

Relatório de Execução – Aplicação Forma Normal de Greibach

Foram realizadas algumas alterações em relação a versão anterior de greibach.py

1. Adição de funções auxiliares

considerando que uma gramática $G = (V, T, P, S)$

```
def get_conj_V_e_T(P):
```

```
...
```

```
    return (set(Vl), set(Tl))
```

Retorna os conjuntos V e T de uma gramática G , dado que é passado uma regra de produções P

```
def print_prod_Pedro(p, key):
```

imprime uma lista de produções de uma variável em notação utilizada na disciplina para gramáticas, dada uma regra de produções P , e uma variável $key \in V$

```
def prod_2_string(p, key):
```

retorna em string uma lista de produções P de uma variável em notação utilizada na disciplina para gramáticas, dada uma regra de produções P , e uma variável $key \in V$

```
def formata_LFTC(item):
```

converte qualquer item presente neste código em string na notação utilizada na disciplina para gramáticas

```
# def pertence(x, A):  
    return x in A
```

retorna true se x estiver presente em uma lista ou conjunto A ($x \in A$) e false caso contrário

```
def eh_remocao_de_recurso(A):
```

retorna true se a variável A for uma variável auxiliar de Remoção de recursão a esquerda isto é, se A for da forma " K_{rr} ", e false caso contrário

```
def P_2_string_change_rr_letter(P):
    ...
    return p
```

troca a denominação de todas as variáveis auxiliares de remoção de recursão a esquerda (da forma K_{rr}) de uma gramática e as substitui por caracteres maiúsculos especiais $\{\beta, \Omega, \mathcal{A}, \mathcal{E}, \Delta, \mathbb{P}, \Gamma, \theta, \Lambda, \Phi, \mathcal{E}, \Psi\}$, é útil para enxergar melhor "apenas batendo o olho numa gramática" se determinada variável, é variável auxiliar de remoção de recursão a esquerda.

```
def P_2_string(P):
```

converte em string um conjunto de regras de produção, utilizando a notação da disciplina para gramáticas

```
# def print_P(P):
```

imprime conjunto de regras de produção utilizando a notação da disciplina para gramáticas

```
#função primitiva lisp cdr
def cdr(l):
```

Função primitiva LISP cdr

```
def car(l):
```

Função primitiva LISP car

```
def eV(x):
```

verifica se um símbolo é variável de gramática ($x \in \mathbb{V}$), retorna true se o símbolo é maiusculo, e falso caso contrario.

```
def cons(a,b):
```

Função primitiva LISP cons

```
def reverseTRUE(l):
```

retorna uma cópia da lista l, porém invertida

2. Criação das funções que implementam as etapas 5 e 6 da FNG

Afim de melhor organização, as funções correspondentes as etapas 5 e 6 da FNG (FNG 5 e FNG 6 respectivamente) foram implementadas em novas funções :

```
begin_with_terminal2(Vold,Pold)
{correspondente a FNG 5} ; e
terminal_followed_by_word_of_variables2(Pold,Vold)
{correspondente a FNG 6}
```

pois viu-se a necessidade de adicionar parâmetros as mesmas, que não estavam presentes nas funções protótipo originais deste exercício, isto é, foi necessário passar como parâmetro, em ambas, o conjunto \mathbb{V} de cada gramática para verificações pertinentes as etapas conseqüentemente, na função original que realiza os testes (mk_example(ex_num, v_0, p_0)) foi atualizada a chamada das funções nestas etapas (5 e 6) para as funções criadas a seguir descritas.

A função **Begin_with_terminal2(Vold,Pold)** realiza a etapa 5 da FNG que faz com que todas as regras de produção sejam formadas por um terminal no início. passando como parametro (Pold) que é um conjunto de regras de produções \mathbb{P}^4 que tenha passado pela etapa 4, e (Vold) o conjunto \mathbb{V}^4 com as variaveis pertinentes o conjunto Pold e retorna um novo conjunto de regras de produção \mathbb{P}^5 convertido na etapa 5.

Já a função **terminal_followed_by_word_of_variables2(Pold,Vold)** Realiza a etapa 6 da FNG que faz com que todas as regras de produção sejam formadas por um terminal seguida de palavra de variaveis, passando como parametro (Pold) que é um conjunto de regras de produções \mathbb{P}^5 que tenha passado pela etapa 5, e (Vold) o conjunto \mathbb{V}^5 com as variaveis pertinentes o conjunto Pold e retorna um novo conjunto de regras de produção \mathbb{P}^6 convertido na etapa 6.

3. Adição de uma gramática de teste na função de testes mk_example(ex_num, v_0, p_0)

É a função original que realiza os testes das gramáticas, com pequenas alterações: alterada a chamada para os métodos que realizam as etapas 5 e 6 para os novos métodos implementados; e foi adicionada um conjunto de regras de produção de exemplo($\mathbb{P}^5_{teste\ FNG-6}$)para testes da etapa 6 da FNG, esta gramática de exemplo passou por todas as etapas da FNG até a etapa 5, e contém algumas produções da forma $A \rightarrow a\varphi$; $\varphi \in (V \cup T)^*$, isto é, φ é formada por símbolos terminais e variáveis, por exemplo nesta gramática de exemplo, foi inserida uma produção ' $A \rightarrow bCBaaAACAr_r$ ' ela deve ser trocada por ' $A \rightarrow bCB\Omega_1\Omega_2AACAr_r$ ' e devem ser inseridas novas produções ' $\Omega_1 \rightarrow a$ ' e ' $\Omega_2 \rightarrow a$ ', onde Ω_1 e Ω_2 são variáveis.

$$\mathbb{P}^5_{teste\ FNG-6} = \{$$

$$A \rightarrow bC \mid aAC \mid bCA_{rr} \mid aACA_{rr}$$

$$A_{rr} \rightarrow bAC \mid bCBAbbAC \mid aACBAAC \mid bCA_{rr}BAAC \mid aACA_{rr}BAAC \mid aAAC \mid$$

$$bACA_{rr} \mid bCBaaACA_{rr} \mid aACBAACA_{rr} \mid bCA_{rr}BAACA_{rr} \mid aACA_{rr}BAACA_{rr} \mid aAACA_{rr}$$

$$B \rightarrow b \mid bCBA \mid aACBA \mid bCA_{rr}BA \mid aACA_{rr}BA \mid aA$$

$$C \rightarrow bCB \mid aACB \mid bCA_{rr}B \mid aACA_{rr}B \mid a$$

$$\}$$

4. Resultado da execução

Após executado o código em questão, se obteve a saída a seguir

C:\Users\pedro\AppData\Local\Programs\Python\Python37\python.exe
 "G:/incoming/Biblioteca2/Livros/Ciência da Computação/Linguagens Formais e Teoria da Computação/PST3/greibach/greibach_0.4.py"

Examples of transformations from CFG to Greibach normal form

Example 1

Original production set.

$S \rightarrow A A$

$\mid a$

$A \rightarrow S S$

$\mid b$

Example 1.0

Second step: sort variables

['A', 'S']

Production set transformation to $A_r \rightarrow A_s \alpha$, where $r \leq s$.

$S \rightarrow a$

$\mid S S A$

$\mid b A$

$A \rightarrow S S$

$\mid b$

Production set elimination of $A_r \rightarrow A_r \alpha$.

$S \rightarrow a$

$\mid b A$

$\mid a S_{rr}$

$\mid b A S_{rr}$

$A \rightarrow S S$

$\mid b$

$S_{rr} \rightarrow S A$

$\mid S A S_{rr}$

Each production beginning with a terminal.

$S \rightarrow a \mid bA \mid aS_{rr} \mid bAS_{rr}$

$A \rightarrow aS \mid bAS \mid aS_{rr}S \mid bAS_{rr}S \mid b$

$S_{rr} \rightarrow aA \mid bAA \mid aS_{rr}A \mid bAS_{rr}A \mid aAS_{rr} \mid bAAS_{rr} \mid aS_{rr}AS_{rr} \mid bAS_{rr}AS_{rr}$

Each production beginning with a terminal followed by a word of variables.

$S \rightarrow a \mid bA \mid aS_{rr} \mid bAS_{rr}$

$A \rightarrow aS \mid bAS \mid aS_rrS \mid bAS_rrS \mid b$
 $S_rr \rightarrow aA \mid bAA \mid aS_rrA \mid bAS_rrA \mid aAS_rr \mid bAAS_rr \mid aS_rrAS_rr \mid bAS_rrAS_rr$

TESTE da FNG-6 : Gramática com algumas produções da forma $A \rightarrow aK$

onde K pertence a $(V \cup T)^*$

gramática original na FNG-5:

$A \rightarrow bC \mid aAC \mid bCA_rr \mid aACA_rr$
 $A_rr \rightarrow bAC \mid bCBA_bbAC \mid aACBAAC \mid bCA_rrBAAC \mid aACA_rrBAAC \mid aAAC \mid$
 $bACA_rr \mid bCBaaAACA_rr \mid aACBAACA_rr \mid bCA_rrBAACA_rr \mid aACA_rrBAACA_rr \mid$
 $aAACA_rr$
 $B \rightarrow b \mid bCBA \mid aACBA \mid bCA_rrBA \mid aACA_rrBA \mid aA$
 $C \rightarrow bCB \mid aACB \mid bCA_rrB \mid aACA_rrB \mid a$

Each production beginning with a terminal followed by a word of variables.

gramática anterior convertida na FNG-6

$A \rightarrow bC \mid aAC \mid bCA_rr \mid aACA_rr$
 $A_rr \rightarrow bAC \mid bCBA\Omega_1\Omega_2AC \mid aACBAAC \mid bCA_rrBAAC \mid aACA_rrBAAC \mid aAAC \mid$
 $bACA_rr \mid bCB\Omega_3\Omega_4AACA_rr \mid aACBAACA_rr \mid bCA_rrBAACA_rr \mid$
 $aACA_rrBAACA_rr \mid aAACA_rr$
 $B \rightarrow b \mid bCBA \mid aACBA \mid bCA_rrBA \mid aACA_rrBA \mid aA$
 $C \rightarrow bCB \mid aACB \mid bCA_rrB \mid aACA_rrB \mid a$
 $\Omega_1 \rightarrow b$
 $\Omega_2 \rightarrow b$
 $\Omega_3 \rightarrow a$
 $\Omega_4 \rightarrow a$

Example 1.1

Second step: sort variables

['S', 'A']

Production set transformation to $A_r \rightarrow A_s \alpha$, where $r \leq s$.

$S \rightarrow A A$

$\mid a$

$A \rightarrow b$

$\mid A A S$

$\mid a S$

Production set elimination of $A_r \rightarrow A_r \alpha$.

$S \rightarrow A A$

$\mid a$

$A \rightarrow b$

$\mid a S$

$\mid b A_rr$

$\mid a S A_rr$

$A_rr \rightarrow A S$

$\mid A S A_rr$

Each production beginning with a terminal.

$S \rightarrow bA \mid aSA \mid bA_rrA \mid aSA_rrA \mid a$

$A \rightarrow b \mid aS \mid bA_rr \mid aSA_rr$

$A_rr \rightarrow bS \mid aSS \mid bA_rrS \mid aSA_rrS \mid bSA_rr \mid aSSA_rr \mid bA_rrSA_rr \mid aSA_rrSA_rr$

Each production beginning with a terminal followed by a word of variables.

$S \rightarrow bA \mid aSA \mid bA_rrA \mid aSA_rrA \mid a$

$A \rightarrow b \mid aS \mid bA_rr \mid aSA_rr$

$A_rr \rightarrow bS \mid aSS \mid bA_rrS \mid aSA_rrS \mid bSA_rr \mid aSSA_rr \mid bA_rrSA_rr \mid aSA_rrSA_rr$

TESTE da FNG-6 : Gramática com algumas produções da forma $A \rightarrow aK$

onde K pertence a $(V \cup T)^*$

gramática original na FNG-5:

$A \rightarrow bC \mid aAC \mid bCA_rr \mid aACA_rr$

$A_rr \rightarrow bAC \mid bCBA_bbAC \mid aACBAAC \mid bCA_rrBAAC \mid aACA_rrBAAC \mid aAAC \mid bACA_rr \mid bCBaaAACA_rr \mid aACBAACA_rr \mid bCA_rrBAACA_rr \mid aACA_rrBAACA_rr \mid aAACA_rr$

$B \rightarrow b \mid bCBA \mid aACBA \mid bCA_rrBA \mid aACA_rrBA \mid aA$

$C \rightarrow bCB \mid aACB \mid bCA_rrB \mid aACA_rrB \mid a$

Each production beginning with a terminal followed by a word of variables.

gramática anterior convertida na FNG-6

$A \rightarrow bC \mid aAC \mid bCA_rr \mid aACA_rr$

$A_rr \rightarrow bAC \mid bCBA\Omega_1\Omega_2AC \mid aACBAAC \mid bCA_rrBAAC \mid aACA_rrBAAC \mid aAAC \mid bACA_rr \mid bCB\Omega_3\Omega_4AACA_rr \mid aACBAACA_rr \mid bCA_rrBAACA_rr \mid aACA_rrBAACA_rr \mid aAACA_rr$

$B \rightarrow b \mid bCBA \mid aACBA \mid bCA_rrBA \mid aACA_rrBA \mid aA$

$C \rightarrow bCB \mid aACB \mid bCA_rrB \mid aACA_rrB \mid a$

$\Omega_1 \rightarrow b$

$\Omega_2 \rightarrow b$

$\Omega_3 \rightarrow a$

$\Omega_4 \rightarrow a$

Example 2

Original production set.

$A \rightarrow B C$

$B \rightarrow C A$

$\mid b$

$C \rightarrow A B$

$\mid a$

Example 2.0

Second step: sort variables

$['A', 'B', 'C']$

Production set transformation to $A_r \rightarrow A_s \alpha$, where $r \leq s$.

$A \rightarrow B C$

$B \rightarrow C A$

$\mid b$

$C \rightarrow a$

$\mid C A C B$

$\mid b C B$

Production set elimination of $A_r \rightarrow A_r \alpha$.

$A \rightarrow B C$

$B \rightarrow C A$

| b

$C \rightarrow a$

| b C B

| a C_{rr}

| b C B C_{rr}

$C_{rr} \rightarrow A C B$

| A C B C_{rr}

Each production beginning with a terminal.

$A \rightarrow aAC \mid bCBAC \mid aC_{rr}AC \mid bCBC_{rr}AC \mid bC$

$B \rightarrow aA \mid bCBA \mid aC_{rr}A \mid bCBC_{rr}A \mid b$

$C \rightarrow a \mid bCB \mid aC_{rr} \mid bCBC_{rr}$

$C_{rr} \rightarrow aACCB \mid bCBACCB \mid aC_{rr}ACCB \mid bCBC_{rr}ACCB \mid bCCB \mid aACCB C_{rr} \mid bCBACCB C_{rr} \mid aC_{rr}ACCB C_{rr} \mid bCBC_{rr}ACCB C_{rr} \mid bCCBC_{rr}$

Each production beginning with a terminal followed by a word of variables.

$A \rightarrow aAC \mid bCBAC \mid aC_{rr}AC \mid bCBC_{rr}AC \mid bC$

$B \rightarrow aA \mid bCBA \mid aC_{rr}A \mid bCBC_{rr}A \mid b$

$C \rightarrow a \mid bCB \mid aC_{rr} \mid bCBC_{rr}$

$C_{rr} \rightarrow aACCB \mid bCBACCB \mid aC_{rr}ACCB \mid bCBC_{rr}ACCB \mid bCCB \mid aACCB C_{rr} \mid bCBACCB C_{rr} \mid aC_{rr}ACCB C_{rr} \mid bCBC_{rr}ACCB C_{rr} \mid bCCBC_{rr}$

TESTE da FNG-6 : Gramática com algumas produções da forma $A \rightarrow aK$

onde K pertence a $(V \cup T)^*$

gramática original na FNG-5:

$A \rightarrow bC \mid aAC \mid bCA_{rr} \mid aACA_{rr}$

$A_{rr} \rightarrow bAC \mid bCBA_{rr}bAC \mid aACBAAC \mid bCA_{rr}BAAC \mid aACA_{rr}BAAC \mid aAAC \mid bACA_{rr} \mid bCBaaAACA_{rr} \mid aACBAACA_{rr} \mid bCA_{rr}BAACA_{rr} \mid aACA_{rr}BAACA_{rr} \mid aAACA_{rr}$

$B \rightarrow b \mid bCBA \mid aACBA \mid bCA_{rr}BA \mid aACA_{rr}BA \mid aA$

$C \rightarrow bCB \mid aACB \mid bCA_{rr}B \mid aACA_{rr}B \mid a$

Each production beginning with a terminal followed by a word of variables.

gramática anterior convertida na FNG-6

$A \rightarrow bC \mid aAC \mid bCA_{rr} \mid aACA_{rr}$

$A_{rr} \rightarrow bAC \mid bCBA_{\Omega_1\Omega_2}AC \mid aACBAAC \mid bCA_{rr}BAAC \mid aACA_{rr}BAAC \mid aAAC \mid bACA_{rr} \mid bCB_{\Omega_3\Omega_4}AACA_{rr} \mid aACBAACA_{rr} \mid bCA_{rr}BAACA_{rr} \mid aACA_{rr}BAACA_{rr} \mid aAACA_{rr}$

$B \rightarrow b \mid bCBA \mid aACBA \mid bCA_{rr}BA \mid aACA_{rr}BA \mid aA$

$C \rightarrow bCB \mid aACB \mid bCA_{rr}B \mid aACA_{rr}B \mid a$

$\Omega_1 \rightarrow b$

$\Omega_2 \rightarrow b$

$\Omega_3 \rightarrow a$

$\Omega_4 \rightarrow a$

Example 2.1

Second step: sort variables

['A', 'C', 'B']

Production set transformation to $A_r \rightarrow A_s \alpha$, where $r \leq s$.

$A \rightarrow B C$
 $B \rightarrow b$
 $\quad | a A$
 $\quad | B C B A$
 $C \rightarrow a$
 $\quad | B C B$

Production set elimination of $A_r \rightarrow A_r \alpha$.

$A \rightarrow B C$
 $B \rightarrow b$
 $\quad | a A$
 $\quad | b B_{rr}$
 $\quad | a A B_{rr}$
 $C \rightarrow a$
 $\quad | B C B$
 $B_{rr} \rightarrow C B A$
 $\quad | C B A B_{rr}$

Each production beginning with a terminal.

$A \rightarrow bC \mid aAC \mid bB_{rr}C \mid aAB_{rr}C$
 $B \rightarrow b \mid aA \mid bB_{rr} \mid aAB_{rr}$
 $C \rightarrow a \mid bCB \mid aACB \mid bB_{rr}CB \mid aAB_{rr}CB$
 $B_{rr} \rightarrow aBA \mid bCBBA \mid aACBBA \mid bB_{rr}CBBA \mid aAB_{rr}CBBA \mid aBAB_{rr} \mid bCBBAB_{rr}$
 $\quad | aACBBAB_{rr} \mid bB_{rr}CBBAB_{rr} \mid aAB_{rr}CBBAB_{rr}$

Each production beginning with a terminal followed by a word of variables.

$A \rightarrow bC \mid aAC \mid bB_{rr}C \mid aAB_{rr}C$
 $B \rightarrow b \mid aA \mid bB_{rr} \mid aAB_{rr}$
 $C \rightarrow a \mid bCB \mid aACB \mid bB_{rr}CB \mid aAB_{rr}CB$
 $B_{rr} \rightarrow aBA \mid bCBBA \mid aACBBA \mid bB_{rr}CBBA \mid aAB_{rr}CBBA \mid aBAB_{rr} \mid bCBBAB_{rr}$
 $\quad | aACBBAB_{rr} \mid bB_{rr}CBBAB_{rr} \mid aAB_{rr}CBBAB_{rr}$

TESTE da FNG-6 : Gramática com algumas produções da forma $A \rightarrow aK$

onde K pertence a $(V \cup T)^*$

gramática original na FNG-5:

$A \rightarrow bC \mid aAC \mid bCA_{rr} \mid aACA_{rr}$
 $A_{rr} \rightarrow bAC \mid bCBA_{rr}bAC \mid aACBAAC \mid bCA_{rr}BAAC \mid aACA_{rr}BAAC \mid aAAC \mid$
 $bACA_{rr} \mid bCBaaAACA_{rr} \mid aACBAACA_{rr} \mid bCA_{rr}BAACA_{rr} \mid aACA_{rr}BAACA_{rr} \mid$
 $aAACA_{rr}$
 $B \rightarrow b \mid bCBA \mid aACBA \mid bCA_{rr}BA \mid aACA_{rr}BA \mid aA$
 $C \rightarrow bCB \mid aACB \mid bCA_{rr}B \mid aACA_{rr}B \mid a$

Each production beginning with a terminal followed by a word of variables.

gramática anterior convertida na FNG-6

$A \rightarrow bC \mid aAC \mid bCA_{rr} \mid aACA_{rr}$
 $A_{rr} \rightarrow bAC \mid bCBA\Omega_1\Omega_2AC \mid aACBAAC \mid bCA_{rr}BAAC \mid aACA_{rr}BAAC \mid aAAC \mid$
 $bACA_{rr} \mid bCB\Omega_3\Omega_4AACA_{rr} \mid aACBAACA_{rr} \mid bCA_{rr}BAACA_{rr} \mid$
 $aACA_{rr}BAACA_{rr} \mid aAACA_{rr}$
 $B \rightarrow b \mid bCBA \mid aACBA \mid bCA_{rr}BA \mid aACA_{rr}BA \mid aA$

$C \rightarrow bCB \mid aACB \mid bCA_rrB \mid aACA_rrB \mid a$
 $\Omega_1 \rightarrow b$
 $\Omega_2 \rightarrow b$
 $\Omega_3 \rightarrow a$
 $\Omega_4 \rightarrow a$

Example 2.2

Second step: sort variables

['B', 'A', 'C']

Production set transformation to $A_r \rightarrow A_s \alpha$, where $r \leq s$.

$A \rightarrow C A C$

$\mid b C$

$B \rightarrow C A$

$\mid b$

$C \rightarrow a$

$\mid C A C B$

$\mid b C B$

Production set elimination of $A_r \rightarrow A_r \alpha$.

$A \rightarrow C A C$

$\mid b C$

$B \rightarrow C A$

$\mid b$

$C \rightarrow a$

$\mid b C B$

$\mid a C_rr$

$\mid b C B C_rr$

$C_rr \rightarrow A C B$

$\mid A C B C_rr$

Each production beginning with a terminal.

$A \rightarrow aAC \mid bCBAC \mid aC_rrAC \mid bCBC_rrAC \mid bC$

$B \rightarrow aA \mid bCBA \mid aC_rrA \mid bCBC_rrA \mid b$

$C \rightarrow a \mid bCB \mid aC_rr \mid bCBC_rr$

$C_rr \rightarrow aACCB \mid bCBACCB \mid aC_rrACCB \mid bCBC_rrACCB \mid bCCB \mid aACCB C_rr \mid$
 $bCBACCB C_rr \mid aC_rrACCB C_rr \mid bCBC_rrACCB C_rr \mid bCCBC_rr$

Each production beginning with a terminal followed by a word of variables.

$A \rightarrow aAC \mid bCBAC \mid aC_rrAC \mid bCBC_rrAC \mid bC$

$B \rightarrow aA \mid bCBA \mid aC_rrA \mid bCBC_rrA \mid b$

$C \rightarrow a \mid bCB \mid aC_rr \mid bCBC_rr$

$C_rr \rightarrow aACCB \mid bCBACCB \mid aC_rrACCB \mid bCBC_rrACCB \mid bCCB \mid aACCB C_rr \mid$
 $bCBACCB C_rr \mid aC_rrACCB C_rr \mid bCBC_rrACCB C_rr \mid bCCBC_rr$

TESTE da FNG-6 : Gramática com algumas produções da forma $A \rightarrow aK$

onde K pertence a $(V \cup T)^*$

gramática original na FNG-5:

$A \rightarrow bC \mid aAC \mid bCA_rr \mid aACA_rr$

$A_{rr} \rightarrow bAC \mid bCBA_{rr}bAC \mid aACBAAC \mid bCA_{rr}BAAC \mid aACA_{rr}BAAC \mid aAAC \mid$
 $bACA_{rr} \mid bCBaaACA_{rr} \mid aACBAACA_{rr} \mid bCA_{rr}BAACA_{rr} \mid aACA_{rr}BAACA_{rr} \mid$
 $aACA_{rr}$
 $B \rightarrow b \mid bCBA \mid aACBA \mid bCA_{rr}BA \mid aACA_{rr}BA \mid aA$
 $C \rightarrow bCB \mid aACB \mid bCA_{rr}B \mid aACA_{rr}B \mid a$

Each production beginning with a terminal followed by a word of variables.

gramática anterior convertida na FNG-6

$A \rightarrow bC \mid aAC \mid bCA_{rr} \mid aACA_{rr}$
 $A_{rr} \rightarrow bAC \mid bCBA\Omega_1\Omega_2AC \mid aACBAAC \mid bCA_{rr}BAAC \mid aACA_{rr}BAAC \mid aAAC \mid$
 $bACA_{rr} \mid bCB\Omega_3\Omega_4ACA_{rr} \mid aACBAACA_{rr} \mid bCA_{rr}BAACA_{rr} \mid$
 $aACA_{rr}BAACA_{rr} \mid aACA_{rr}$
 $B \rightarrow b \mid bCBA \mid aACBA \mid bCA_{rr}BA \mid aACA_{rr}BA \mid aA$
 $C \rightarrow bCB \mid aACB \mid bCA_{rr}B \mid aACA_{rr}B \mid a$
 $\Omega_1 \rightarrow b$
 $\Omega_2 \rightarrow b$
 $\Omega_3 \rightarrow a$
 $\Omega_4 \rightarrow a$

Example 2.3

Second step: sort variables

['B', 'C', 'A']

Production set transformation to $A_r \rightarrow A_s \alpha$, where $r \leq s$.

$A \rightarrow bC$
 $\mid ABA C$
 $\mid aAC$
 $B \rightarrow CA$
 $\mid b$
 $C \rightarrow AB$
 $\mid a$

Production set elimination of $A_r \rightarrow A_r \alpha$.

$A \rightarrow bC$
 $\mid aAC$
 $\mid bCA_{rr}$
 $\mid aACA_{rr}$
 $B \rightarrow CA$
 $\mid b$
 $C \rightarrow AB$
 $\mid a$
 $A_{rr} \rightarrow BAC$
 $\mid BACA_{rr}$

Each production beginning with a terminal.

$A \rightarrow bC \mid aAC \mid bCA_{rr} \mid aACA_{rr}$
 $B \rightarrow bCBA \mid aACBA \mid bCA_{rr}BA \mid aACA_{rr}BA \mid aA \mid b$
 $C \rightarrow bCB \mid aACB \mid bCA_{rr}B \mid aACA_{rr}B \mid a$
 $A_{rr} \rightarrow bCBAAC \mid aACBAAC \mid bCA_{rr}BAAC \mid aACA_{rr}BAAC \mid aAAC \mid bAC \mid$
 $bCBAACA_{rr} \mid aACBAACA_{rr} \mid bCA_{rr}BAACA_{rr} \mid aACA_{rr}BAACA_{rr} \mid aACA_{rr} \mid$
 $bACA_{rr}$

Each production beginning with a terminal followed by a word of variables.

$A \rightarrow bC \mid aAC \mid bCA_rr \mid aACA_rr$

$B \rightarrow bCBA \mid aACBA \mid bCA_rrBA \mid aACA_rrBA \mid aA \mid b$

$C \rightarrow bCB \mid aACB \mid bCA_rrB \mid aACA_rrB \mid a$

$A_rr \rightarrow bCBAAC \mid aACBAAC \mid bCA_rrBAAC \mid aACA_rrBAAC \mid aAAC \mid bAC \mid bCBAACA_rr \mid aACBAACA_rr \mid bCA_rrBAACA_rr \mid aACA_rrBAACA_rr \mid aAACA_rr \mid bACA_rr$

TESTE da FNG-6 : Gramática com algumas produções da forma $A \rightarrow aK$

onde K pertence a $(V \cup T)^*$

gramática original na FNG-5:

$A \rightarrow bC \mid aAC \mid bCA_rr \mid aACA_rr$

$A_rr \rightarrow bAC \mid bCBA_bbAC \mid aACBAAC \mid bCA_rrBAAC \mid aACA_rrBAAC \mid aAAC \mid bACA_rr \mid bCBaaAACA_rr \mid aACBAACA_rr \mid bCA_rrBAACA_rr \mid aACA_rrBAACA_rr \mid aAACA_rr$

$B \rightarrow b \mid bCBA \mid aACBA \mid bCA_rrBA \mid aACA_rrBA \mid aA$

$C \rightarrow bCB \mid aACB \mid bCA_rrB \mid aACA_rrB \mid a$

Each production beginning with a terminal followed by a word of variables.

gramática anterior convertida na FNG-6

$A \rightarrow bC \mid aAC \mid bCA_rr \mid aACA_rr$

$A_rr \rightarrow bAC \mid bCBA\Omega_1\Omega_2AC \mid aACBAAC \mid bCA_rrBAAC \mid aACA_rrBAAC \mid aAAC \mid bACA_rr \mid bCB\Omega_3\Omega_4AACA_rr \mid aACBAACA_rr \mid bCA_rrBAACA_rr \mid aACA_rrBAACA_rr \mid aAACA_rr$

$B \rightarrow b \mid bCBA \mid aACBA \mid bCA_rrBA \mid aACA_rrBA \mid aA$

$C \rightarrow bCB \mid aACB \mid bCA_rrB \mid aACA_rrB \mid a$

$\Omega_1 \rightarrow b$

$\Omega_2 \rightarrow b$

$\Omega_3 \rightarrow a$

$\Omega_4 \rightarrow a$

Example 2.4

Second step: sort variables

['C', 'A', 'B']

Production set transformation to $A_r \rightarrow A_s \alpha$, where $r \leq s$.

$A \rightarrow B C$

$B \rightarrow b$

$\mid a A$

$\mid B C B A$

$C \rightarrow A B$

$\mid a$

Production set elimination of $A_r \rightarrow A_r \alpha$.

$A \rightarrow B C$

$B \rightarrow b$

$\mid a A$

$\mid b B_rr$

$\mid a A B_rr$

$C \rightarrow A B$

| a

$B_{rr} \rightarrow C B A$

| C B A B_{rr}

Each production beginning with a terminal.

$A \rightarrow bC \mid aAC \mid bB_{rr}C \mid aAB_{rr}C$

$B \rightarrow b \mid aA \mid bB_{rr} \mid aAB_{rr}$

$C \rightarrow bCB \mid aACB \mid bB_{rr}CB \mid aAB_{rr}CB \mid a$

$B_{rr} \rightarrow bCBBA \mid aACBBA \mid bB_{rr}CBBA \mid aAB_{rr}CBBA \mid aBA \mid bCBBAB_{rr} \mid$
 $aACBBAB_{rr} \mid bB_{rr}CBBAB_{rr} \mid aAB_{rr}CBBAB_{rr} \mid aBAB_{rr}$

Each production beginning with a terminal followed by a word of variables.

$A \rightarrow bC \mid aAC \mid bB_{rr}C \mid aAB_{rr}C$

$B \rightarrow b \mid aA \mid bB_{rr} \mid aAB_{rr}$

$C \rightarrow bCB \mid aACB \mid bB_{rr}CB \mid aAB_{rr}CB \mid a$

$B_{rr} \rightarrow bCBBA \mid aACBBA \mid bB_{rr}CBBA \mid aAB_{rr}CBBA \mid aBA \mid bCBBAB_{rr} \mid$
 $aACBBAB_{rr} \mid bB_{rr}CBBAB_{rr} \mid aAB_{rr}CBBAB_{rr} \mid aBAB_{rr}$

TESTE da FNG-6 : Gramática com algumas produções da forma $A \rightarrow aK$

onde K pertence a $(V \cup T)^*$

gramática original na FNG-5:

$A \rightarrow bC \mid aAC \mid bCA_{rr} \mid aACA_{rr}$

$A_{rr} \rightarrow bAC \mid bCBAbbAC \mid aACBAAC \mid bCA_{rr}BAAC \mid aACA_{rr}BAAC \mid aAAC \mid$
 $bACA_{rr} \mid bCBaaAACA_{rr} \mid aACBAACA_{rr} \mid bCA_{rr}BAACA_{rr} \mid aACA_{rr}BAACA_{rr} \mid$
 $aAACA_{rr}$

$B \rightarrow b \mid bCBA \mid aACBA \mid bCA_{rr}BA \mid aACA_{rr}BA \mid aA$

$C \rightarrow bCB \mid aACB \mid bCA_{rr}B \mid aACA_{rr}B \mid a$

Each production beginning with a terminal followed by a word of variables.

gramática anterior convertida na FNG-6

$A \rightarrow bC \mid aAC \mid bCA_{rr} \mid aACA_{rr}$

$A_{rr} \rightarrow bAC \mid bCBA\Omega_1\Omega_2AC \mid aACBAAC \mid bCA_{rr}BAAC \mid aACA_{rr}BAAC \mid aAAC \mid$
 $bACA_{rr} \mid bCB\Omega_3\Omega_4AACA_{rr} \mid aACBAACA_{rr} \mid bCA_{rr}BAACA_{rr} \mid$
 $aACA_{rr}BAACA_{rr} \mid aAACA_{rr}$

$B \rightarrow b \mid bCBA \mid aACBA \mid bCA_{rr}BA \mid aACA_{rr}BA \mid aA$

$C \rightarrow bCB \mid aACB \mid bCA_{rr}B \mid aACA_{rr}B \mid a$

$\Omega_1 \rightarrow b$

$\Omega_2 \rightarrow b$

$\Omega_3 \rightarrow a$

$\Omega_4 \rightarrow a$

Example 2.5

Second step: sort variables

['C', 'B', 'A']

Production set transformation to $A_r \rightarrow A_s \alpha$, where $r \leq s$.

$A \rightarrow b C$

| A B A C

| a A C

$B \rightarrow b$
 $| A B A$
 $| a A$
 $C \rightarrow A B$
 $| a$

Production set elimination of $A_r \rightarrow A_r \alpha$.

$A \rightarrow b C$
 $| a A C$
 $| b C A_{rr}$
 $| a A C A_{rr}$

$B \rightarrow b$
 $| A B A$
 $| a A$
 $C \rightarrow A B$
 $| a$

$A_{rr} \rightarrow B A C$
 $| B A C A_{rr}$

Each production beginning with a terminal.

$A \rightarrow bC | aAC | bCA_{rr} | aACA_{rr}$
 $B \rightarrow b | bCBA | aACBA | bCA_{rr}BA | aACA_{rr}BA | aA$
 $C \rightarrow bCB | aACB | bCA_{rr}B | aACA_{rr}B | a$
 $A_{rr} \rightarrow bAC | bCBAAC | aACBAAC | bCA_{rr}BAAC | aACA_{rr}BAAC | aAAC |$
 $bACA_{rr} | bCBAACA_{rr} | aACBAACA_{rr} | bCA_{rr}BAACA_{rr} | aACA_{rr}BAACA_{rr} |$
 $aAACA_{rr}$

Each production beginning with a terminal followed by a word of variables.

$A \rightarrow bC | aAC | bCA_{rr} | aACA_{rr}$
 $B \rightarrow b | bCBA | aACBA | bCA_{rr}BA | aACA_{rr}BA | aA$
 $C \rightarrow bCB | aACB | bCA_{rr}B | aACA_{rr}B | a$
 $A_{rr} \rightarrow bAC | bCBAAC | aACBAAC | bCA_{rr}BAAC | aACA_{rr}BAAC | aAAC |$
 $bACA_{rr} | bCBAACA_{rr} | aACBAACA_{rr} | bCA_{rr}BAACA_{rr} | aACA_{rr}BAACA_{rr} |$
 $aAACA_{rr}$

TESTE da FNG-6 : Gramática com algumas produções da forma $A \rightarrow aK$

onde K pertence a $(V \cup T)^*$

gramática original na FNG-5:

$A \rightarrow bC | aAC | bCA_{rr} | aACA_{rr}$
 $A_{rr} \rightarrow bAC | bCBAbbAC | aACBAAC | bCA_{rr}BAAC | aACA_{rr}BAAC | aAAC |$
 $bACA_{rr} | bCBaaAACA_{rr} | aACBAACA_{rr} | bCA_{rr}BAACA_{rr} | aACA_{rr}BAACA_{rr} |$
 $aAACA_{rr}$
 $B \rightarrow b | bCBA | aACBA | bCA_{rr}BA | aACA_{rr}BA | aA$
 $C \rightarrow bCB | aACB | bCA_{rr}B | aACA_{rr}B | a$

Each production beginning with a terminal followed by a word of variables.

gramática anterior convertida na FNG-6

$A \rightarrow bC | aAC | bCA_{rr} | aACA_{rr}$

$A_{rr} \rightarrow bAC \mid bCBA\Omega_1\Omega_2AC \mid aACBAAC \mid bCA_{rr}BAAC \mid aACA_{rr}BAAC \mid aAAC \mid$
 $bACA_{rr} \mid bCB\Omega_3\Omega_4AACA_{rr} \mid aACBAACA_{rr} \mid bCA_{rr}BAACA_{rr} \mid$
 $aACA_{rr}BAACA_{rr} \mid aAACA_{rr}$
 $B \rightarrow b \mid bCBA \mid aACBA \mid bCA_{rr}BA \mid aACA_{rr}BA \mid aA$
 $C \rightarrow bCB \mid aACB \mid bCA_{rr}B \mid aACA_{rr}B \mid a$
 $\Omega_1 \rightarrow b$
 $\Omega_2 \rightarrow b$
 $\Omega_3 \rightarrow a$
 $\Omega_4 \rightarrow a$

Process finished with exit code 0

```

A_rr → bAC | bCBAAC | aACBAAC | bCA_rrBAAC | aACA_rrBAAC | aAAC | bACA_rr | bCBAACA_rr | aACBAACA_rr | bCA_rrBAACA_rr | aACA_rrBAACA_rr | aAACA_rr
A → bC | aAC | bCA_rr | aACA_rr
B → b | bCBA | aACBA | bCA_rrBA | aACA_rrBA | aA
C → bCB | aACB | bCA_rrB | aACA_rrB | a
A_rr → bAC | bCBAAC | aACBAAC | bCA_rrBAAC | aACA_rrBAAC | aAAC | bACA_rr | bCBAACA_rr | aACBAACA_rr | bCA_rrBAACA_rr | aACA_rrBAACA_rr | aAACA_rr

Each production beginning with a terminal followed by a word of variables.
A → bC | aAC | bCA_rr | aACA_rr
A_rr → bAC | bCBAbbAC | aACBAAC | bCA_rrBAAC | aACA_rrBAAC | aAAC | bACA_rr | bCBaaAACA_rr | aACBAACA_rr | bCA_rrBAACA_rr | aACA_rrBAACA_rr | aAACA_rr
B → b | bCBA | aACBA | bCA_rrBA | aACA_rrBA | aA
C → bCB | aACB | bCA_rrB | aACA_rrB | a

trocando simbolo
trocando simbolo
A → bC | aAC | bCA_rr | aACA_rr
A_rr → bAC | bCBAΩ_1Ω_2AC | aACBAAC | bCA_rrBAAC | aACA_rrBAAC | aAAC | bACA_rr | bCBΩ_3Ω_4AACA_rr | aACBAACA_rr | bCA_rrBAACA_rr | aACA_rrBAACA_rr | aAACA_rr
B → b | bCBA | aACBA | bCA_rrBA | aACA_rrBA | aA
C → bCB | aACB | bCA_rrB | aACA_rrB | a
Ω_1 → b
Ω_2 → b
Ω_3 → a
Ω_4 → a

```