

**UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SANTOS**

**CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

**COMPILADORES I**

**DOCENTE: JOSÉ FONTEBASSO NETO**

**Felipe Rocha de Oliveira  
Gabriel Tellaroli Ramos  
Gabrielle Sperandeo Moraes Ferreira**

# Sumário

<b>Sumário</b>	<b>2</b>
<b>1 Introdução</b>	<b>3</b>
<b>2 Descritivo</b>	<b>4</b>
2.1 Gramática	4
2.2 Conjunto First	6
2.3 Conjunto Follow	7
2.4 Tabela Parser	8
2.5 Testes Gerais	9
<b>3 Algoritmo</b>	<b>11</b>

# **1 Introdução**

O documento corresponde ao descritivo da atividade prática/trabalho semestral da disciplina Compiladores I, contendo os requisitos especificados no protocolo da atividade.

## 2 Descritivo

Durante o estudo e desenvolvimento do algoritmo, notou-se a necessidade de realizar alterações na gramática proposta. Suas alterações (em etapas) estão descritas no item **2.1 Gramática**.

Para que fosse possível efetuar a resolução e construção do algoritmo, foi necessário também definir-se um conjunto First e um conjunto Follow, de modo que permitisse a construção da Tabela Parser. Estes estão detalhados, respectivamente, nos itens **2.2 Conjunto First** e **2.3 Conjunto Follow**.

A Tabela Parser completa encontra-se no item **2.4. Tabela Parser** e alguns testes efetuados, no item **2.5 Testes Gerais**.

### 2.1 Gramática

Visando maior praticidade nas alterações, definiu-se como:

- **Conjunto dos Não Terminais ( $V_n$ ):** caracteres minúsculos
- **Conjunto dos Terminais ( $V_t$ ):** caracteres maiúsculos

Dada a gramática original conforme o protocolo da atividade prática/trabalho, foram realizadas alterações visando a resolução do problema proposto.

Deste modo, abaixo seguem-se as alterações efetuadas, divididas pelas etapas:

#### Etapa 1:

Segue-se a tabela com suas produções (nesta etapa, apenas foram reescritas as produções do protocolo da atividade, porém, com outros caracteres):

p	→	qr+
q	→	Ou
r	→	de+
d	→	Nu
e	→	hll
u	→	l+

h	→	G   X   Y   Z   A   B   C   I   J   K   T   S   F   M
l	→	0   1   2   3   4   5   6   7   8   9

Abaixo segue-se o conjunto dos  $V_n$  e  $V_t$  desta etapa:

- $V_t = \{G, X, Y, Z, A, B, C, I, J, K, T, S, F, M, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$
- $V_n = \{p, q, r, d, e, u, h, l\}$

## Etapa 2:

Do conjunto de produções da etapa passada, foram modificadas e alteradas para geração de novas produções e conjunto de  $V_n$  e  $V_t$ , conforme abaixo:

p	→	qx
x	→	ra
a	→	x   $\epsilon$
q	→	Ou
r	→	dy
y	→	eb
b	→	y   $\epsilon$
d	→	Nu
e	→	hll
u	→	z
z	→	lc
c	→	z   $\epsilon$
h	→	G   X   Y   Z   A   B   C   I   J   K   T   S   F   M
l	→	0   1   2   3   4   5   6   7   8   9

Conjunto dos  $V_n$  e  $V_t$  desta etapa:

- $V_t = \{G, X, Y, Z, A, B, C, I, J, K, T, S, F, M, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, \epsilon\}$
- $V_n = \{p, x, a, q, r, y, b, d, e, u, z, c, h, l\}$

### Etapa 3:

Finalizando, foi retirada a produção "u" substituindo-a pelo "z", que representa o "+" (etapa 1):

p	→	qx
x	→	ra
a	→	x   ε
q	→	Oz
r	→	dy
y	→	eb
b	→	y   ε
d	→	Nz
e	→	hll
z	→	lc
c	→	z   ε
h	→	G   X   Y   Z   A   B   C   I   J   K   T   S   F   M
l	→	0   1   2   3   4   5   6   7   8   9

Originou-se assim o seguinte conjunto dos  $V_n$  e  $V_t$  que foram utilizados para implementação da solução:

- $V_t = \{G, X, Y, Z, A, B, C, I, J, K, T, S, F, M, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, \epsilon\}$
- $V_n = \{p, x, a, q, r, y, b, d, e, z, c, h, l\}$

Lembrete: conforme detalhamento do início do item **2.1 Gramática**, foi definido que:

- **Conjunto dos Não Terminais ( $V_n$ ):** caracteres minúsculos
- **Conjunto dos Terminais ( $V_t$ ):** caracteres maiúsculos

## 2.2 Conjunto First

O Conjunto First foi implementado com base nas produções contidas na etapa 3 do item **2.1 Gramática**. Assim, chegou-se às seguintes definições do conjunto:

Fst(p)	=	Fst(p) U Fst(q)
Fst(x)	=	Fst(x) U Fst(r)
Fst(a)	=	Fst(a) U Fst(x) U {ε}
Fst(q)	=	Fst(q) U {O}
Fst(r)	=	Fst(r) U Fst(d)
Fst(y)	=	Fst(y) U Fst(e)
Fst(b)	=	Fst(b) U Fst(y) U {ε}
Fst(d)	=	Fst(d) U {N}
Fst(e)	=	Fst(e) U Fst(h)
Fst(z)	=	Fst(z) U Fst(l)
Fst(c)	=	Fst(c) U Fst(z) U {ε}
Fst(h)	=	Fst(h) U {G, X, Y, Z, A, B, C, I, J, K, T, S, F, M}
Fst(l)	=	Fst(l) U {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9}

Com as regras definidas para o conjunto First, elaboramos efetivamente o conjunto First, conforme imagem abaixo.

First	0	1	2	3	4	5
p	∅	∅	{O}	{O}	{O}	{O}
x	∅	∅	∅	{N}	{N}	{N}
a	∅	{ε}	{ε}	{ε}	{ε, N}	{ε, N}
q	∅	{O}	{O}	{O}	{O}	{O}
r	∅	∅	{N}	{N}	{N}	{N}
y	∅	∅	∅	{G, X, Y, Z, A, B, C, I, J, K, T, S, F, M}	{G, X, Y, Z, A, B, C, I, J, K, T, S, F, M}	{G, X, Y, Z, A, B, C, I, J, K, T, S, F, M}
b	∅	{ε}	{ε}	{ε}	{ε, G, X, Y, Z, A, B, C, I, J, K, T, S, F, M}	{ε, G, X, Y, Z, A, B, C, I, J, K, T, S, F, M}
d	∅	{N}	{N}	{N}	{N}	{N}
e	∅	∅	{G, X, Y, Z, A, B, C, I, J, K, T, S, F, M}	{G, X, Y, Z, A, B, C, I, J, K, T, S, F, M}	{G, X, Y, Z, A, B, C, I, J, K, T, S, F, M}	{G, X, Y, Z, A, B, C, I, J, K, T, S, F, M}
z	∅	∅	{O, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9}	{O, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9}	{O, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9}	{O, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9}
c	∅	{ε}	{ε}	{ε, O, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9}	{ε, O, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9}	{ε, O, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9}
h	∅	{G, X, Y, Z, A, B, C, I, J, K, T, S, F, M}	{G, X, Y, Z, A, B, C, I, J, K, T, S, F, M}	{G, X, Y, Z, A, B, C, I, J, K, T, S, F, M}	{G, X, Y, Z, A, B, C, I, J, K, T, S, F, M}	{G, X, Y, Z, A, B, C, I, J, K, T, S, F, M}
l	∅	{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9}	{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9}	{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9}	{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9}	{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9}

*Imagem 2.2.1. Clique sobre a imagem para ver a tabela da melhor forma.*

## 2.3 Conjunto Follow

Abaixo segue a tabela referente ao conjunto Follow (semelhante ao Conjunto First, item 2.2, tomou-se como base as produções da etapa 3 contidas no item 2.1 **Gramática**):

Flw(x)	=	Flw(x) U Flw(p) U Flw(a)
--------	---	--------------------------

Flw(a)	=	Flw(a) U Flw(x)
Flw(q)	=	Flw(q) U Fst(x)
Flw(r)	=	Flw(r) U Fst(a) U Flw(x)
Flw(y)	=	Flw(y) U Flw(r) U Flw(b)
Flw(b)	=	Flw(b) U Flw(y)
Flw(d)	=	Flw(d) U Fst(y)
Flw(e)	=	Flw(e) U Fst(b) U Flw(y)
Flw(z)	=	Flw(z) U Flw(q) U Flw(d) U Flw(c)
Flw(c)	=	Flw(c) U Flw(z)
Flw(h)	=	Flw(h) U Fst(l)
Flw(l)	=	Flw(l) U Fst(l) U Fst(c) U Flw(z)

Com as regras definidas para o conjunto Follow, elaboramos efetivamente o conjunto, conforme imagem abaixo.

Follow	0	1	2	3	4	5
p	{S}	{S}	{S}	{S}	{S}	{S}
x	{}	{S}	{S}	{S}	{S}	{S}
a	{}	{}	{S}	{S}	{S}	{S}
q	{}	{N}	{N, S}	{N, S}	{N, S}	{N, S}
r	{}	{N, S}	{N, S}	{N, S}	{N, S}	{N, S}
y	{}	{}	{N, S}	{N, S}	{N, S}	{N, S}
b	{}	{}	{}	{N, S}	{N, S}	{N, S}
d	{}	{G, X, Y, Z, A, B, C, I, J, K, T, S, F, M}	{G, X, Y, Z, A, B, C, I, J, K, T, S, F, M}	{G, X, Y, Z, A, B, C, I, J, K, T, S, F, M}	{G, X, Y, Z, A, B, C, I, J, K, T, S, F, M}	{G, X, Y, Z, A, B, C, I, J, K, T, S, F, M}
e	{}	{G, X, Y, Z, A, B, C, I, J, K, T, S, F, M}	{G, X, Y, Z, A, B, C, I, J, K, T, S, F, M}	{G, X, Y, Z, A, B, C, I, J, K, T, S, F, M, N, S}	{G, X, Y, Z, A, B, C, I, J, K, T, S, F, M, N, S}	{G, X, Y, Z, A, B, C, I, J, K, T, S, F, M, N, S}
z	{}	{}	{N, G, X, Y, Z, A, B, C, I, J, K, T, S, F, M}	{N, G, X, Y, Z, A, B, C, I, J, K, T, S, F, M, S}	{N, G, X, Y, Z, A, B, C, I, J, K, T, S, F, M, S}	{N, G, X, Y, Z, A, B, C, I, J, K, T, S, F, M, S}
c	{}	{}	{N, G, X, Y, Z, A, B, C, I, J, K, T, S, F, M, S}	{N, G, X, Y, Z, A, B, C, I, J, K, T, S, F, M, S}	{N, G, X, Y, Z, A, B, C, I, J, K, T, S, F, M, S}	{N, G, X, Y, Z, A, B, C, I, J, K, T, S, F, M, S}
h	{}	{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9}	{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9}	{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9}	{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9}	{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9}
l	{}	{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9}	{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, N, G, X, Y, Z, A, B, C, I, J, K, T, S, F, M}	{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, N, G, X, Y, Z, A, B, C, I, J, K, T, S, F, M, S}	{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, N, G, X, Y, Z, A, B, C, I, J, K, T, S, F, M, S}	{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, N, G, X, Y, Z, A, B, C, I, J, K, T, S, F, M, S}

*Imagem 2.3.1. Clique sobre a imagem para ver a tabela da melhor forma.*

No link da imagem a seguir, é possível verificar a junção em tabela do Conjunto First e do Conjunto Follow:

tb	p	x	a	q	r	y	b	d	e	z
First	{O}	{N}	{E, N}	{O}	{N}	{G, X, Y, Z, A, B, C, I, J, K, T, S, F, M}	{E, G, X, Y, Z, A, B, C, I, J, K, T, S, F, M}	{N}	{G, X, Y, Z, A, B, C, I, J, K, T, S, F, M}	{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9}
Follow	{S}	{S}	{S}	{N, S}	{N, S}	{N, S}	{N, S}	{G, X, Y, Z, A, B, C, I, J, K, T, S, F, M}	{G, X, Y, Z, A, B, C, I, J, K, T, S, F, M, N, S}	{N, G, X, Y, Z, A, B, C, I, J, K, T, S, F, M, S}

*Imagem 2.3.2. Clique sobre a imagem para ver a tabela da melhor forma.*

## 2.4 Tabela Parser

A partir dos Conjuntos First e Follow obtidos, foi implementada a Tabela Parser, contendo as regras abaixo:



Parse	G	X	Y	Z	A	B	C	I	J	K	T	S	F	M	O	N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	\$	
p	ERR01	ERR02	ERR03	ERR04	ERR05	ERR06	ERR07	ERR08	ERR09	ERR10	ERR11	ERR12	ERR13	ERR14	p->qx	ERR15	ERR16	ERR17	ERR18	ERR19	ERR20	ERR21	ERR22	ERR23	ERR24	ERR25	p->e	
x	ERR26	ERR27	ERR28	ERR29	ERR30	ERR31	ERR32	ERR33	ERR34	ERR35	ERR36	ERR37	ERR38	ERR39	ERR40	x->fa	ERR41	ERR42	ERR43	ERR44	ERR45	ERR46	ERR47	ERR48	ERR49	ERR50	x->e	
a	ERR51	ERR52	ERR53	ERR54	ERR55	ERR56	ERR57	ERR58	ERR59	ERR60	ERR61	ERR62	ERR63	ERR64	ERR65	a->x	ERR66	ERR67	ERR68	ERR69	ERR70	ERR71	ERR72	ERR73	ERR74	ERR75	a->e	
q	ERR76	ERR77	ERR78	ERR79	ERR80	ERR81	ERR82	ERR83	ERR84	ERR85	ERR86	ERR87	ERR88	ERR89	q->Oz	ERR90	ERR91	ERR92	ERR93	ERR94	ERR95	ERR96	ERR97	ERR98	ERR99	ERR100	q->e	
r	ERR101	ERR102	ERR103	ERR104	ERR105	ERR106	ERR107	ERR108	ERR109	ERR110	ERR111	ERR112	ERR113	ERR114	r->dy	ERR115	ERR116	ERR117	ERR118	ERR119	ERR120	ERR121	ERR122	ERR123	ERR124	ERR125	r->e	
y	y->eb	y->eb	y->eb	y->eb	y->eb	y->eb	y->eb	y->eb	y->eb	y->eb	y->eb	y->eb	y->eb	y->eb	ERR126	ERR127	ERR128	ERR129	ERR130	ERR131	ERR132	ERR133	ERR134	ERR135	ERR136	ERR137	y->e	
b	b->y	b->y	b->y	b->y	b->y	b->y	b->y	b->y	b->y	b->y	b->y	b->y	b->y	b->y	ERR138	b->e	ERR139	ERR140	ERR141	ERR142	ERR143	ERR144	ERR145	ERR146	ERR147	ERR148	b->e	
d	ERR149	ERR150	ERR151	ERR152	ERR153	ERR154	ERR155	ERR156	ERR157	ERR158	ERR159	ERR160	ERR161	ERR162	ERR163	d->Nz	ERR164	ERR165	ERR166	ERR167	ERR168	ERR169	ERR170	ERR171	ERR172	ERR173	ERR174	d->e
e	e->hl	e->hl	e->hl	e->hl	e->hl	e->hl	e->hl	e->hl	e->hl	e->hl	e->hl	e->hl	e->hl	e->hl	ERR175	ERR176	ERR177	ERR178	ERR179	ERR180	ERR181	ERR182	ERR183	ERR184	ERR185	ERR186	e->e	
z	ERR187	ERR188	ERR189	ERR190	ERR191	ERR192	ERR193	ERR194	ERR195	ERR196	ERR197	ERR198	ERR199	ERR200	ERR201	ERR202	z->lc	z->lc	z->lc	z->lc	z->lc	z->lc	z->lc	z->lc	z->lc	z->lc	z->e	
c	c->e	c->e	c->e	c->e	c->e	c->e	c->e	c->e	c->e	c->e	c->e	c->e	c->e	c->e	ERR203	c->e	c->e	c->e	c->e	c->e	c->e	c->e	c->e	c->e	c->e	c->e	c->e	
h	h->G	h->X	h->Y	h->Z	h->A	h->B	h->C	h->I	h->J	h->K	h->T	h->S	h->F	h->M	ERR204	ERR205	ERR206	ERR207	ERR208	ERR209	ERR210	ERR211	ERR212	ERR213	ERR214	ERR215	ERR216	h->e
I	ERR217	ERR218	ERR219	ERR220	ERR221	ERR222	ERR223	ERR224	ERR225	ERR226	ERR227	ERR228	ERR229	ERR230	ERR231	ERR232	I->0	I->1	I->2	I->3	I->4	I->5	I->6	I->7	I->8	I->9	I->e	

Imagem 2.4.1. Clique sobre a imagem para ver a tabela da melhor forma.

## 2.5 Testes Gerais

Foram também efetuados testes com alguns trechos do exemplo contido no protocolo da atividade prática/trabalho. Estes testes encontram-se abaixo:

### Teste 1:

Teste 1			
Iteração	Pilha	Sentença	Regra
1	p\$	O0073\$	p -> qx
2	qx\$	O0073\$	q -> Oz
3	Ozx\$	O0073\$	retira O
4	zx\$	0073\$	z -> lc
5	lcx\$	0073\$	l -> 0
6	0cx\$	0073\$	retira 0
7	cx\$	073\$	c -> z
8	zx\$	073\$	z -> lc
9	lcx\$	073\$	l -> 0
10	0cx\$	073\$	retira 0
11	cx\$	73\$	c -> z
12	zx\$	73\$	z -> lc
13	lcx\$	73\$	l -> 7
14	7cx\$	73\$	retira 7
15	cx\$	3\$	c -> z
16	zx\$	3\$	z -> lc
17	lcx\$	3\$	l -> 3
18	3cx\$	3\$	retira 3
19	cx\$	\$	c -> e
	x\$	\$	x -> e
	\$	\$	ACEITO

Imagem 2.5.1. Clique sobre a imagem para ver a tabela da melhor forma.

## Teste 2:

Notar que este teste é uma continuação do **Teste 1**, porém, com uma outra sentença que pode ser trabalhada em conjunto (continuação) da sentença utilizada no teste anterior.

Teste 2			
Iteração	Pilha	Sentença	Regra
19	cx\$	N20T02\$	c -> ε
20	εx\$	N20T02\$	retira ε
21	x\$	N20T02\$	x -> ra
22	ra\$	N20T02\$	r -> dy
23	dya\$	N20T02\$	d -> Nz
24	Nzya\$	N20T02\$	retira N
25	zya\$	20T02\$	z -> lc
26	lcya\$	20T02\$	l -> 2
27	2cya\$	20T02\$	retira 2
28	cya\$	0T02\$	c -> z
29	zya\$	0T02\$	z -> lc
30	lcya\$	0T02\$	l -> 0
31	0cya\$	0T02\$	retira 0
32	cya\$	T02\$	c -> ε
33	ya\$	T02\$	y -> eb
34	eba\$	T02\$	e -> hll
35	hllba\$	T02\$	h -> T
36	Tllba\$	T02\$	retira T
37	llba\$	02\$	l -> 0
38	0lba\$	02\$	retira 0
39	lba\$	2\$	l -> 2
40	2ba\$	2\$	retira 2
41	ba\$	\$	b -> ε
42	a\$	\$	a -> ε
43	\$	\$	ACEITO

*Imagem 2.5.2. Clique sobre a imagem para ver a tabela da melhor forma.*

### Teste 3:

Teste 3							
Iteração	Pilha	Sentença	Regra	Iteração			
1	ba\$	N40G54S30M03\$	b -> ε	24	ya\$	S30M03\$	y -> eb
2	a\$	N40G54S30M03\$	a -> x	25	eba\$	S30M03\$	e -> hll
3	x\$	N40G54S30M03\$	x -> ra	26	hllba\$	S30M03\$	h -> S
4	ra\$	N40G54S30M03\$	r -> dy	27	Sllba\$	S30M03\$	retira S
5	dya\$	N40G54S30M03\$	d -> Nz	28	llba\$	30M03\$	l -> 3
6	Nzya\$	N40G54S30M03\$	retira N	29	3lba\$	30M03\$	retira 3
7	zya\$	40G54S30M03\$	z -> lc	30	lba\$	0M03\$	l -> 0
8	lcya\$	40G54S30M03\$	l -> 4	31	0ba\$	0M03\$	retira 0
9	4cya\$	40G54S30M03\$	retira 4	32	ba\$	M03\$	b -> y
10	cya\$	0G54S30M03\$	c -> z	33	ya\$	M03\$	y -> eb
11	zya\$	0G54S30M03\$	z -> lc	34	eba\$	M03\$	e -> hll
12	lcya\$	0G54S30M03\$	l -> 0	35	hllba\$	M03\$	h -> M
13	0cya\$	0G54S30M03\$	retira 0	36	Mllba\$	M03\$	retira M
14	cya\$	G54S30M03\$	c -> ε	37	llba\$	03\$	l -> 0
15	ya\$	G54S30M03\$	y -> eb	38	0lba\$	03\$	retira 0
16	eba\$	G54S30M03\$	e -> hll	39	lba\$	3\$	l -> 3
17	hllba\$	G54S30M03\$	h -> G	40	3ba\$	3\$	retira 3
18	Gllba\$	G54S30M03\$	retira G	41	ba\$	\$	b -> ε
19	llba\$	54S30M03\$	l -> 5	42	a\$	\$	a -> ε
20	5lba\$	54S30M03\$	retira 5	43	\$	\$	ACEITO
21	lba\$	4S30M03\$	l -> 4				
22	4ba\$	4S30M03\$	retira 4				
23	ba\$	S30M03\$	b -> y				

Imagem 2.5.3. Clique sobre a imagem para ver a tabela da melhor forma.

## 3 Algoritmo

Através da linguagem de programação Python, foi desenvolvido o arquivo “analizador\_sintatico.py” contendo a resolução do problema proposto no protocolo desta atividade. O código encontra-se totalmente documentado e com exemplificações para melhor entendimento.

Segue-se também o link do GitHub criado para este repositório: [https://github.com/Felps-Oliver/Analizador\\_Sintatico](https://github.com/Felps-Oliver/Analizador_Sintatico).