST}(T') = \{ * \}$
nao $\text{FIRST}(T) = \{ \text{id}, (\}$
sim $\text{FIRST}(E') = \{ + \}$
nao $\text{FIRST}(E) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FOLLOW}(E) = \{ \$,) \}$
 $\text{FOLLOW}(E') = \{ \$,) \}$
 $\text{FOLLOW}(T) = \{ +, \$,) \}$
 $\text{FOLLOW}(T') = \{ +, \$,) \}$
 $\text{FOLLOW}(F) = \{ \}$



$E \rightarrow T E'$
 $E' \rightarrow + T E'$
 $\rightarrow \epsilon$
 $T \rightarrow F T'$
 $T' \rightarrow * F T'$
 $\rightarrow \epsilon$
 $F \rightarrow (E)$
 $\rightarrow \text{id}$

1. FOLLOW do símbolo inicial contém \$
2. Para $A \rightarrow x B y$ ou $A \rightarrow B y$ (ou seja, **B não está no fim**)
 $\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FIRST}(y)$
se pode ser ϵ , então $\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$
3. Para $A \rightarrow x B$ (ou seja, **B no fim**)
 $\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

FOLLOW - Exemplo

VAZIO

nao $\text{FIRST}(F) = \{ \text{id}, (\}$
sim $\text{FIRST}(T') = \{ * \}$
nao $\text{FIRST}(T) = \{ \text{id}, (\}$
sim $\text{FIRST}(E') = \{ + \}$
nao $\text{FIRST}(E) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FOLLOW}(E) = \{ \$,) \}$
 $\text{FOLLOW}(E') = \{ \$,) \}$
 $\text{FOLLOW}(T) = \{ +, \$,) \}$
 $\text{FOLLOW}(T') = \{ +, \$,) \}$
 $\text{FOLLOW}(F) = \{ \}$

Regra 3:

$A \rightarrow \overset{x}{\text{ }} B$
 $T' \rightarrow \overset{*}{\text{ }} F T'$

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$
 $\text{FOLLOW}(T') \leq \text{FOLLOW}(T')$

$E \rightarrow T E'$
 $E' \rightarrow + T E'$
 $\rightarrow \epsilon$
 $T \rightarrow F T'$
 $T' \rightarrow * F T'$
 $\rightarrow \epsilon$
 $F \rightarrow (E)$
 $\rightarrow \text{id}$

1. FOLLOW do símbolo inicial contém $\$$
2. Para $A \rightarrow x B y$ ou $A \rightarrow B y$ (ou seja, **B não está no fim**)
 $\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FIRST}(y)$
se pode ser ϵ , então $\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$
3. Para $A \rightarrow x B$ (ou seja, **B no fim**)
 $\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

FOLLOW - Exemplo

VAZIO

nao $\text{FIRST}(F) = \{ \text{id}, (\}$

sim $\text{FIRST}(T') = \{ * \}$

nao $\text{FIRST}(T) = \{ \text{id}, (\}$

sim $\text{FIRST}(E') = \{ + \}$

nao $\text{FIRST}(E) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FOLLOW}(E) = \{ \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(E') = \{ \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(T) = \{ +, \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(T') = \{ +, \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(F) = \{ \}$

Regra 3:

$A \rightarrow \overset{x}{\text{ }} B$
 $T' \rightarrow * \overset{\text{F}}{\text{ }} T'$

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

~~$\text{FOLLOW}(T') \leq \text{FOLLOW}(T')$~~

$E \rightarrow T E'$

$E' \rightarrow + T E'$

$\rightarrow \epsilon$

$T \rightarrow F T'$

$T' \rightarrow * F T'$

$\rightarrow \epsilon$

$F \rightarrow (E)$

$\rightarrow \text{id}$

1. FOLLOW do símbolo inicial contém \$

2. Para $A \rightarrow x B y$ ou $A \rightarrow B y$ (ou seja, **B não está no fim**)

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FIRST}(y)$

se pode ser ϵ , então $\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

3. Para $A \rightarrow x B$ (ou seja, **B no fim**)

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

FOLLOW - Exemplo

VAZIO

nao $\text{FIRST}(F) = \{ \text{id}, (\}$
sim $\text{FIRST}(T') = \{ * \}$
nao $\text{FIRST}(T) = \{ \text{id}, (\}$
sim $\text{FIRST}(E') = \{ + \}$
nao $\text{FIRST}(E) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FOLLOW}(E) = \{ \$,) \}$
 $\text{FOLLOW}(E') = \{ \$,) \}$
 $\text{FOLLOW}(T) = \{ +, \$,) \}$
 $\text{FOLLOW}(T') = \{ +, \$,) \}$
 $\text{FOLLOW}(F) = \{ \quad \}$

$E \rightarrow T E'$
 $E' \rightarrow + T E'$
 $\rightarrow \epsilon$
 $T \rightarrow F T'$
 $T' \rightarrow * F T'$
 $\rightarrow \epsilon$
 $F \rightarrow (E)$
 $\rightarrow \text{id}$

1. FOLLOW do símbolo inicial contém \$
2. Para $A \rightarrow x B y$ ou $A \rightarrow B y$ (ou seja, **B não está no fim**)
 $\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FIRST}(y)$
se pode ser ϵ , então $\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$
3. Para $A \rightarrow x B$ (ou seja, **B no fim**)
 $\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

FOLLOW - Exemplo

VAZIO

nao $\text{FIRST}(F) = \{ \text{id}, (\}$
sim $\text{FIRST}(T') = \{ * \}$
nao $\text{FIRST}(T) = \{ \text{id}, (\}$
sim $\text{FIRST}(E') = \{ + \}$
nao $\text{FIRST}(E) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FOLLOW}(E) = \{ \$,) \}$
 $\text{FOLLOW}(E') = \{ \$,) \}$
 $\text{FOLLOW}(T) = \{ +, \$,) \}$
 $\text{FOLLOW}(T') = \{ +, \$,) \}$
 $\text{FOLLOW}(F) = \{ \}$

$E \rightarrow T E'$
 $E' \rightarrow + T E'$
 $\rightarrow \epsilon$
 $T \rightarrow F T'$
 $T' \rightarrow * F T'$
 $\rightarrow \epsilon$
 $F \rightarrow (E)$
 $\rightarrow \text{id}$

1. FOLLOW do símbolo inicial contém \$
2. Para $A \rightarrow x B y$ ou $A \rightarrow B y$ (ou seja, **B não está no fim**)
 $\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FIRST}(y)$
se pode ser ϵ , então $\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$
3. Para $A \rightarrow x B$ (ou seja, **B no fim**)
 $\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

FOLLOW - Exemplo

VAZIO

nao $\text{FIRST}(F) = \{ \text{id}, (\}$
sim $\text{FIRST}(T') = \{ * \}$
nao $\text{FIRST}(T) = \{ \text{id}, (\}$
sim $\text{FIRST}(E') = \{ + \}$
nao $\text{FIRST}(E) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FOLLOW}(E) = \{ \$,) \}$
 $\text{FOLLOW}(E') = \{ \$,) \}$
 $\text{FOLLOW}(T) = \{ +, \$,) \}$
 $\text{FOLLOW}(T') = \{ +, \$,) \}$
 $\text{FOLLOW}(F) = \{ *, +, \$,) \}$

Regra 2:

$A \rightarrow B y$

$T \rightarrow F T'$

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FIRST}(y)$

$\text{FOLLOW}(F) \leq \text{FIRST}(T')$

Pode ser vazio!

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

$\text{FOLLOW}(F) \leq \text{FOLLOW}(T')$

$E \rightarrow T E'$

$E' \rightarrow + T E'$

$\rightarrow \epsilon$

$T \rightarrow F T'$

$T' \rightarrow * F T'$

$\rightarrow \epsilon$

$F \rightarrow (E)$

$\rightarrow \text{id}$

1. FOLLOW do símbolo inicial contém \$

2. Para $A \rightarrow x B y$ ou $A \rightarrow B y$ (ou seja, **B não está no fim**)

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FIRST}(y)$

se pode ser ϵ , então $\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

3. Para $A \rightarrow x B$ (ou seja, **B no fim**)

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

FOLLOW - Exemplo

VAZIO

nao $\text{FIRST}(F) = \{ \text{id}, (\}$
sim $\text{FIRST}(T') = \{ * \}$
nao $\text{FIRST}(T) = \{ \text{id}, (\}$
sim $\text{FIRST}(E') = \{ + \}$
nao $\text{FIRST}(E) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FOLLOW}(E) = \{ \$,) \}$
 $\text{FOLLOW}(E') = \{ \$,) \}$
 $\text{FOLLOW}(T) = \{ +, \$,) \}$
 $\text{FOLLOW}(T') = \{ +, \$,) \}$
 $\text{FOLLOW}(F) = \{ *, +, \$,) \}$



$E \rightarrow T E'$
 $E' \rightarrow + T E'$
 $\rightarrow \epsilon$
 $T \rightarrow F T'$
 $T' \rightarrow * F T'$
 $\rightarrow \epsilon$
 $F \rightarrow (E)$
 $\rightarrow \text{id}$

1. FOLLOW do símbolo inicial contém \$
2. Para $A \rightarrow x B y$ ou $A \rightarrow B y$ (ou seja, **B não está no fim**)
 $\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FIRST}(y)$
se pode ser ϵ , então $\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$
3. Para $A \rightarrow x B$ (ou seja, **B no fim**)
 $\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

FOLLOW - Exemplo

VAZIO

nao $\text{FIRST}(F) = \{ \text{id}, (\}$

sim $\text{FIRST}(T') = \{ * \}$

nao $\text{FIRST}(T) = \{ \text{id}, (\}$

sim $\text{FIRST}(E') = \{ + \}$

nao $\text{FIRST}(E) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FOLLOW}(E) = \{ \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(E') = \{ \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(T) = \{ +, \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(T') = \{ +, \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(F) = \{ *, +, \$,) \}$

Regra 2:

$A \rightarrow x B y$

$T' \rightarrow * F T'$

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FIRST}(y)$

$\text{FOLLOW}(F) \leq \text{FIRST}(T')$

$E \rightarrow T E'$

$E' \rightarrow + T E'$

$\rightarrow \epsilon$

$T \rightarrow F T'$

$T' \rightarrow * F T'$

$\rightarrow \epsilon$

$F \rightarrow (E)$

$\rightarrow \text{id}$

1. FOLLOW do símbolo inicial contém \$

2. Para $A \rightarrow x B y$ ou $A \rightarrow B y$ (ou seja, **B não está no fim**)

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FIRST}(y)$

se pode ser ϵ , então $\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

3. Para $A \rightarrow x B$ (ou seja, **B no fim**)

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

FOLLOW - Exemplo

VAZIO

nao $\text{FIRST}(F) = \{ \text{id}, (\}$

sim $\text{FIRST}(T') = \{ * \}$

nao $\text{FIRST}(T) = \{ \text{id}, (\}$

sim $\text{FIRST}(E') = \{ + \}$

nao $\text{FIRST}(E) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FOLLOW}(E) = \{ \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(E') = \{ \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(T) = \{ +, \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(T') = \{ +, \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(F) = \{ *, +, \$,) \}$

Regra 2:

$A \rightarrow x B y$

$T' \rightarrow * F T'$

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FIRST}(y)$

$\text{FOLLOW}(F) \leq \text{FIRST}(T')$

$E \rightarrow T E'$

$E' \rightarrow + T E'$

$\rightarrow \epsilon$

$T \rightarrow F T'$

$T' \rightarrow * F T'$

$\rightarrow \epsilon$

$F \rightarrow (E)$

$\rightarrow \text{id}$

1. FOLLOW do símbolo inicial contém $\$$

2. Para $A \rightarrow x B y$ ou $A \rightarrow B y$ (ou seja, **B não está no fim**)

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FIRST}(y)$

se pode ser ϵ , então $\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

3. Para $A \rightarrow x B$ (ou seja, **B no fim**)

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

FOLLOW - Exemplo

VAZIO

nao $\text{FIRST}(F) = \{ \text{id}, (\}$

sim $\text{FIRST}(T') = \{ * \}$

nao $\text{FIRST}(T) = \{ \text{id}, (\}$

sim $\text{FIRST}(E') = \{ + \}$

nao $\text{FIRST}(E) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FOLLOW}(E) = \{ \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(E') = \{ \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(T) = \{ +, \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(T') = \{ +, \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(F) = \{ *, +, \$,) \}$

Regra 2:

$A \rightarrow x B y$

$T' \rightarrow * F T'$

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FIRST}(y)$

$\text{FOLLOW}(F) \leq \text{FIRST}(T')$

Pode ser vazio!

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

$\text{FOLLOW}(F) \leq \text{FOLLOW}(T')$

$E \rightarrow T E'$

$E' \rightarrow + T E'$

$\rightarrow \epsilon$

$T \rightarrow F T'$

$T' \rightarrow * F T'$

$\rightarrow \epsilon$

$F \rightarrow (E)$

$\rightarrow \text{id}$

1. FOLLOW do símbolo inicial contém \$

2. Para $A \rightarrow x B y$ ou $A \rightarrow B y$ (ou seja, **B não está no fim**)

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FIRST}(y)$

se pode ser ϵ , então $\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

3. Para $A \rightarrow x B$ (ou seja, **B no fim**)

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

FOLLOW - Exemplo

VAZIO

nao $\text{FIRST}(F) = \{ \text{id}, (\}$

sim $\text{FIRST}(T') = \{ * \}$

nao $\text{FIRST}(T) = \{ \text{id}, (\}$

sim $\text{FIRST}(E') = \{ + \}$

nao $\text{FIRST}(E) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FOLLOW}(E) = \{ \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(E') = \{ \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(T) = \{ +, \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(T') = \{ +, \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(F) = \{ *, +, \$,) \}$

Regra 2:

$A \rightarrow x B y$

$T' \rightarrow * F T'$

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FIRST}(y)$

$\text{FOLLOW}(F) \leq \text{FIRST}(T')$

Pode ser vazio!

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

$\text{FOLLOW}(F) \leq \text{FOLLOW}(T')$

$E \rightarrow T E'$

$E' \rightarrow + T E'$

$\rightarrow \epsilon$

$T \rightarrow F T'$

$T' \rightarrow * F T'$

$\rightarrow \epsilon$

$F \rightarrow (E)$

$\rightarrow \text{id}$

1. FOLLOW do símbolo inicial contém $\$$

2. Para $A \rightarrow x B y$ ou $A \rightarrow B y$ (ou seja, **B não está no fim**)

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FIRST}(y)$

se pode ser ϵ , então $\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

3. Para $A \rightarrow x B$ (ou seja, **B no fim**)

$\text{FOLLOW}(B) \leq \text{FOLLOW}(A)$

Exercício - FOLLOW

$S' \rightarrow S \$$

$S \rightarrow (L)$

$S \rightarrow a$

$L \rightarrow SL'$

$L' \rightarrow , SL'$

$L' \rightarrow$

Parser Table

FIRST (F) = { id, (}

FIRST (T') = { * }

FIRST (T) = { id, (}

FIRST (E') = { + }

FIRST (E) = { id, (}

FOLLOW(E) = { \$,) }

FOLLOW(E') = { \$,) }

FOLLOW(T) = { +, \$,) }

FOLLOW(T') = { +, \$,) }

FOLLOW(F) = { *, +, \$,) }

$E \rightarrow T E'$
 $E' \rightarrow + T E'$
 $\rightarrow \epsilon$
 $T \rightarrow F T'$
 $T' \rightarrow * F T'$
 $\rightarrow \epsilon$
 $F \rightarrow (E)$
 $\rightarrow id$

	id	+	*	()	\$
E						
E'						
T						
T'						
F						

Regra a regra, linha do símbolo de derivação na tabela:

- Insere a regra para cada token do FIRST da parte direita da regra

$\text{FIRST}(F) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FIRST}(T') = \{ * \}$

$\text{FIRST}(T) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FIRST}(E') = \{ + \}$

$\text{FIRST}(E) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FOLLOW}(E) = \{ \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(E') = \{ \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(T) = \{ +, \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(T') = \{ +, \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(F) = \{ *, +, \$,) \}$

$E \rightarrow T E'$
 $E' \rightarrow + T E'$
 $\rightarrow \epsilon$
 $T \rightarrow F T'$
 $T' \rightarrow * F T'$
 $\rightarrow \epsilon$
 $F \rightarrow (E)$
 $\rightarrow \text{id}$

	id	+	*	()	\$
E						
E'						
T						
T'						
F						

Regra a regra, linha do símbolo de derivação na tabela:

- Insere a regra para cada token do FIRST da parte direita da regra

$\text{FIRST}(F) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FIRST}(T') = \{ * \}$

$\text{FIRST}(T) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FIRST}(E') = \{ + \}$

$\text{FIRST}(E) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FOLLOW}(E) = \{ \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(E') = \{ \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(T) = \{ +, \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(T') = \{ +, \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(F) = \{ *, +, \$,) \}$

$E \rightarrow T E'$

$E' \rightarrow + T E'$

$\rightarrow \epsilon$

$T \rightarrow F T'$

$T' \rightarrow * F T'$

$\rightarrow \epsilon$

$F \rightarrow (E)$

$\rightarrow \text{id}$

	id	+	*	()	\$
E						
E'						
T						
T'						
F						

Regra a regra, linha do símbolo de derivação na tabela:

- Insere a regra para cada token do FIRST da parte direita da regra

$\text{FIRST}(F) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FIRST}(T') = \{ * \}$

$\text{FIRST}(T) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FIRST}(E') = \{ + \}$

$\text{FIRST}(E) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FOLLOW}(E) = \{ \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(E') = \{ \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(T) = \{ +, \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(T') = \{ +, \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(F) = \{ *, +, \$,) \}$

$E \rightarrow T E'$

$E' \rightarrow + T E'$

$\rightarrow \epsilon$

$T \rightarrow F T'$

$T' \rightarrow * F T'$

$\rightarrow \epsilon$

$F \rightarrow (E)$

$\rightarrow \text{id}$

	id	+	*	()	\$
E						
E'						
T						
T'						
F						

Regra a regra, linha do símbolo de derivação na tabela:

- Insere a regra para cada token do FIRST da parte direita da regra

$\text{FIRST}(F) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FIRST}(T') = \{ * \}$

$\text{FIRST}(T) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FIRST}(E') = \{ + \}$

$\text{FIRST}(E) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FOLLOW}(E) = \{ \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(E') = \{ \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(T) = \{ +, \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(T') = \{ +, \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(F) = \{ *, +, \$,) \}$

$E \rightarrow T E'$

$E' \rightarrow + T E'$

$\rightarrow \epsilon$

$T \rightarrow F T'$

$T' \rightarrow * F T'$

$\rightarrow \epsilon$

$F \rightarrow (E)$

$\rightarrow \text{id}$

	id	+	*	()	\$
E						
E'						
T						
T'						
F						

Regra a regra, linha do símbolo de derivação na tabela:

- Insere a regra para cada token do FIRST da parte direita da regra

FIRST (F) = { id, (}

FIRST (T') = { * }

FIRST (T) = { id, (}

FIRST (E') = { + }

FIRST (E) = { id, (}

FOLLOW(E) = { \$,) }

FOLLOW(E') = { \$,) }

FOLLOW(T) = { +, \$,) }

FOLLOW(T') = { +, \$,) }

FOLLOW(F) = { *, +, \$,) }

E → **T E'**

E' → **+** **T E'**

→ ϵ

T → **F T'**

T' → ***** **F T'**

→ ϵ

F → **(E)**

→ **id**

	id	+	*	()	\$
E	E → T E'			E → T E'		
E'						
T						
T'						
F						

Regra a regra, linha do símbolo de derivação na tabela:

- Insere a regra para cada token do FIRST da parte direita da regra

$\text{FIRST}(F) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FIRST}(T') = \{ * \}$

$\text{FIRST}(T) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FIRST}(E') = \{ + \}$

$\text{FIRST}(E) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FOLLOW}(E) = \{ \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(E') = \{ \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(T) = \{ +, \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(T') = \{ +, \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(F) = \{ *, +, \$,) \}$

$E \rightarrow T E'$
$E' \rightarrow + T E'$
$\rightarrow \epsilon$
$T \rightarrow F T'$
$T' \rightarrow * F T'$
$\rightarrow \epsilon$
$F \rightarrow (E)$
$\rightarrow \text{id}$

	id	+	*	()	\$
E	$E \rightarrow T E'$			$E \rightarrow T E'$		
E'						
T						
T'						
F						

Regra a regra, linha do símbolo de derivação na tabela:

- Insere a regra para cada token do FIRST da parte direita da regra

FIRST (F) = { id, (}

FIRST (T') = { * }

FIRST (T) = { id, (}

FIRST (E') = { + }

FIRST (E) = { id, (}

FOLLOW(E) = { \$,) }

FOLLOW(E') = { \$,) }

FOLLOW(T) = { +, \$,) }

FOLLOW(T') = { +, \$,) }

FOLLOW(F) = { *, +, \$,) }

$E \rightarrow T E'$
 $E' \rightarrow + T E'$
 $\rightarrow \epsilon$
 $T \rightarrow F T'$
 $T' \rightarrow * F T'$
 $\rightarrow \epsilon$
 $F \rightarrow (E)$
 $\rightarrow id$

	id	+	*	()	\$
E	$E \rightarrow T E'$			$E \rightarrow T E'$		
E'		$E' \rightarrow + T E'$				
T						
T'						
F						

Regra a regra, linha do símbolo de derivação na tabela:

- Insere a regra para cada token do FIRST da parte direita da regra

FIRST (F) = { id, (}

FIRST (T') = { * }

FIRST (T) = { id, (}

FIRST (E') = { + }

FIRST (E) = { id, (}

FOLLOW(E) = { \$,) }

FOLLOW(E') = { \$,) }

FOLLOW(T) = { +, \$,) }

FOLLOW(T') = { +, \$,) }

FOLLOW(F) = { *, +, \$,) }

$E \rightarrow T E'$
 $E' \rightarrow + T E'$
 $\rightarrow \epsilon$
 $T \rightarrow F T'$
 $T' \rightarrow * F T'$
 $\rightarrow \epsilon$
 $F \rightarrow (E)$
 $\rightarrow id$

	id	+	*	()	\$
E	$E \rightarrow T E'$			$E \rightarrow T E'$		
E'		$E' \rightarrow + T E'$				
T						
T'						
F						

Regra a regra, linha do símbolo de derivação na tabela:

- Insere a regra para cada token do FIRST do **símbolo mais à esquerda**
- Se regra vazia, usa-se o conjunto FOLLOW

FIRST (F) = { id, (}

FIRST (T') = { * }

FIRST (T) = { id, (}

FIRST (E') = { + }

FIRST (E) = { id, (}

FOLLOW(E) = { \$,) }

FOLLOW(E') = { \$,) }

FOLLOW(T) = { +, \$,) }

FOLLOW(T') = { +, \$,) }

FOLLOW(F) = { *, +, \$,) }

$E \rightarrow T E'$
 $E' \rightarrow + T E'$
 $\rightarrow \epsilon$
 $T \rightarrow F T'$
 $T' \rightarrow * F T'$
 $\rightarrow \epsilon$
 $F \rightarrow (E)$
 $\rightarrow id$

	id	+	*	()	\$
E	$E \rightarrow T E'$			$E \rightarrow T E'$		
E'		$E' \rightarrow + T E'$				
T						
T'						
F						

Regra a regra, linha do símbolo de derivação na tabela:

- Insere a regra para cada token do FIRST do **símbolo mais à esquerda**
- Se regra vazia, usa-se o conjunto FOLLOW

$\text{FIRST}(F) = \{ \text{id}, (\}$
 $\text{FIRST}(T') = \{ * \}$
 $\text{FIRST}(T) = \{ \text{id}, (\}$
 $\text{FIRST}(E') = \{ + \}$
 $\text{FIRST}(E) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FOLLOW}(E) = \{ \$,) \}$
 $\text{FOLLOW}(E') = \{ \$,) \}$
 $\text{FOLLOW}(T) = \{ +, \$,) \}$
 $\text{FOLLOW}(T') = \{ +, \$,) \}$
 $\text{FOLLOW}(F) = \{ *, +, \$,) \}$

$E \rightarrow T E'$
 $E' \rightarrow + T E'$
 $\rightarrow \epsilon$
 $T \rightarrow F T'$
 $T' \rightarrow * F T'$
 $\rightarrow \epsilon$
 $F \rightarrow (E)$
 $\rightarrow \text{id}$

	id	+	*	()	\$
E	$E \rightarrow T E'$			$E \rightarrow T E'$		
E'		$E' \rightarrow + T E'$				
T						
T'						
F						

Regra a regra, linha do símbolo de derivação na tabela:

- Insere a regra para cada token do FIRST do **símbolo mais à esquerda**
- Se regra vazia, usa-se o conjunto FOLLOW

$\text{FIRST}(F) = \{ \text{id}, (\}$
 $\text{FIRST}(T') = \{ * \}$
 $\text{FIRST}(T) = \{ \text{id}, (\}$
 $\text{FIRST}(E') = \{ + \}$
 $\text{FIRST}(E) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FOLLOW}(E) = \{ \$,) \}$
 $\text{FOLLOW}(E') = \{ \$,) \}$
 $\text{FOLLOW}(T) = \{ +, \$,) \}$
 $\text{FOLLOW}(T') = \{ +, \$,) \}$
 $\text{FOLLOW}(F) = \{ *, +, \$,) \}$

$E \rightarrow T E'$
 $E' \rightarrow + T E'$
 $\rightarrow \epsilon$
 $T \rightarrow F T'$
 $T' \rightarrow * F T'$
 $\rightarrow \epsilon$
 $F \rightarrow (E)$
 $\rightarrow \text{id}$

	id	+	*	()	\$
E	$E \rightarrow T E'$			$E \rightarrow T E'$		
E'		$E' \rightarrow + T E'$			$E' \rightarrow \epsilon$	$E' \rightarrow \epsilon$
T						
T'						
F						

Regra a regra, linha do símbolo de derivação na tabela:

- Insere a regra para cada token do FIRST da parte direita da regra
- Se regra vazia, usa-se o conjunto FOLLOW

$\text{FIRST}(F) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FIRST}(T') = \{ * \}$

$\text{FIRST}(T) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FIRST}(E') = \{ + \}$

$\text{FIRST}(E) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FOLLOW}(E) = \{ \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(E') = \{ \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(T) = \{ +, \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(T') = \{ +, \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(F) = \{ *, +, \$,) \}$

$E \rightarrow T E'$
 $E' \rightarrow + T E'$
 $\rightarrow \epsilon$
 $T \rightarrow F T'$
 $T' \rightarrow * F T'$
 $\rightarrow \epsilon$
 $F \rightarrow (E)$
 $\rightarrow \text{id}$

	id	+	*	()	\$
E	$E \rightarrow T E'$			$E \rightarrow T E'$		
E'		$E' \rightarrow + T E'$			$E' \rightarrow \epsilon$	$E' \rightarrow \epsilon$
T						
T'						
F						

Regra a regra, linha do símbolo de derivação na tabela:

- Insere a regra para cada token do FIRST da parte direita da regra
- Se regra vazia, usa-se o conjunto FOLLOW

FIRST (F) = { id, (}

FIRST (T') = { * }

FIRST (T) = { id, (}

FIRST (E') = { + }

FIRST (E) = { id, (}

FOLLOW(E) = { \$,) }

FOLLOW(E') = { \$,) }

FOLLOW(T) = { +, \$,) }

FOLLOW(T') = { +, \$,) }

FOLLOW(F) = { *, +, \$,) }

E → **T** **E'**
E' → **+** **T** **E'**
 → **ε**
T → **F** **T'**
T' → ***** **F** **T'**
 → **ε**
F → **(** **E** **)**
 → **id**

	id	+	*	()	\$
E	E → T E'			E → T E'		
E'		E' → + T E'			E' → ε	E' → ε
T						
T'						
F						

Regra a regra, linha do símbolo de derivação na tabela:

- Insere a regra para cada token do FIRST da parte direita da regra
- Se regra vazia, usa-se o conjunto FOLLOW

FIRST (F) = { id, (}

FIRST (T') = { * }

FIRST (T) = { id, (}

FIRST (E') = { + }

FIRST (E) = { id, (}

FOLLOW(E) = { \$,) }

FOLLOW(E') = { \$,) }

FOLLOW(T) = { +, \$,) }

FOLLOW(T') = { +, \$,) }

FOLLOW(F) = { *, +, \$,) }

E → **T E'**
E' → **+** **T E'**
 → **ε**
T → **F T'**
T' → ***** **F T'**
 → **ε**
F → **(E)**
 → **id**

	id	+	*	()	\$
E	E → T E'			E → T E'		
E'		E' → + T E'			E' → ε	E' → ε
T	T → F T'			T → F T'		
T'						
F						

Regra a regra, linha do símbolo de derivação na tabela:

- Insere a regra para cada token do FIRST da parte direita da regra
- Se regra vazia, usa-se o conjunto FOLLOW

$\text{FIRST}(F) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FIRST}(T') = \{ * \}$

$\text{FIRST}(T) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FIRST}(E') = \{ + \}$

$\text{FIRST}(E) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FOLLOW}(E) = \{ \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(E') = \{ \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(T) = \{ +, \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(T') = \{ +, \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(F) = \{ *, +, \$,) \}$

$E \rightarrow T E'$
 $E' \rightarrow + T E'$
 $\rightarrow \epsilon$
 $T \rightarrow F T'$
 $T' \rightarrow * F T'$
 $\rightarrow \epsilon$
 $F \rightarrow (E)$
 $\rightarrow \text{id}$

	id	+	*	()	\$
E	$E \rightarrow T E'$			$E \rightarrow T E'$		
E'		$E' \rightarrow + T E'$			$E' \rightarrow \epsilon$	$E' \rightarrow \epsilon$
T	$T \rightarrow F T'$			$T \rightarrow F T'$		
T'						
F						

Regra a regra, linha do símbolo de derivação na tabela:

- Insere a regra para cada token do FIRST da parte direita da regra
- Se regra vazia, usa-se o conjunto FOLLOW

$\text{FIRST}(F) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FIRST}(T') = \{ * \}$

$\text{FIRST}(T) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FIRST}(E') = \{ + \}$

$\text{FIRST}(E) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FOLLOW}(E) = \{ \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(E') = \{ \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(T) = \{ +, \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(T') = \{ +, \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(F) = \{ *, +, \$,) \}$

$E \rightarrow T E'$
 $E' \rightarrow + T E'$
 $\rightarrow \epsilon$
 $T \rightarrow F T'$
 $T' \rightarrow * F T'$
 $\rightarrow \epsilon$
 $F \rightarrow (E)$
 $\rightarrow \text{id}$

	id	+	*	()	\$
E	$E \rightarrow T E'$			$E \rightarrow T E'$		
E'		$E' \rightarrow + T E'$			$E' \rightarrow \epsilon$	$E' \rightarrow \epsilon$
T	$T \rightarrow F T'$			$T \rightarrow F T'$		
T'			$T' \rightarrow * F T'$			
F						

Regra a regra, linha do símbolo de derivação na tabela:

- Insere a regra para cada token do FIRST da parte direita da regra
- Se regra vazia, usa-se o conjunto FOLLOW

FIRST (F) = { id, (}

FIRST (T') = { * }

FIRST (T) = { id, (}

FIRST (E') = { + }

FIRST (E) = { id, (}

FOLLOW(E) = { \$,) }

FOLLOW(E') = { \$,) }

FOLLOW(T) = { +, \$,) }

FOLLOW(T') = { +, \$,) }

FOLLOW(F) = { *, +, \$,) }

$E \rightarrow T E'$
 $E' \rightarrow + T E'$
 $\rightarrow \epsilon$
 $T \rightarrow F T'$
 $T' \rightarrow * F T'$
 $\rightarrow \epsilon$
 $F \rightarrow (E)$
 $\rightarrow id$

	id	+	*	()	\$
E	$E \rightarrow T E'$			$E \rightarrow T E'$		
E'		$E' \rightarrow + T E'$			$E' \rightarrow \epsilon$	$E' \rightarrow \epsilon$
T	$T \rightarrow F T'$			$T \rightarrow F T'$		
T'			$T' \rightarrow * F T'$			
F						

Regra a regra, linha do símbolo de derivação na tabela:

- Insere a regra para cada token do FIRST da parte direita da regra
- Se regra vazia, usa-se o conjunto FOLLOW

FIRST (F) = { id, (}

FIRST (T') = { * }

FIRST (T) = { id, (}

FIRST (E') = { + }

FIRST (E) = { id, (}

FOLLOW(E) = { \$,) }

FOLLOW(E') = { \$,) }

FOLLOW(T) = { +, \$,) }

FOLLOW(T') = { +, \$,) }

FOLLOW(F) = { *, +, \$,) }

$E \rightarrow T E'$
 $E' \rightarrow + T E'$
 $\rightarrow \epsilon$
 $T \rightarrow F T'$
 $T' \rightarrow * F T'$
 $\rightarrow \epsilon$
 $F \rightarrow (E)$
 $\rightarrow id$

	id	+	*	()	\$
E	$E \rightarrow T E'$			$E \rightarrow T E'$		
E'		$E' \rightarrow + T E'$			$E' \rightarrow \epsilon$	$E' \rightarrow \epsilon$
T	$T \rightarrow F T'$			$T \rightarrow F T'$		
T'		$T' \rightarrow \epsilon$	$T' \rightarrow * F T'$		$T' \rightarrow \epsilon$	$T' \rightarrow \epsilon$
F						

Regra a regra, linha do símbolo de derivação na tabela:

- Insere a regra para cada token do FIRST da parte direita da regra
- Se regra vazia, usa-se o conjunto FOLLOW

$\text{FIRST}(F) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FIRST}(T') = \{ * \}$

$\text{FIRST}(T) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FIRST}(E') = \{ + \}$

$\text{FIRST}(E) = \{ \text{id}, (\}$

$\text{FOLLOW}(E) = \{ \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(E') = \{ \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(T) = \{ +, \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(T') = \{ +, \$,) \}$

$\text{FOLLOW}(F) = \{ *, +, \$,) \}$

$E \rightarrow T E'$
 $E' \rightarrow + T E'$
 $\rightarrow \epsilon$
 $T \rightarrow F T'$
 $T' \rightarrow * F T'$
 $\rightarrow \epsilon$
 $F \rightarrow (E)$
 $\rightarrow \text{id}$

	id	+	*	()	\$
E	$E \rightarrow T E'$			$E \rightarrow T E'$		
E'		$E' \rightarrow + T E'$			$E' \rightarrow \epsilon$	$E' \rightarrow \epsilon$
T	$T \rightarrow F T'$			$T \rightarrow F T'$		
T'		$T' \rightarrow \epsilon$	$T' \rightarrow * F T'$		$T' \rightarrow \epsilon$	$T' \rightarrow \epsilon$
F						

Regra a regra, linha do símbolo de derivação na tabela:

- Insere a regra para cada token do FIRST da parte direita da regra
- Se regra vazia, usa-se o conjunto FOLLOW

FIRST (F) = { id, (}

FIRST (T') = { * }

FIRST (T) = { id, (}

FIRST (E') = { + }

FIRST (E) = { id, (}

FOLLOW(E) = { \$,) }

FOLLOW(E') = { \$,) }

FOLLOW(T) = { +, \$,) }

FOLLOW(T') = { +, \$,) }

FOLLOW(F) = { *, +, \$,) }

$E \rightarrow T E'$
 $E' \rightarrow + T E'$
 $\rightarrow \epsilon$
 $T \rightarrow F T'$
 $T' \rightarrow * F T'$
 $\rightarrow \epsilon$
 $F \rightarrow (E)$
 $\rightarrow id$

	id	+	*	()	\$
E	$E \rightarrow T E'$			$E \rightarrow T E'$		
E'		$E' \rightarrow + T E'$			$E' \rightarrow \epsilon$	$E' \rightarrow \epsilon$
T	$T \rightarrow F T'$			$T \rightarrow F T'$		
T'		$T' \rightarrow \epsilon$	$T' \rightarrow * F T'$		$T' \rightarrow \epsilon$	$T' \rightarrow \epsilon$
F				$F \rightarrow (E)$		

Regra a regra, linha do símbolo de derivação na tabela:

- Insere a regra para cada token do FIRST da parte direita da regra
- Se regra vazia, usa-se o conjunto FOLLOW

FIRST (F) = { id, (}

FIRST (T') = { * }

FIRST (T) = { id, (}

FIRST (E') = { + }

FIRST (E) = { id, (}

FOLLOW(E) = { \$,) }

FOLLOW(E') = { \$,) }

FOLLOW(T) = { +, \$,) }

FOLLOW(T') = { +, \$,) }

FOLLOW(F) = { *, +, \$,) }

$E \rightarrow T E'$
 $E' \rightarrow + T E'$
 $\rightarrow \epsilon$
 $T \rightarrow F T'$
 $T' \rightarrow * F T'$
 $\rightarrow \epsilon$
 $F \rightarrow (E)$
 $\rightarrow id$

	id	+	*	()	\$
E	$E \rightarrow T E'$			$E \rightarrow T E'$		
E'		$E' \rightarrow + T E'$			$E' \rightarrow \epsilon$	$E' \rightarrow \epsilon$
T	$T \rightarrow F T'$			$T \rightarrow F T'$		
T'		$T' \rightarrow \epsilon$	$T' \rightarrow * F T'$		$T' \rightarrow \epsilon$	$T' \rightarrow \epsilon$
F				$F \rightarrow (E)$		

Regra a regra, linha do símbolo de derivação na tabela:

- Insere a regra para cada token do FIRST da parte direita da regra
- Se regra vazia, usa-se o conjunto FOLLOW

FIRST (F) = { id, (}

FIRST (T') = { * }

FIRST (T) = { id, (}

FIRST (E') = { + }

FIRST (E) = { id, (}

FOLLOW(E) = { \$,) }

FOLLOW(E') = { \$,) }

FOLLOW(T) = { +, \$,) }

FOLLOW(T') = { +, \$,) }

FOLLOW(F) = { *, +, \$,) }

$E \rightarrow T E'$
 $E' \rightarrow + T E'$
 $\rightarrow \epsilon$
 $T \rightarrow F T'$
 $T' \rightarrow * F T'$
 $\rightarrow \epsilon$
 $F \rightarrow (E)$
 $\rightarrow id$

	id	+	*	()	\$
E	$E \rightarrow T E'$			$E \rightarrow T E'$		
E'		$E' \rightarrow + T E'$			$E' \rightarrow \epsilon$	$E' \rightarrow \epsilon$
T	$T \rightarrow F T'$			$T \rightarrow F T'$		
T'		$T' \rightarrow \epsilon$	$T' \rightarrow * F T'$		$T' \rightarrow \epsilon$	$T' \rightarrow \epsilon$
F	$F \rightarrow id$			$F \rightarrow (E)$		

Parser Table

FIRST (F) = { id, (}

FIRST (T') = { * }

FIRST (T) = { id, (}

FIRST (E') = { + }

FIRST (E) = { id, (}

FOLLOW(E) = { \$,) }

FOLLOW(E') = { \$,) }

FOLLOW(T) = { +, \$,) }

FOLLOW(T') = { +, \$,) }

FOLLOW(F) = { *, +, \$,) }

$E \rightarrow T E'$
 $E' \rightarrow + T E'$
 $\rightarrow \epsilon$
 $T \rightarrow F T'$
 $T' \rightarrow * F T'$
 $\rightarrow \epsilon$
 $F \rightarrow (E)$
 $\rightarrow id$

	id	+	*	()	\$
E	$E \rightarrow T E'$			$E \rightarrow T E'$		
E'		$E' \rightarrow + T E'$			$E' \rightarrow \epsilon$	$E' \rightarrow \epsilon$
T	$T \rightarrow F T'$			$T \rightarrow F T'$		
T'		$T' \rightarrow \epsilon$	$T' \rightarrow * F T'$		$T' \rightarrow \epsilon$	$T' \rightarrow \epsilon$
F	$F \rightarrow id$			$F \rightarrow (E)$		

Para que o FIRST e FOLLOW?

- A ideia é prever qual regra usar para expandir/derivar a gramática.
- Suponha: estamos no termo E' ,
- lê-se '+' na entrada,
- Usa-se regra 2, pq + está no conjunto FIRST de E .

Para que o FIRST e FOLLOW?

$E \rightarrow T E'$

$E' \rightarrow + T E'$

$\rightarrow \epsilon$

$T \rightarrow F T'$

$T' \rightarrow * F T'$

$\rightarrow \epsilon$

$F \rightarrow (E)$

$\rightarrow id$

VAZIO

nao $FIRST(F) = \{ id, (\}$

sim $FIRST(T') = \{ * \}$

nao $FIRST(T) = FIRST(F) = \{ id, (\}$

sim $FIRST(E') = \{ + \}$

nao $FIRST(E) = FIRST(T) = \{ id, (\}$

- A ideia é prever qual regra usar para expandir/derivar a gramática.
- Suponha: estamos no termo E' ,
- lê-se '+' na entrada,
- Usa-se regra 2, pq + está no conjunto FIRST de E' .

Para que o FIRST e FOLLOW?

$E \rightarrow T E'$

$E' \rightarrow + T E'$

$\rightarrow \epsilon$

$T \rightarrow F T'$

$T' \rightarrow * F T'$

$\rightarrow \epsilon$

$F \rightarrow (E)$

$\rightarrow id$

VAZIO

nao $FIRST(F) = \{ id, (\}$

sim $FIRST(T') = \{ * \}$

nao $FIRST(T) = FIRST(F) = \{ id, (\}$

sim $FIRST(E') = \{ + \}$

nao $FIRST(E) = FIRST(T) = \{ id, (\}$

- A ideia é predizer qual regra usar para expandir/derivar a gramática.
- Porém, se lermos outro símbolo que não $+$??

Para que o FIRST e FOLLOW?

$E \rightarrow T E'$

$E' \rightarrow + T E'$

$\rightarrow \epsilon$

$T \rightarrow F T'$

$T' \rightarrow * F T'$

$\rightarrow \epsilon$

$F \rightarrow (E)$

$\rightarrow id$

VAZIO

nao $FIRST(F) = \{ id, (\}$

sim $FIRST(T') = \{ * \}$

nao $FIRST(T) = FIRST(F) = \{ id, (\}$

sim $FIRST(E') = \{ + \}$

nao $FIRST(E) = FIRST(T) = \{ id, (\}$

- A ideia é prever qual regra usar para expandir/derivar a gramática.
- Porém, se lermos outro símbolo que não $+$??
- Precisamos saber se é erro sintático ou se podemos usar a regra 3: $E' \rightarrow \epsilon$
- Portanto, precisamos saber o FOLLOW de E' .

Para que o FIRST e FOLLOW?

$E \rightarrow T E'$

$E' \rightarrow + T E'$

$\rightarrow \epsilon$

$T \rightarrow F T'$

$T' \rightarrow * F T'$

$\rightarrow \epsilon$

$F \rightarrow (E)$

$\rightarrow id$

VAZIO

nao $FIRST(F) = \{ id, (\}$

sim $FIRST(T') = \{ * \}$

nao $FIRST(T) = FIRST(F) = \{ id, (\}$

sim $FIRST(E') = \{ + \}$

nao $FIRST(E) = FIRST(T) = \{ id, (\}$

- A ideia é prever qual regra usar para expandir/derivar a gramática.
- Porém, se lermos outro símbolo que não $+$??
- Precisamos saber se é erro sintático ou se podemos usar a regra 3: $E' \rightarrow \epsilon$
- Portanto, precisamos saber o FOLLOW de E' . Ok, se estiver no FOLLOW

Exercício!!

1. Criar parser table (também conjunto follow e first) das seguintes gramáticas:

A)

1 $S' \rightarrow S \$$

2 $S \rightarrow c$

3 $S \rightarrow ABd$

4 $B \rightarrow bB$

5 $B \rightarrow Ad$

6 $B \rightarrow$

7 $A \rightarrow aA$

8 $A \rightarrow$

B)

1 $S' \rightarrow S \$$

2 $S \rightarrow (L)$

3 $S \rightarrow a$

4 $L \rightarrow S L'$

5 $L' \rightarrow , S L'$

6 $L' \rightarrow \epsilon$

C)

1 $S \rightarrow A a \$$

2 $A \rightarrow S b$

3 $A \rightarrow c A$

4 $A \rightarrow a$

Exercício!!

2. Mostre o passo a passo da execução:

- da gramática A na entrada: aabdd\$
- da gramática B na entrada: (a,(a,a))\$

Isto é, mostre a pilha de execução e a string da entrada, e regra utilizada, como nos slides 47 e 48

A)

1 $S' \rightarrow S \$$
2 $S \rightarrow \text{c}$
3 $S \rightarrow AB\text{d}$
4 $B \rightarrow \text{b}B$
5 $B \rightarrow A\text{d}$
6 $B \rightarrow$
7 $A \rightarrow \text{a}A$
8 $A \rightarrow$

B)

1 $S' \rightarrow S \$$
2 $S \rightarrow (L)$
3 $S \rightarrow \text{a}$
4 $L \rightarrow S L'$
5 $L' \rightarrow , S L'$
6 $L' \rightarrow \epsilon$

C)

1 $S \rightarrow A \text{a} \$$
2 $A \rightarrow S \text{b}$
3 $A \rightarrow \text{c} A$
4 $A \rightarrow \text{a}$