

Gramática Livre-de-Contexto

Esdras Lins Bispo Jr.
bispojr@ufg.br

Linguagens Formais e Autômatos
Bacharelado em Ciência da Computação

22 de janeiro de 2018

Plano de Aula

- 1 Revisão
 - Gramáticas Livre-de-Contexto
- 2 Gramáticas Livre-de-Contexto
- 3 Ambiguidade
 - Forma Normal de Chomsky

Sumário

- 1 Revisão
 - Gramáticas Livre-de-Contexto
- 2 Gramáticas Livre-de-Contexto
- 3 Ambiguidade
 - Forma Normal de Chomsky

O que são as GLCs?

- Método mais poderoso de descrição de linguagens;

O que são as GLCs?

- Método mais poderoso de descrição de linguagens;
- Linguagens como $\{0^n 1^n \mid n \geq 0\}$ podem agora ser descritas;

O que são as GLCs?

- Método mais poderoso de descrição de linguagens;
- Linguagens como $\{0^n 1^n \mid n \geq 0\}$ podem agora ser descritas;
- Descrição de linguagens com estruturas recursivas;

O que são as GLCs?

- Método mais poderoso de descrição de linguagens;
- Linguagens como $\{0^n 1^n | n \geq 0\}$ podem agora ser descritas;
- Descrição de linguagens com estruturas recursivas;
- GLCs geram *Linguagens Livres-de-Contexto* (LLCs).

O que são as GLCs?

- Método mais poderoso de descrição de linguagens;
- Linguagens como $\{0^n 1^n \mid n \geq 0\}$ podem agora ser descritas;
- Descrição de linguagens com estruturas recursivas;
- GLCs geram *Linguagens Livres-de-Contexto* (LLCs).

Aplicações...

- Especificação e compilação de linguagens de programação.

Exemplos...

$$A \rightarrow 0A1$$
$$A \rightarrow B$$
$$B \rightarrow \#$$

Exemplos...

$$A \rightarrow 0A1$$
$$A \rightarrow B$$
$$B \rightarrow \#$$

Uma gramática consiste de...

- Regras de substituição (também chamadas de **produções**);

Exemplos...

$$A \rightarrow 0A1$$
$$A \rightarrow B$$
$$B \rightarrow \#$$

Uma gramática consiste de...

- Regras de substituição (também chamadas de **produções**);
- Símbolos que são chamados de **variáveis**;

Exemplos...

$$A \rightarrow 0A1$$
$$A \rightarrow B$$
$$B \rightarrow \#$$

Uma gramática consiste de...

- Regras de substituição (também chamadas de **produções**);
- Símbolos que são chamados de **variáveis**;
- Símbolos que são chamados de **terminais**;

Exemplos...

$$A \rightarrow 0A1$$
$$A \rightarrow B$$
$$B \rightarrow \#$$

Uma gramática consiste de...

- Regras de substituição (também chamadas de **produções**);
- Símbolos que são chamados de **variáveis**;
- Símbolos que são chamados de **terminais**;
- Uma variável é designada como **variável inicial**.

Como utilizar uma gramática?

- **Escreva a variável inicial.** Ela é a variável no lado esquerdo da primeira regra, a menos que especificado em contrário;

Como utilizar uma gramática?

- **Escreva a variável inicial.** Ela é a variável no lado esquerdo da primeira regra, a menos que especificado em contrário;
- **Encontre uma variável que esteja escrita e uma regra que comece com essa variável.** Substitua a variável escrita pelo lado direito dessa regra;

Como utilizar uma gramática?

- **Escreva a variável inicial.** Ela é a variável no lado esquerdo da primeira regra, a menos que especificado em contrário;
- **Encontre uma variável que esteja escrita e uma regra que comece com essa variável.** Substitua a variável escrita pelo lado direito dessa regra;
- Repita o passo 2 até que não reste nenhuma variável.

Exemplo

G_1 gera a cadeia 000#111

A



UFG
Regional Jataí

Exemplo

G_1 gera a cadeia 000#111

	A	
0	A	1



Exemplo

G_1 gera a cadeia 000#111

	A	
0	A	1
00	A	11



Exemplo

G_1 gera a cadeia 000#111

	A	
0	A	1
00	A	11
000	A	111



Exemplo

G_1 gera a cadeia $000\#111$

	A	
0	A	1
00	A	11
000	A	111
000	B	111



Exemplo

G_1 gera a cadeia 000#111

	A	
0	A	1
00	A	11
000	A	111
000	B	111
000	#	111



Exemplo

G_1 gera a cadeia 000#111

	A	
0	A	1
00	A	11
000	A	111
000	B	111
000	#	111
000#111		



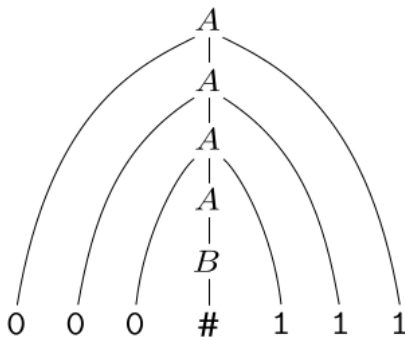
Exemplo

G_1 gera a cadeia 000#111

	A	
0	A	1
00	A	11
000	A	111
000	B	111
000	#	111
000#111		



Exemplo



Outras características importantes

- O conjunto de todas as cadeias geradas por uma GLC constitui a **linguagem da gramática**;

Outras características importantes

- O conjunto de todas as cadeias geradas por uma GLC constitui a **linguagem da gramática**;
- $L(G_1) = \{0^n \# 1^n \mid n \geq 0\}$

Outras características importantes

- O conjunto de todas as cadeias geradas por uma GLC constitui a **linguagem da gramática**;
- $L(G_1) = \{0^n \# 1^n | n \geq 0\}$
- Qualquer linguagem que possa ser gerada por uma GLC é chamada de **linguagem livre-do-contexto (LLC)**;

Outras características importantes

- O conjunto de todas as cadeias geradas por uma GLC constitui a **linguagem da gramática**;
- $L(G_1) = \{0^n \# 1^n \mid n \geq 0\}$
- Qualquer linguagem que possa ser gerada por uma GLC é chamada de **linguagem livre-do-contexto (LLC)**;
- Podemos abreviar várias regras em apenas uma só como $A \rightarrow 0A1$ e $A \rightarrow B$ em $A \rightarrow 0A1 \mid B$.

G_2 : fragmento da língua inglesa

$\langle \text{SENTENCE} \rangle \rightarrow \langle \text{NOUN-PHRASE} \rangle \langle \text{VERB-PHRASE} \rangle$
 $\langle \text{NOUN-PHRASE} \rangle \rightarrow \langle \text{CMPLX-NOUN} \rangle \mid \langle \text{CMPLX-NOUN} \rangle \langle \text{PREP-PHRASE} \rangle$
 $\langle \text{VERB-PHRASE} \rangle \rightarrow \langle \text{CMPLX-VERB} \rangle \mid \langle \text{CMPLX-VERB} \rangle \langle \text{PREP-PHRASE} \rangle$
 $\langle \text{PREP-PHRASE} \rangle \rightarrow \langle \text{PREP} \rangle \langle \text{CMPLX-NOUN} \rangle$
 $\langle \text{CMPLX-NOUN} \rangle \rightarrow \langle \text{ARTICLE} \rangle \langle \text{NOUN} \rangle$
 $\langle \text{CMPLX-VERB} \rangle \rightarrow \langle \text{VERB} \rangle \mid \langle \text{VERB} \rangle \langle \text{NOUN-PHRASE} \rangle$
 $\langle \text{ARTICLE} \rangle \rightarrow \text{a} \mid \text{the}$
 $\langle \text{NOUN} \rangle \rightarrow \text{boy} \mid \text{girl} \mid \text{flower}$
 $\langle \text{VERB} \rangle \rightarrow \text{touches} \mid \text{likes} \mid \text{sees}$
 $\langle \text{PREP} \rangle \rightarrow \text{with}$

G_2 : fragmento da língua inglesa

Cadeias em $L(G_2)$

- a boy sees
- the boy sees a flower
- a girl with a flower likes the boy

Derivação de “a boy sees”

$\langle \text{SENTENCE} \rangle \Rightarrow \langle \text{NOUN-PHRASE} \rangle \langle \text{VERB-PHRASE} \rangle$
 $\Rightarrow \langle \text{CMPLX-NOUN} \rangle \langle \text{VERB-PHRASE} \rangle$
 $\Rightarrow \langle \text{ARTICLE} \rangle \langle \text{NOUN} \rangle \langle \text{VERB-PHRASE} \rangle$
 $\Rightarrow a \langle \text{NOUN} \rangle \langle \text{VERB-PHRASE} \rangle$
 $\Rightarrow a \text{ boy } \langle \text{VERB-PHRASE} \rangle$
 $\Rightarrow a \text{ boy } \langle \text{CMPLX-VERB} \rangle$
 $\Rightarrow a \text{ boy } \langle \text{VERB} \rangle$
 $\Rightarrow a \text{ boy sees}$

Exemplo

DEFINIÇÃO 2.2

Uma *gramática livre-do-contexto* é uma 4-upla (V, Σ, R, S) , onde

1. V é um conjunto finito denominado de as *variáveis*,
2. Σ é um conjunto finito, disjunto de V , denominado de os *terminais*,
3. R é um conjunto finito de *regras*, com cada regra sendo uma variável e uma cadeia de variáveis e terminais, e
4. $S \in V$ é a variável inicial.

Sumário

- 1 Revisão
 - Gramáticas Livre-de-Contexto
- 2 Gramáticas Livre-de-Contexto
- 3 Ambiguidade
 - Forma Normal de Chomsky

Exemplo

G_1

$A \rightarrow 0A1$

$A \rightarrow B$

$B \rightarrow \#$

Exemplo

G_1

$A \rightarrow 0A1$

$A \rightarrow B$

$B \rightarrow \#$

Descrição formal

$G_1 = (V, \Sigma, R, S)$ de forma que:

- $V = \{A, B\}$;
- $\Sigma = \{0, 1, \#\}$;
- $R = \{A \rightarrow 0A1, A \rightarrow B, B \rightarrow \#\}$;
- $S = A$.



UFJF
Regional, Jataí

Exemplo

G_3

$G_3 = (\{S\}, \{a, b\}, R, S)$. O conjunto de regras R é:

$$S \rightarrow aSb \mid SS \mid \epsilon$$

Exemplo

G_3

$G_3 = (\{S\}, \{a, b\}, R, S)$. O conjunto de regras R é:

$$S \rightarrow aSb \mid SS \mid \epsilon$$

G_4

$G_4 = (V, \Sigma, R, S)$, de forma que:

$$V = \{\langle \text{EXPR} \rangle, \langle \text{TERM} \rangle, \langle \text{FACTOR} \rangle\};$$

$$\Sigma = \{a, +, \times, (,)\};$$

R é o conjunto de regras:

$$\langle \text{EXPR} \rangle \rightarrow \langle \text{EXPR} \rangle + \langle \text{TERM} \rangle \mid \langle \text{TERM} \rangle$$

$$\langle \text{TERM} \rangle \rightarrow \langle \text{TERM} \rangle \times \langle \text{FACTOR} \rangle \mid \langle \text{FACTOR} \rangle$$

$$\langle \text{FACTOR} \rangle \rightarrow (\langle \text{EXPR} \rangle) \mid a$$

$$S = \langle \text{EXPR} \rangle.$$

Árvores Sintáticas

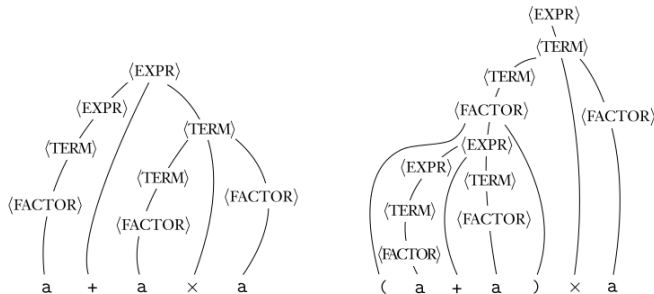


FIGURA 2.5

Árvores sintáticas para as cadeias $a+axa$ e $(a+a)xa$

Projetando GLCs

- Considere a união de GLCs;

Projetando GLCs

- Considere a união de GLCs;
- Se a linguagem for regular, construa a GLC a partir do AFD correspondente;

Projetando GLCs

- Considere a união de GLCs;
- Se a linguagem for regular, construa a GLC a partir do AFD correspondente;
- Considere subcadeias “ligadas”;

Projetando GLCs

- Considere a união de GLCs;
- Se a linguagem for regular, construa a GLC a partir do AFD correspondente;
- Considere subcadeias “ligadas”;
- Considere estruturas recursivas.

Sumário

- 1 Revisão
 - Gramáticas Livre-de-Contexto
- 2 Gramáticas Livre-de-Contexto
- 3 Ambiguidade
 - Forma Normal de Chomsky

Ambiguidade

Gramática G_5

$$\begin{aligned}\langle \text{EXPR} \rangle &\rightarrow \langle \text{EXPR} \rangle + \langle \text{EXPR} \rangle \mid \langle \text{EXPR} \rangle \times \langle \text{EXPR} \rangle \\ \langle \text{EXPR} \rangle &\rightarrow (\langle \text{EXPR} \rangle) \mid a\end{aligned}$$

Ambiguidade

Gramática G_5

$$\langle \text{EXPR} \rangle \rightarrow \langle \text{EXPR} \rangle + \langle \text{EXPR} \rangle \mid \langle \text{EXPR} \rangle \times \langle \text{EXPR} \rangle$$
$$\langle \text{EXPR} \rangle \rightarrow (\langle \text{EXPR} \rangle) \mid a$$

Cadeia $a + a \times a$

Esta gramática gera $a + a \times a$ ambigualmente.

Ambiguidade

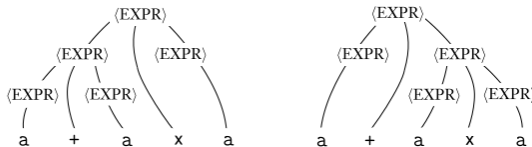


FIGURA 2.6

As duas árvores sintáticas para a cadeia $a+axa$ na gramática G_5

Ambiguidade

G_4

$\langle \text{EXPR} \rangle \rightarrow \langle \text{EXPR} \rangle + \langle \text{TERM} \rangle \mid \langle \text{TERM} \rangle$

$\langle \text{TERM} \rangle \rightarrow \langle \text{TERM} \rangle \times \langle \text{FACTOR} \rangle \mid \langle \text{FACTOR} \rangle$

$\langle \text{FACTOR} \rangle \rightarrow (\langle \text{EXPR} \rangle) \mid a$

Ambiguidade

G_4

$$\langle \text{EXPR} \rangle \rightarrow \langle \text{EXPR} \rangle + \langle \text{TERM} \rangle \mid \langle \text{TERM} \rangle$$
$$\langle \text{TERM} \rangle \rightarrow \langle \text{TERM} \rangle \times \langle \text{FACTOR} \rangle \mid \langle \text{FACTOR} \rangle$$
$$\langle \text{FACTOR} \rangle \rightarrow (\langle \text{EXPR} \rangle) \mid a$$

Porém...

G_4 não é ambígua!

Ambiguidade

G_2

```
⟨SENTENCE⟩ → ⟨NOUN-PHRASE⟩⟨VERB-PHRASE⟩
⟨NOUN-PHRASE⟩ → ⟨CMPLX-NOUN⟩ | ⟨CMPLX-NOUN⟩⟨PREP-PHRASE⟩
⟨VERB-PHRASE⟩ → ⟨CMPLX-VERB⟩ | ⟨CMPLX-VERB⟩⟨PREP-PHRASE⟩
⟨PREP-PHRASE⟩ → ⟨PREP⟩⟨CMPLX-NOUN⟩
⟨CMPLX-NOUN⟩ → ⟨ARTICLE⟩⟨NOUN⟩
⟨CMPLX-VERB⟩ → ⟨VERB⟩ | ⟨VERB⟩⟨NOUN-PHRASE⟩
  ⟨ARTICLE⟩ → a | the
    ⟨NOUN⟩ → boy | girl | flower
      ⟨VERB⟩ → touches | likes | sees
        ⟨PREP⟩ → with
```

Ambiguidade

G_2

```

<SENTENCE> → <NOUN-PHRASE><VERB-PHRASE>
<NOUN-PHRASE> → <CMPLX-NOUN> | <CMPLX-NOUN><PREP-PHRASE>
<VERB-PHRASE> → <CMPLX-VERB> | <CMPLX-VERB><PREP-PHRASE>
<PREP-PHRASE> → <PREP><CMPLX-NOUN>
<CMPLX-NOUN> → <ARTICLE><NOUN>
<CMPLX-VERB> → <VERB> | <VERB><NOUN-PHRASE>
  <ARTICLE> → a | the
    <NOUN> → boy | girl | flower
      <VERB> → touches | likes | sees
        <PREP> → with
  
```

Porém...

G_2 é ambígua!

(e.g. a cadeia "the girl touches the boy with the flower")



UFJF
Regional, Jataí

Ambiguidade

Definição 2.7

Uma cadeia ω é derivada **ambiguamente** na gramática livre-do-contexto G se ela tem duas ou mais derivações mais à esquerda diferentes. A gramática G é **ambígua** se ela gera alguma cadeia ambiguamente.

Ambiguidade

Definição 2.7

Uma cadeia ω é derivada **ambiguamente** na gramática livre-do-contexto G se ela tem duas ou mais derivações mais à esquerda diferentes. A gramática G é **ambígua** se ela gera alguma cadeia ambiguamente.

Existem linguagens que são **inerentemente ambíguas**!

Forma Normal de Chomsky

Por quê utilizá-la?

- É uma forma simplificada de escrever uma GLC;
- Facilita a construção de algoritmos para GLC.

Forma Normal de Chomsky

Por quê utilizá-la?

- É uma forma simplificada de escrever uma GLC;
- Facilita a construção de algoritmos para GLC.

Definição 2.8

Uma gramática livre-do-contexto está na **forma normal de Chomsky** se toda regra é da forma

$$A \rightarrow BC$$

$$A \rightarrow a$$

em que a é qualquer terminal e A , B e C são quaisquer variáveis - exceto que B e C não podem ser a variável inicial.

Forma Normal de Chomsky

Por quê utilizá-la?

- É uma forma simplificada de escrever uma GLC;
- Facilita a construção de algoritmos para GLC.

Definição 2.8

Uma gramática livre-do-contexto está na **forma normal de Chomsky** se toda regra é da forma

$$A \rightarrow BC$$

$$A \rightarrow a$$

em que a é qualquer terminal e A , B e C são quaisquer variáveis - exceto que B e C não podem ser a variável inicial.

Adicionalmente...

Permite-se a regra $S \rightarrow \epsilon$, em que S é a variável inicial.

Forma Normal de Chomsky

Teorema 2.9

Qualquer linguagem livre-de-contexto é gerada por uma gramática livre-do-contexto na forma normal de Chomsky.

Exemplo

G_6

$S \rightarrow ASA \mid aB$

$A \rightarrow B \mid S$

$B \rightarrow b \mid \epsilon$

Exemplo

G_6

$S \rightarrow ASA \mid aB$

$A \rightarrow B \mid S$

$B \rightarrow b \mid \epsilon$

???

Como converter G_6 para a forma normal de Chomsky?

Exemplo

1. Introduzir uma nova variável inicial

$$S \rightarrow ASA \mid aB$$

$$A \rightarrow B \mid S$$

$$B \rightarrow b \mid \epsilon$$

Exemplo

1. Introduzir uma nova variável inicial

$$S \rightarrow ASA \mid aB$$

$$A \rightarrow B \mid S$$

$$B \rightarrow b \mid \epsilon$$

$$S_0 \rightarrow S$$

$$S \rightarrow ASA \mid aB$$

$$A \rightarrow B \mid S$$

$$B \rightarrow b \mid \epsilon$$

Exemplo

2. Remover regras ϵ (B)

$$S_0 \rightarrow S$$

$$S \rightarrow ASA \mid aB$$

$$A \rightarrow B \mid S$$

$$B \rightarrow b \mid \epsilon$$

Exemplo

2. Remover regras ϵ (B)

$$S_0 \rightarrow S$$

$$S \rightarrow ASA \mid aB$$

$$A \rightarrow B \mid S$$

$$B \rightarrow b \mid \epsilon$$

$$S_0 \rightarrow S$$

$$S \rightarrow ASA \mid aB \mid a$$

$$A \rightarrow B \mid S \mid \epsilon$$

$$B \rightarrow b$$



Exemplo

2. Remover regras ϵ (A)

$$S_0 \rightarrow S$$

$$S \rightarrow ASA \mid aB \mid a$$

$$A \rightarrow B \mid S \mid \epsilon$$

$$B \rightarrow b$$

Exemplo

2. Remover regras ϵ (A)

$$S_0 \rightarrow S$$

$$S \rightarrow ASA \mid aB \mid a$$

$$A \rightarrow B \mid S \mid \epsilon$$

$$B \rightarrow b$$

$$S_0 \rightarrow S$$

$$S \rightarrow ASA \mid aB \mid a \mid SA \mid AS \mid S$$

$$A \rightarrow B \mid S$$

$$B \rightarrow b$$



Exemplo

2. Remover regras unitárias (S)

$$S_0 \rightarrow S$$

$$S \rightarrow ASA \mid aB \mid a \mid SA \mid AS \mid S$$

$$A \rightarrow B \mid S$$

$$B \rightarrow b$$

Exemplo

2. Remover regras unitárias (S)

$$S_0 \rightarrow S$$

$$S \rightarrow ASA \mid aB \mid a \mid SA \mid AS \mid S$$

$$A \rightarrow B \mid S$$

$$B \rightarrow b$$

$$S_0 \rightarrow S$$

$$S \rightarrow ASA \mid aB \mid a \mid SA \mid AS$$

$$A \rightarrow B \mid S$$

$$B \rightarrow b$$



Exemplo

3. Remover regras unitárias (S_0)

$$S_0 \rightarrow S$$

$$S \rightarrow ASA \mid aB \mid a \mid SA \mid AS$$

$$A \rightarrow B \mid S$$

$$B \rightarrow b$$

Exemplo

3. Remover regras unitárias (S_0)

$$S_0 \rightarrow S$$

$$S \rightarrow ASA \mid aB \mid a \mid SA \mid AS$$

$$A \rightarrow B \mid S$$

$$B \rightarrow b$$

$$S_0 \rightarrow ASA \mid aB \mid a \mid SA \mid AS$$

$$S \rightarrow ASA \mid aB \mid a \mid SA \mid AS$$

$$A \rightarrow B \mid S$$

$$B \rightarrow b$$



Exemplo

4. Remover regras unitárias (A)

$$S_0 \rightarrow ASA \mid aB \mid a \mid SA \mid AS$$
$$S \rightarrow ASA \mid aB \mid a \mid SA \mid AS$$
$$A \rightarrow \textcolor{red}{B} \mid S$$
$$B \rightarrow b$$

Exemplo

4. Remover regras unitárias (A)

$$S_0 \rightarrow ASA \mid aB \mid a \mid SA \mid AS$$

$$S \rightarrow ASA \mid aB \mid a \mid SA \mid AS$$

$$A \rightarrow B \mid S$$

$$B \rightarrow b$$

$$S_0 \rightarrow ASA \mid aB \mid a \mid SA \mid AS$$

$$S \rightarrow ASA \mid aB \mid a \mid SA \mid AS$$

$$A \rightarrow S \mid b$$

$$B \rightarrow b$$


Exemplo

5. Remover regras unitárias (A)

$$S_0 \rightarrow ASA \mid aB \mid a \mid SA \mid AS$$
$$S \rightarrow ASA \mid aB \mid a \mid SA \mid AS$$
$$A \rightarrow S \mid b$$
$$B \rightarrow b$$

Exemplo

5. Remover regras unitárias (A)

$$S_0 \rightarrow ASA \mid aB \mid a \mid SA \mid AS$$

$$S \rightarrow ASA \mid aB \mid a \mid SA \mid AS$$

$$A \rightarrow \textcolor{red}{S} \mid b$$

$$B \rightarrow b$$

$$S_0 \rightarrow ASA \mid aB \mid a \mid SA \mid AS$$

$$S \rightarrow ASA \mid aB \mid a \mid SA \mid AS$$

$$A \rightarrow b \mid \textcolor{blue}{ASA} \mid \textcolor{blue}{aB} \mid \textcolor{blue}{a} \mid \textcolor{blue}{SA} \mid \textcolor{blue}{AS}$$

$$B \rightarrow b$$


Exemplo

6. Acrescentar variáveis e regras adicionais

$$S_0 \rightarrow \textcolor{red}{A}SA \mid \textcolor{red}{a}B \mid a \mid SA \mid AS$$
$$S \rightarrow \textcolor{red}{A}SA \mid \textcolor{red}{a}B \mid a \mid SA \mid AS$$
$$A \rightarrow b \mid \textcolor{red}{A}SA \mid \textcolor{red}{a}B \mid a \mid SA \mid AS$$
$$B \rightarrow b$$

Exemplo

6. Acrescentar variáveis e regras adicionais

$$\begin{aligned} S_0 &\rightarrow \textcolor{red}{A}SA \mid \textcolor{red}{a}B \mid a \mid SA \mid AS \\ S &\rightarrow \textcolor{red}{A}SA \mid \textcolor{red}{a}B \mid a \mid SA \mid AS \\ A &\rightarrow b \mid \textcolor{red}{A}SA \mid \textcolor{red}{a}B \mid a \mid SA \mid AS \\ B &\rightarrow b \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_0 &\rightarrow \textcolor{blue}{C}A \mid \textcolor{blue}{D}B \mid a \mid SA \mid AS \\ S &\rightarrow \textcolor{blue}{C}A \mid \textcolor{blue}{D}B \mid a \mid SA \mid AS \\ A &\rightarrow b \mid \textcolor{blue}{C}A \mid \textcolor{blue}{D}B \mid a \mid SA \mid AS \\ B &\rightarrow b \\ \textcolor{blue}{C} &\rightarrow AS \\ \textcolor{blue}{D} &\rightarrow a \end{aligned}$$

Gramática Livre-de-Contexto

Esdras Lins Bispo Jr.
bispojr@ufg.br

Linguagens Formais e Autômatos
Bacharelado em Ciência da Computação

22 de janeiro de 2018