

# *MAC2166*

*Computadores: Arquitetura Básica e  
Programas em Linguagem de Máquina*

Leliane Nunes de Barros  
IME-USP

# Computador

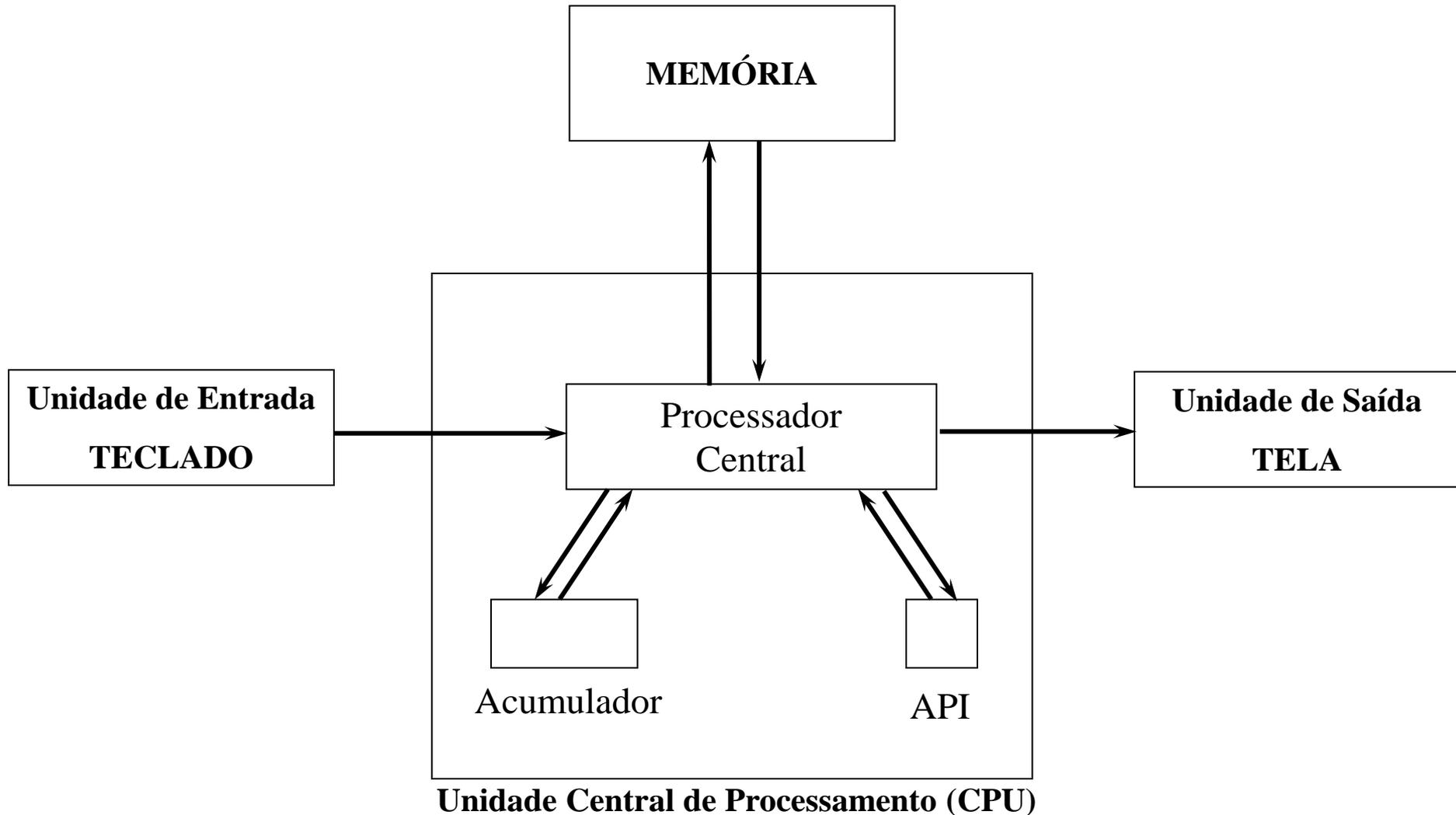
- Serve basicamente para resolver problemas
- Algoritmos: soluções de problemas
- Um programa é uma transcrição de um algoritmo para uma linguagem específica (código) que o computador é capaz de executar
- O programa fica armazenado na memória do computador (diferente da forma que usamos uma calculadora simples)

# Exemplo de problema

## *PROBLEMA 1:*

Ler uma seqüência de números inteiros, pelo teclado, e apresentar na tela o resultado da soma da seqüência lida.

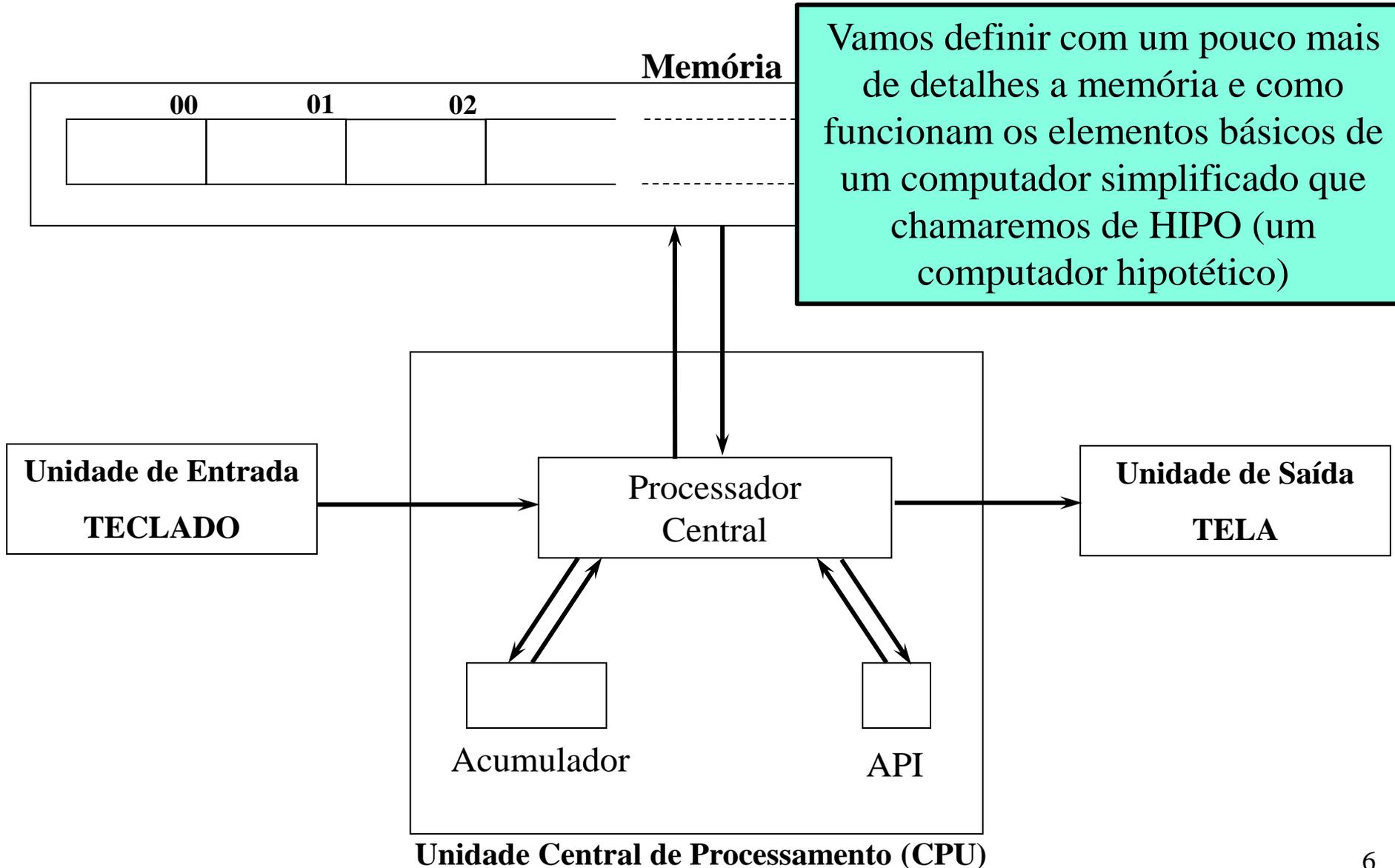
# Arquitetura básica de um computador



# Arquitetura básica de um computador

- Um programa de computador é composto de instruções básicas
- A CPU é o cérebro do computador ==> onde as instruções são de fato executadas
- *Um cérebro sem memória não serve para nada:* o programa e os dados são armazenados na memória do computador
- O acumulador é um tipo especial de memória da CPU que serve para executar instruções que envolvem 2 operandos
- O API (Apontador de Instruções) serve para apontar a posição de memória onde estará a próxima instrução do programa a ser executada pelo computador

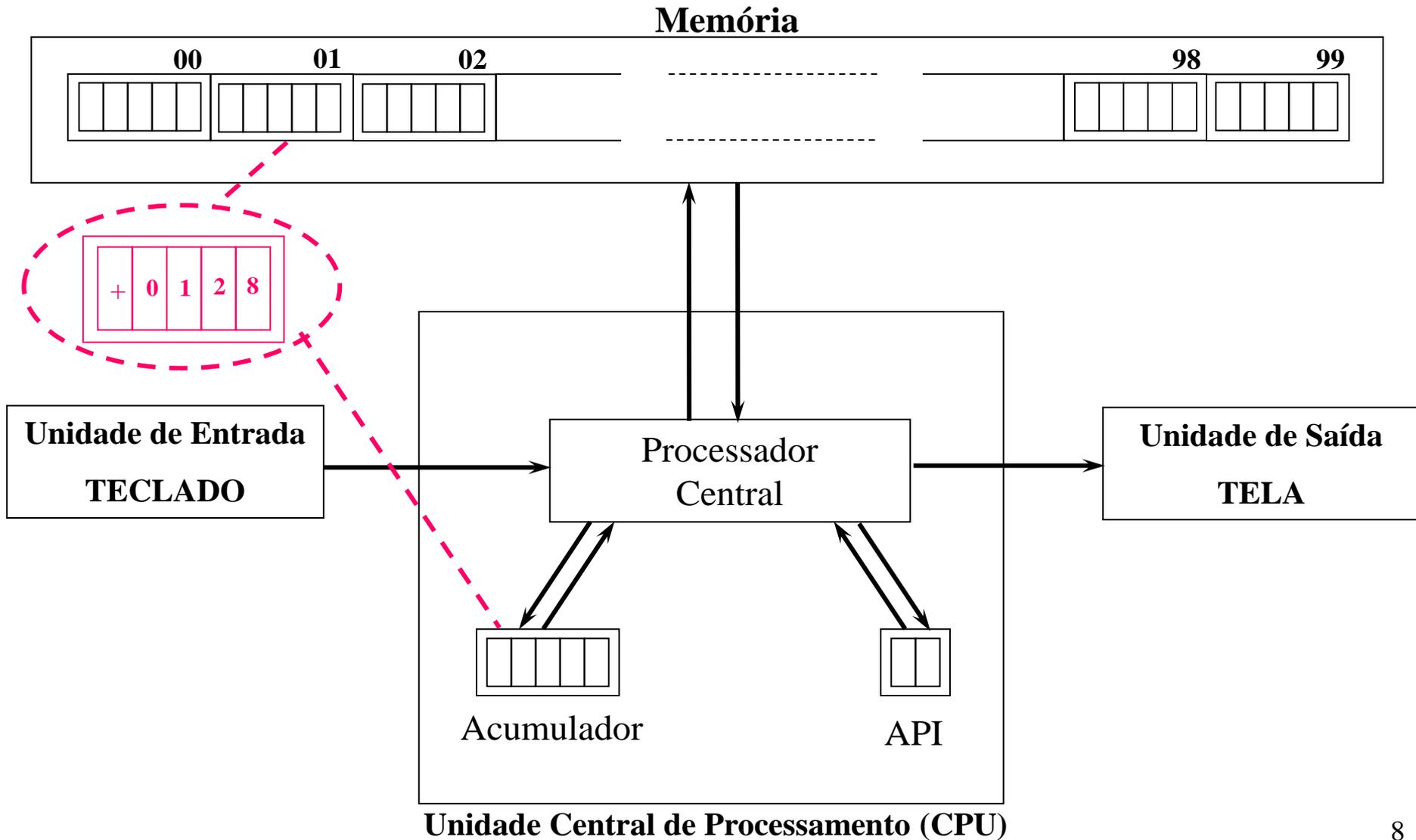
# O computador HIPO



# Objetivo dessa Aula

- Mostrar como o programa que resolve o Problema 1, pode ser *codificado* na memória do computador HIPO
- Mostrar como o computador HIPO executa o programa usando essa *codificação*

# O computador HIPO

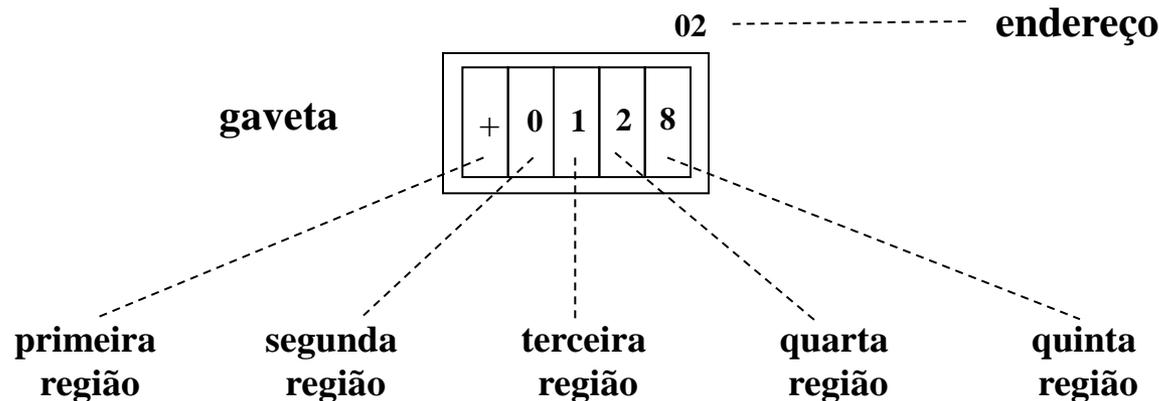


# Tamanho de memória

- A memória do nosso computador HIPO, é composta por 100 gavetas enumeradas de 0 à 99
- Dizemos que o tamanho da memória deste computador é 100

*Nos computadores reais o tamanho é dado em bytes, por exemplo, 500 Mbytes de memória equivalem a 500 milhões de gavetas (bytes). É comum encontrarmos computadores com tamanho de memória até 8 Gbytes (1 Gbytes =  $10^6$  bytes).*

# HIPO: formato da gaveta de memória



- A gaveta do computador HIPO é dividida em 5 regiões
- A primeira região guarda um sinal '+' ou '-'
- Cada região armazena dígitos de 0 a 9 (sistema de enumeração decimal ou de base 10)

*Num computador real, cada gaveta (byte) é dividida em 8 regiões (bits) contendo os dígitos 0 ou 1 (sistema binário ou de base 2)*

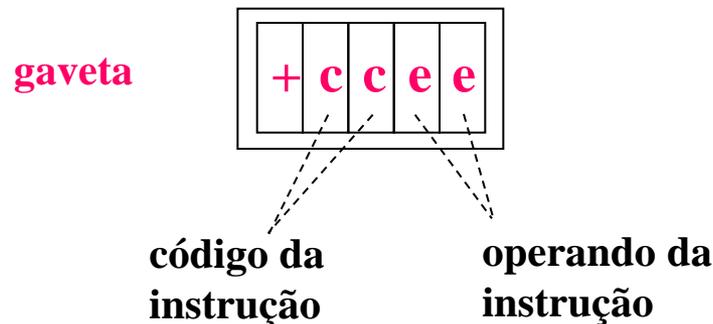


# Linguagem de Máquina

- Já sabemos como armazenar números na memória principal
- Como armazenar as instruções do programa?
  - Um computador só pode executar instruções expressas em sua *linguagem de máquina*
  - Vamos definir a linguagem de máquina do computador HIPO
  - Essa linguagem vai ser codificado por números inteiros

# A Linguagem de Máquina do HIPO

- Instruções quase sempre estão associadas a uma gaveta de memória
- Formato de uma instrução no HIPO:



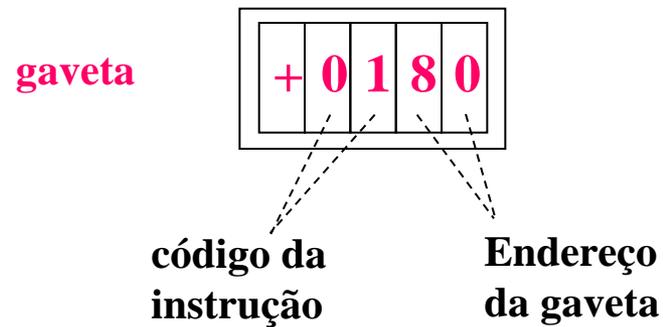
- **cc** são os dois dígitos usados para identificar a instrução, que chamaremos de *código de instrução*
- **ee** são os dois dígitos usados para o endereço de memória associado à instrução, que chamaremos de *operando de instrução*

# Instruções do HIPO

<b>Código da instrução</b>	<b>Código Simbólico</b>	<b>Significado da instrução</b>
<b>01</b>	<b>lei</b>	<b>Leia um número do teclado e armazene-o em uma gaveta.</b>
<b>02</b>	<b>imp</b>	<b>Imprima na tela o conteúdo de uma gaveta.</b>
<b>03</b>	<b>cga</b>	<b>Copie o conteúdo de uma gaveta para o acumulador.</b>
<b>04</b>	<b>cag</b>	<b>Copie o conteúdo do acumulador para uma gaveta.</b>
<b>05</b>	<b>som</b>	<b>Some o conteúdo do acumulador com o conteúdo de uma gaveta e guarde o resultado no acumulador.</b>
<b>06</b>	<b>des</b>	<b>Modifique o API para um endereço de uma gaveta.</b>
<b>07</b>	<b>dez</b>	<b>Modifique o API para um endereço de uma gaveta, se o conteúdo do acumulador é igual a zero.</b>
<b>08</b>	<b>fim</b>	<b>Fim das instruções.</b>

# Exemplo de uma instrução na memória

Código	Significado
01	Leia um número do teclado e armazene-o na gaveta de endereço 80



# Programa: *imprime a soma de dois números lidos*

## Execução para as entradas 6 e 4

<b>Gaveta</b>	<b>Conteúdo</b>	<b>Símbolo</b>
00	+0180	lei gav
01	+0181	lei gav
02	+0380	cga gav
03	+0581	som gav
04	+0483	cag gav
05	+0283	imp gav
06	+0800	fim
07		
...		
80		
81		
82		
83		
...		

**API**



**acumulador**



**tela**



# Programa: *imprime a soma de dois números lidos*

Execução para as entradas 6 e 4

Gaveta	Conteúdo	Símbolo
00	+0180	lei gav
01	+0181	lei gav
02	+0380	cga gav
03	+0581	som gav
04	+0483	cag gav
05	+0283	imp gav
06	+0800	fim
07		
...		
80		
81		
82		
83		
...		

**API**



**acumulador**



**tela**



# Programa: *imprime a soma de dois números lidos*

Execução para as entradas ~~6~~ e 4

Gaveta	Conteúdo	Símbolo
00	+0180	lei gav
01	+0181	lei gav
02	+0380	cga gav
03	+0581	som gav
04	+0483	cag gav
05	+0283	imp gav
06	+0800	fim
07		
...		
80	+0006	
81		
82		
83		
...		

**API**



**acumulador**



**tela**



# Programa: *imprime a soma de dois números lidos*

Execução para as entradas ~~6~~ e ~~4~~

Gaveta	Conteúdo	Símbolo
00	+0180	lei gav
01	+0181	lei gav
02	+0380	cga gav
03	+0581	som gav
04	+0483	cag gav
05	+0283	imp gav
06	+0800	fim
07		
...		
80	+0006	
81	+0004	
82		
83		
...		

**API**



**acumulador**



**tela**



# Programa: *imprime a soma de dois números lidos*

Execução para as entradas ~~6~~ e ~~4~~

Gaveta	Conteúdo	Símbolo
00	+0180	lei gav
01	+0181	lei gav
02	+0380	cga gav
03	+0581	som gav
04	+0483	cag gav
05	+0283	imp gav
06	+0800	fim
07		
...		
80	+0006	
81	+0004	
82		
83		
...		

**API**



**acumulador**

**+0006**

**tela**



# Programa: *imprime a soma de dois números lidos*

Execução para as entradas ~~6~~ e ~~4~~

Gaveta	Conteúdo	Símbolo
00	+0180	lei gav
01	+0181	lei gav
02	+0380	cga gav
03	+0581	som gav
04	+0483	cag gav
05	+0283	imp gav
06	+0800	fim
07		
...		
80	+0006	
81	+0004	
82		
83		
...		

**API**

**acumulador**

**+0010**

**tela**



# Programa: *imprime a soma de dois números lidos*

Execução para as entradas ~~6~~ e ~~4~~

Gaveta	Conteúdo	Símbolo
00	+0180	lei gav
01	+0181	lei gav
02	+0380	cga gav
03	+0581	som gav
04	+0483	cag gav
05	+0283	imp gav
06	+0800	fim
07		
...		
80	+0006	
81	+0004	
82		
83	+0010	
...		

**API**

**acumulador**

+0010

**tela**



# Programa: *imprime a soma de dois números lidos*

Execução para as entradas ~~6~~ e ~~4~~

Gaveta	Conteúdo	Símbolo
00	+0180	lei gav
01	+0181	lei gav
02	+0380	cga gav
03	+0581	som gav
04	+0483	cag gav
05	+0283	imp gav
06	+0800	fim
07		
...		
80	+0006	
81	+0004	
82		
83	+0010	
...		

**API**

**acumulador**

+0010

**tela**

**10**

# Programa: *imprime a soma de dois números lidos*

Execução para as entradas ~~6~~ e ~~4~~

<b>Gaveta</b>	<b>Conteúdo</b>	<b>Símbolo</b>
00	+0180	lei gav
01	+0181	lei gav
02	+0380	cga gav
03	+0581	som gav
04	+0483	cag gav
05	+0283	imp gav
06	+0800	fim
07		
...		
80	+0006	
81	+0004	
82		
83	+0010	
...		

**acumulador**

+0010

**tela**

10

# Programa: *imprime a soma de dois números lidos*

## Execução para as entradas 6 e 4

	<b>Gaveta</b>	<b>Conteúdo</b>	<b>Símbolo</b>
<b>leitura dos dados</b>	00	+0180	lei gav
	01	+0181	lei gav
<b>soma = num1+num2</b>	02	+0380	cga gav
	03	+0581	som gav
	04	+0483	cag gav
	05	+0283	imp gav
	06	+0800	fim
	07		
	...		
<b>num1</b>	80	+0006	
<b>num2</b>	81	+0004	
	82		
<b>soma</b>	83	+0010	
	...		

**acumulador**  
+0010

**tela**  
10

# Execução de Programas

No HIPO, a execução de um programa ocorre da seguinte forma:

Passo 1: Carrega o programa na memória, instrução por instrução, a partir do endereço 00

Passo 2: Inicializa o API com 00

Passo 3: Traduz a instrução armazenada apontada pelo API

Passo 4: Aumenta o API de um

Passo 5: Executa a instrução

Passo 6: Volta para o passo 3

Execute o programa para as seguintes entradas pelo teclado: 3 , 4 , 0

<b>Gaveta</b>	<b>Conteúdo</b>	<b>Símbolo</b>
00	+0311	cga gav
01	+0413	cag gav
02	+0112	lei gav
03	+0312	cga gav
04	+0709	dez gav
05	+0313	cga gav
06	+0512	som gav
07	+0413	cag gav
08	+0602	des gav
09	+0213	imp gav
10	+0800	fim
11	+0000	
12		
13		

**API**



**acumulador**

**tela**

Execute o programa para as seguintes entradas pelo teclado: 3 , 4 , 0

Gaveta	Conteúdo	Símbolo
00	+0311	cga gav
01	+0413	cag gav
02	+0112	lei gav
03	+0312	cga gav
04	+0709	dez gav
05	+0313	cga gav
06	+0512	som gav
07	+0413	cag gav
08	+0602	des gav
09	+0213	imp gav
10	+0800	fim
11	+0000	
12		
13		



acumulador

+0000

tela



Execute o programa para as seguintes entradas  
pelo teclado: 3 , 4 , 0

Gaveta	Conteúdo	Símbolo
00	+0311	cga gav
01	+0413	cag gav
02	+0112	lei gav
03	+0312	cga gav
04	+0709	dez gav
05	+0313	cga gav
06	+0512	som gav
07	+0413	cag gav
08	+0602	des gav
09	+0213	imp gav
10	+0800	fim
11	+0000	
12		
13	+0000	



acumulador

+0000

tela



Execute o programa para as seguintes entradas  
pelo teclado: 3 , 4 , 0

Gaveta	Conteúdo	Símbolo
00	+0311	cga gav
01	+0413	cag gav
02	+0112	lei gav
03	+0312	cga gav
04	+0709	dez gav
05	+0313	cga gav
06	+0512	som gav
07	+0413	cag gav
08	+0602	des gav
09	+0213	imp gav
10	+0800	fim
11	+0000	
12	+0003	
13	+0000	



acumulador

+0000

tela



Execute o programa para as seguintes entradas  
pelo teclado: ~~3~~, 4, 0

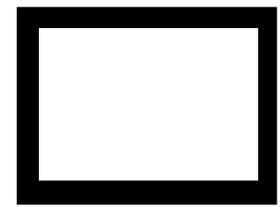
Gaveta	Conteúdo	Símbolo
00	+0311	cga gav
01	+0413	cag gav
02	+0112	lei gav
03	+0312	cga gav
04	+0709	dez gav
05	+0313	cga gav
06	+0512	som gav
07	+0413	cag gav
08	+0602	des gav
09	+0213	imp gav
10	+0800	fim
11	+0000	
12	+0003	
13	+0000	



acumulador

+0003

tela



Execute o programa para as seguintes entradas  
pelo teclado: ~~3~~, 4, 0

Gaveta	Conteúdo	Símbolo
00	+0311	cga gav
01	+0413	cag gav
02	+0112	lei gav
03	+0312	cga gav
04	+0709	dez gav
05	+0313	cga gav
06	+0512	som gav
07	+0413	cag gav
08	+0602	des gav
09	+0213	imp gav
10	+0800	fim
11	+0000	
12	+0003	
13	+0000	



acumulador

+0003

tela



Execute o programa para as seguintes entradas  
pelo teclado: ~~3~~, 4, 0

Gaveta	Conteúdo	Símbolo
00	+0311	cga gav
01	+0413	cag gav
02	+0112	lei gav
03	+0312	cga gav
04	+0709	dez gav
05	+0313	cga gav
06	+0512	som gav
07	+0413	cag gav
08	+0602	des gav
09	+0213	imp gav
10	+0800	fim
11	+0000	
12	+0003	
13	+0000	

acumulador

+0000

tela

Execute o programa para as seguintes entradas  
pelo teclado: ~~3~~, 4, 0

Gaveta	Conteúdo	Símbolo
00	+0311	cga gav
01	+0413	cag gav
02	+0112	lei gav
03	+0312	cga gav
04	+0709	dez gav
05	+0313	cga gav
06	+0512	som gav
07	+0413	cag gav
08	+0602	des gav
09	+0213	imp gav
10	+0800	fim
11	+0000	
12	+0003	
13	+0000	

acumulador

+0003

tela

Execute o programa para as seguintes entradas pelo teclado: ~~3~~, 4, 0

Gaveta	Conteúdo	Símbolo
00	+0311	cga gav
01	+0413	cag gav
02	+0112	lei gav
03	+0312	cga gav
04	+0709	dez gav
05	+0313	cga gav
06	+0512	som gav
07	+0413	cag gav
08	+0602	des gav
09	+0213	imp gav
10	+0800	fim
11	+0000	
12	+0003	
13	+0003	

acumulador

+0003

tela



Execute o programa para as seguintes entradas pelo teclado: ~~3~~, 4, 0

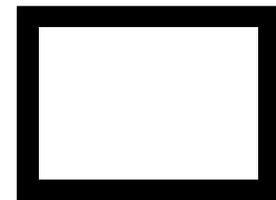
Gaveta	Conteúdo	Símbolo
00	+0311	cga gav
01	+0413	cag gav
02	+0112	lei gav
03	+0312	cga gav
04	+0709	dez gav
05	+0313	cga gav
06	+0512	som gav
07	+0413	cag gav
08	+0602	des gav
09	+0213	imp gav
10	+0800	fim
11	+0000	
12	+0003	
13	+0003	



acumulador

+0003

tela



Execute o programa para as seguintes entradas pelo teclado: ~~3~~, ~~4~~, 0

Gaveta	Conteúdo	Símbolo
00	+0311	cga gav
01	+0413	cag gav
02	+0112	lei gav
03	+0312	cga gav
04	+0709	dez gav
05	+0313	cga gav
06	+0512	som gav
07	+0413	cag gav
08	+0602	des gav
09	+0213	imp gav
10	+0800	fim
11	+0000	
12	+0004	
13	+0003	



acumulador

+0003

tela



Execute o programa para as seguintes entradas pelo teclado: ~~3~~, ~~4~~, 0

Gaveta	Conteúdo	Símbolo
00	+0311	cga gav
01	+0413	cag gav
02	+0112	lei gav
03	+0312	cga gav
04	+0709	dez gav
05	+0313	cga gav
06	+0512	som gav
07	+0413	cag gav
08	+0602	des gav
09	+0213	imp gav
10	+0800	fim
11	+0000	
12	+0004	
13	+0003	



acumulador

+0004

tela



Execute o programa para as seguintes entradas pelo teclado: ~~3~~, ~~4~~, 0

Gaveta	Conteúdo	Símbolo
00	+0311	cga gav
01	+0413	cag gav
02	+0112	lei gav
03	+0312	cga gav
04	+0709	dez gav
05	+0313	cga gav
06	+0512	som gav
07	+0413	cag gav
08	+0602	des gav
09	+0213	imp gav
10	+0800	fim
11	+0000	
12	+0004	
13	+0003	



acumulador

+0004

tela



Execute o programa para as seguintes entradas pelo teclado: ~~3~~, ~~4~~, 0

Gaveta	Conteúdo	Símbolo
00	+0311	cga gav
01	+0413	cag gav
02	+0112	lei gav
03	+0312	cga gav
04	+0709	dez gav
05	+0313	cga gav
06	+0512	som gav
07	+0413	cag gav
08	+0602	des gav
09	+0213	imp gav
10	+0800	fim
11	+0000	
12	+0004	
13	+0003	

acumulador

+0003

tela

Execute o programa para as seguintes entradas  
pelo teclado: ~~3~~, ~~4~~, 0

Gaveta	Conteúdo	Símbolo
00	+0311	cga gav
01	+0413	cag gav
02	+0112	lei gav
03	+0312	cga gav
04	+0709	dez gav
05	+0313	cga gav
06	+0512	som gav
07	+0413	cag gav
08	+0602	des gav
09	+0213	imp gav
10	+0800	fim
11	+0000	
12	+0004	
13	+0003	

acumulador

+0007

tela



Execute o programa para as seguintes entradas pelo teclado: ~~3~~, ~~4~~, 0

Gaveta	Conteúdo	Símbolo
00	+0311	cga gav
01	+0413	cag gav
02	+0112	lei gav
03	+0312	cga gav
04	+0709	dez gav
05	+0313	cga gav
06	+0512	som gav
07	+0413	cag gav
08	+0602	des gav
09	+0213	imp gav
10	+0800	fim
11	+0000	
12	+0004	
13	+0007	

acumulador

+0007

tela



Execute o programa para as seguintes entradas  
pelo teclado: ~~3~~, ~~4~~, 0

Gaveta	Conteúdo	Símbolo
00	+0311	cga gav
01	+0413	cag gav
02	+0112	lei gav
03	+0312	cga gav
04	+0709	dez gav
05	+0313	cga gav
06	+0512	som gav
07	+0413	cag gav
08	+0602	des gav
09	+0213	imp gav
10	+0800	fim
11	+0000	
12	+0004	
13	+0007	



acumulador

+0007

tela



Execute o programa para as seguintes entradas  
pelo teclado: ~~3~~, ~~4~~, ~~0~~

Gaveta	Conteúdo	Símbolo
00	+0311	cga gav
01	+0413	cag gav
02	+0112	lei gav
03	+0312	cga gav
04	+0709	dez gav
05	+0313	cga gav
06	+0512	som gav
07	+0413	cag gav
08	+0602	des gav
09	+0213	imp gav
10	+0800	fim
11	+0000	
12	+0000	
13	+0007	



acumulador

+0007

tela



Execute o programa para as seguintes entradas pelo teclado: ~~3~~, ~~4~~, ~~0~~

Gaveta	Conteúdo	Símbolo
00	+0311	cga gav
01	+0413	cag gav
02	+0112	lei gav
03	+0312	cga gav
04	+0709	dez gav
05	+0313	cga gav
06	+0512	som gav
07	+0413	cag gav
08	+0602	des gav
09	+0213	imp gav
10	+0800	fim
11	+0000	
12	+0000	
13	+0007	



acumulador

+0000

tela



Execute o programa para as seguintes entradas pelo teclado: ~~3~~, ~~4~~, ~~0~~

Gaveta	Conteúdo	Símbolo
00	+0311	cga gav
01	+0413	cag gav
02	+0112	lei gav
03	+0312	cga gav
04	+0709	dez gav
05	+0313	cga gav
06	+0512	som gav
07	+0413	cag gav
08	+0602	des gav
09	+0213	imp gav
10	+0800	fim
11	+0000	
12	+0000	
13	+0007	

acumulador

+0000

tela



Execute o programa para as seguintes entradas pelo teclado: ~~3~~, ~~4~~, ~~0~~

Gaveta	Conteúdo	Símbolo
00	+0311	cga gav
01	+0413	cag gav
02	+0112	lei gav
03	+0312	cga gav
04	+0709	dez gav
05	+0313	cga gav
06	+0512	som gav
07	+0413	cag gav
08	+0602	des gav
09	+0213	imp gav
10	+0800	fim
11	+0000	
12	+0000	
13	+0007	

acumulador

+0000

tela

7

Execute o programa para as seguintes entradas  
pelo teclado: ~~3~~, ~~4~~, ~~0~~

Gaveta	Conteúdo	Símbolo
00	+0311	cga gav
01	+0413	cag gav
02	+0112	lei gav
03	+0312	cga gav
04	+0709	dez gav
05	+0313	cga gav
06	+0512	som gav
07	+0413	cag gav
08	+0602	des gav
09	+0213	imp gav
10	+0800	fim
11	+0000	
12	+0000	
13	+0007	

acumulador

+0000

tela

7

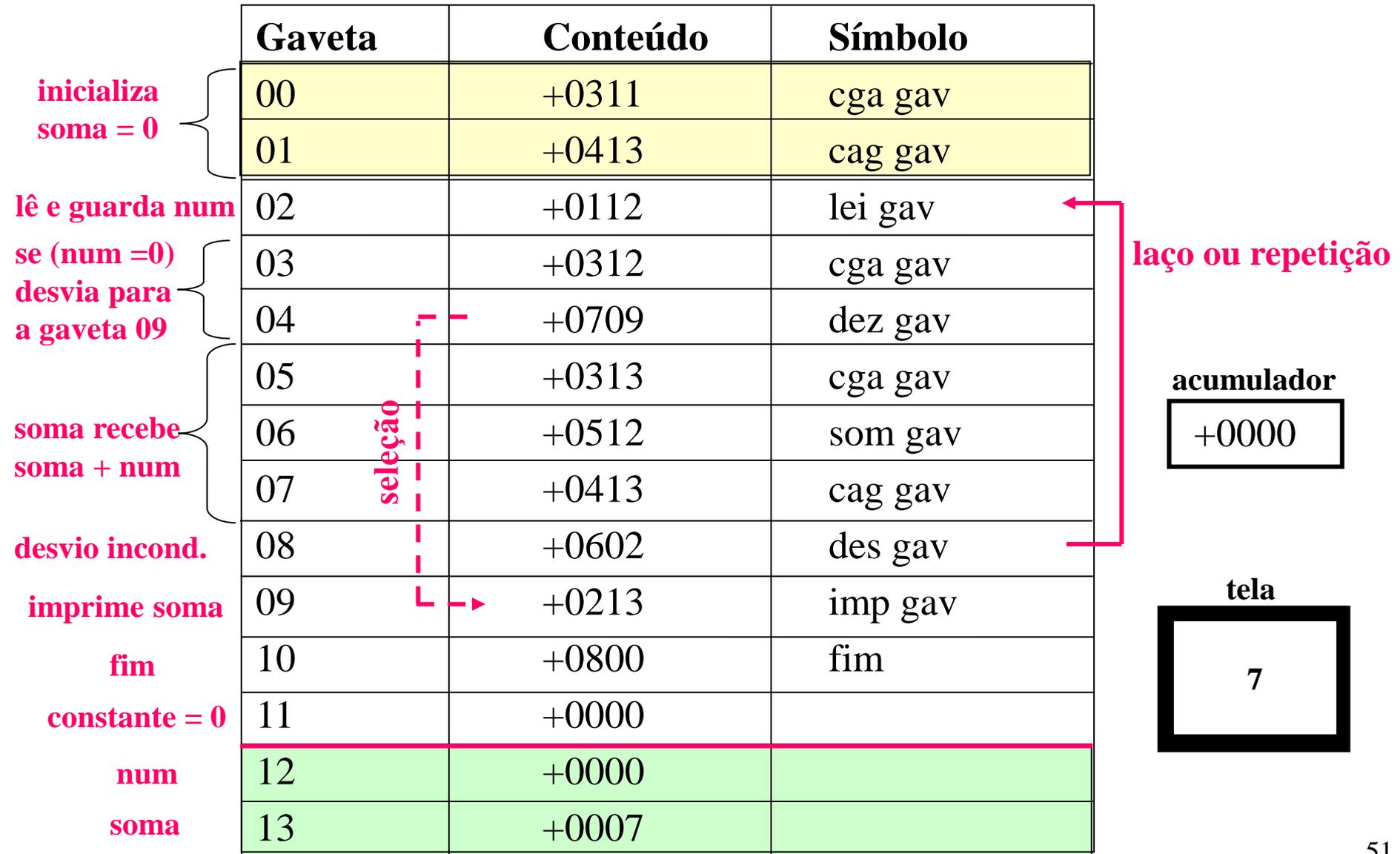
O que esse programa faz?

O que esse programa faz?

*PROBLEMA 2:*

Dada uma seqüência de números inteiros,  
terminada por 0, imprimir sua soma

# Execute o programa para as seguintes entradas pelo teclado: 3, 4, 0



# Linguagem de alto-nível

Programa escrito em linguagem de alto nível (também chamado de *pseudo-código*)

1. soma  $\leftarrow$  0
2. lê e armazena num
3. se (num = 0) desvia para linha 6
4. soma  $\leftarrow$  soma + num
5. desvia para linha 2
6. imprime soma
7. fim

A linguagem de máquina do HIPO possui os mesmos recursos básicos computacionais que as linguagens de programação de alto nível possuem

Outros exemplos de computadores hipotéticos:

- **MIX** (Knuth)
- **TOY** (Sedgewick)
- **HIPO** (Setzer)

# Compilador

- Um compilador traduz um programa descrito em uma linguagem de programação de alto nível (*programa fonte*) para um programa descrito em linguagem de máquina (*programa executável*), que pode ser diretamente executada pelo computador
- Neste curso, escreveremos programas na linguagem de alto-nível C e usaremos um compilador C para executar os nossos programas em máquinas reais (no computador de casa ou do laboratório)

# Principal dificuldade desse curso

- Dado um problema para o qual se conhece uma ou mais soluções (algoritmos), construir um programa que o computador consiga executar , ou seja, traduzir os algoritmos (soluções) que conhecemos para uma linguagem de programação de alto-nível.
  - Algumas vezes, também é difícil criar uma solução (algoritmo) mas como a maioria dos problemas que resolveremos nesse curso possuem soluções simples, o principal desafio será o de traduzir nossos algoritmos para a linguagem C

*Por incrível que pareça, existem programas que constróem programas que resolvem problemas. Mas ainda assim é preciso que um ser humano contrua o primeiro programa! Apesar dos computadores serem máquinas incríveis, sempre precisaremos de bons programadores para programá-los.*

# Lição de casa

## *PROBLEMA 3:*

Escrever um programa que lê um número inteiro e, se for diferente de zero, imprime o número multiplicado por 3

- Desafio extra: observe se o seu programa possui trechos repetidos e, se possível, modifique-o para que ele não tenha partes repetidas.

## Desafio

### *PROBLEMA 4:*

Dados um número inteiro  $n$ ,  $n > 0$ , e uma seqüência com  $n$  números inteiros, escrever um programa que imprima na tela a soma dos inteiros da seqüência.