Unidade 10 – Análise de Algoritmos com Estruturas de Dados Lineares

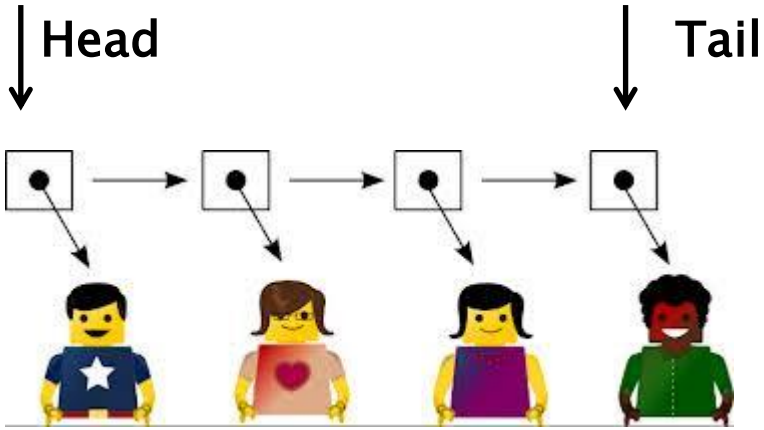
Parte 2

Como vimos, com arrays o esforço computacional para se inserir itens terá tempo proporcional ao tamanho do array...

Será que há algum modo de se implementar listas de forma mais eficiente ?

Listas Ligadas

- É um conjunto de nós que são definidos de forma **recursiva**.
- Cada nó tem um item de dado e uma **referência** ao próximo nó.
- O primeiro e último nó são chamados **HEAD** e **TAIL** respectivamente.

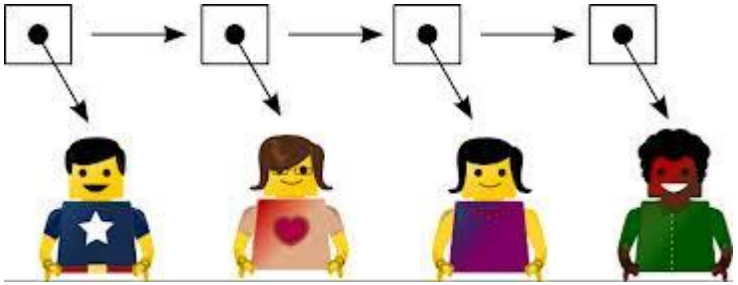


Vantagens sobre listas implementadas com arrays

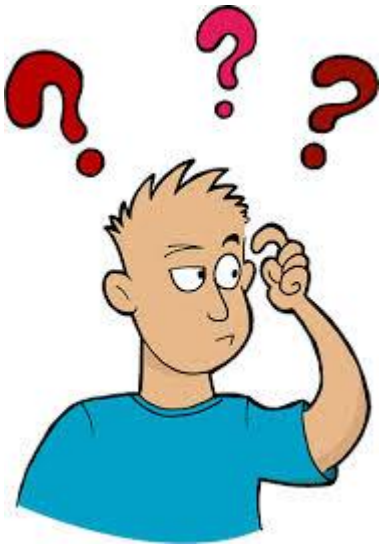
- A inserção de um item no meio da lista leva **tempo constante**, caso você tenha a referência ao prévio nó.
- Listas ligadas podem crescer até o limite de memória oferecido pela máquina virtual.

Desvantagens sobre listas implementadas com arrays

- A busca do n^{th} elemento de um array é de tempo constante (**índice**).
- A busca do n^{th} elemento de uma lista ligada é proporcional a n, sendo n o tamanho da lista. (A pesquisa se inicia a partir do HEAD até se encontrar de forma exaustiva o item procurado).

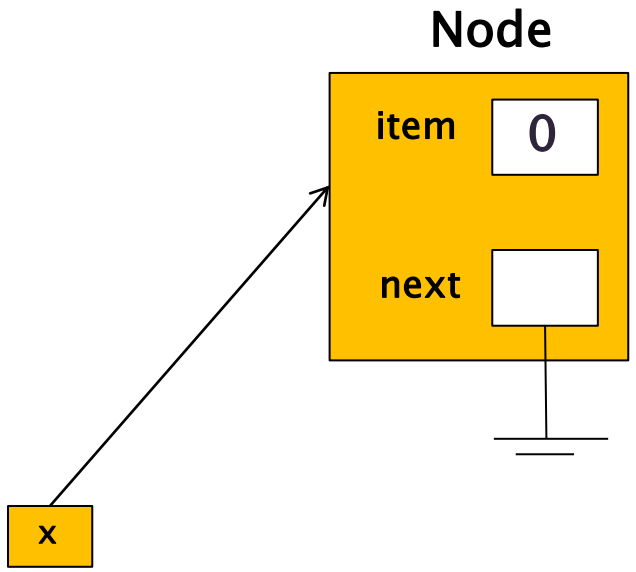


Considerando que a lista ligada é uma lista de nós, como implementar um nó da lista ?



Implementação de Nós

```
package maua;

public class Node {

        int item;
        Node next;

}
```

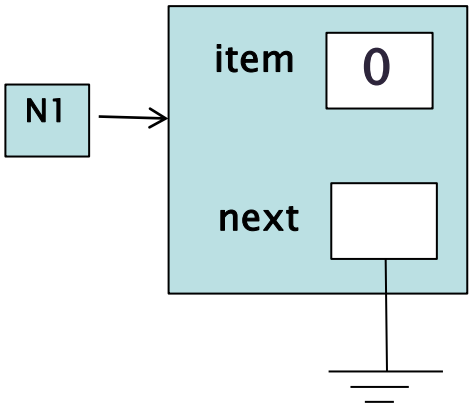


Criação de Nós

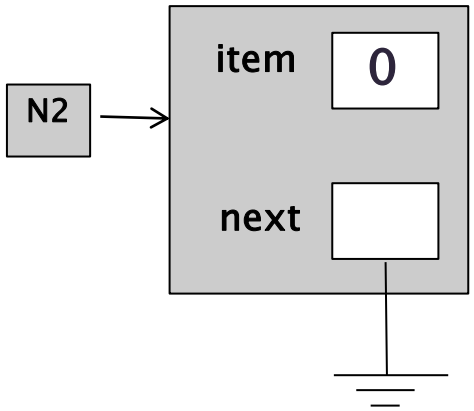
```
package maua;

public class Test_ListNode {

        public static void main(String[] args) {

                Node N1;
                N1 = new Node();
                N1.item = 8;

                Node N2;
                N2 = new Node();
                N2.item = 5;

                Node N3;
                N3 = new Node();
                N3.item = 9;

        }
}
```

Criação de Nós

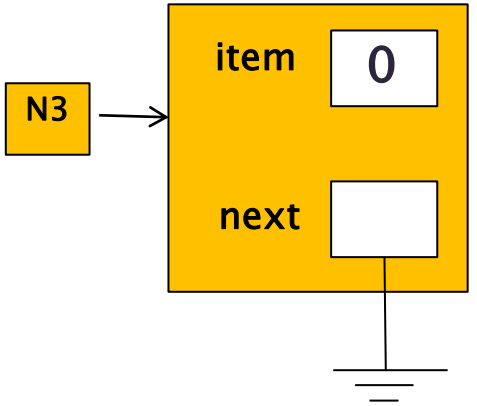
```
Node  N1;
N1 = new Node();
```




```
Node  N2;
N2 = new Node();
```

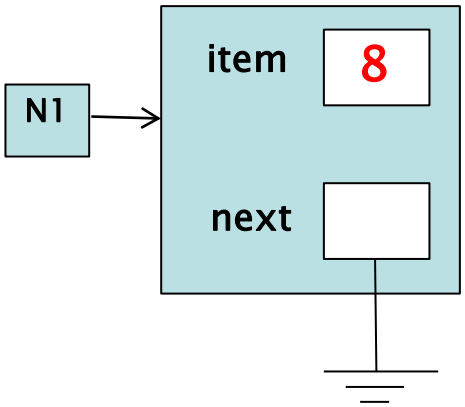



```
Node  N3;
N3 = new Node();
```

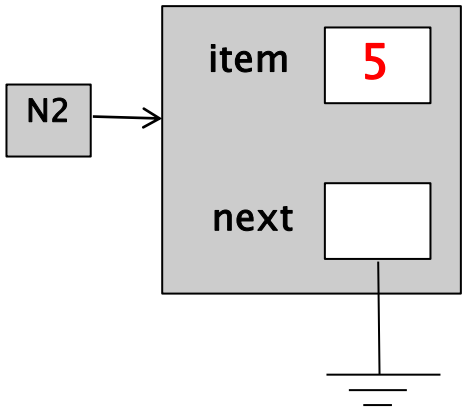


Armazenando valores nos Nós

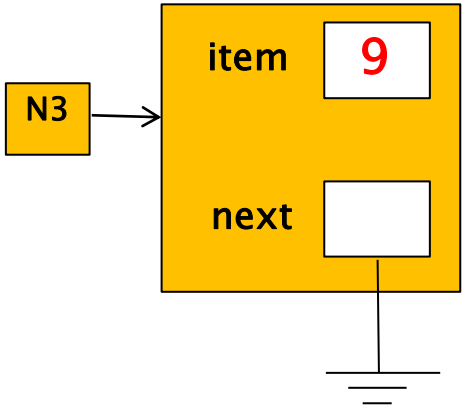
```
N1.item = 8;
```




```
N2.item = 5;
```

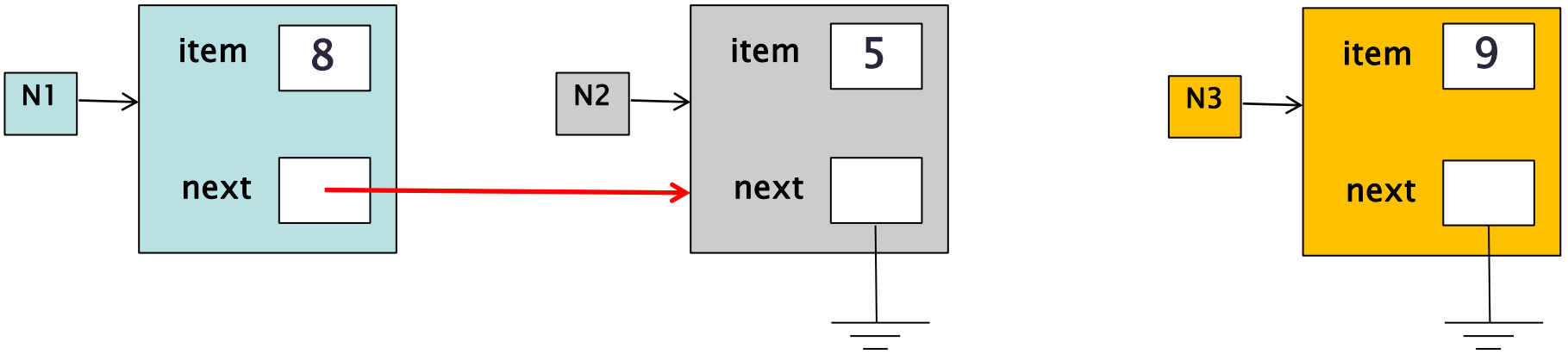



```
N3.item = 9;
```



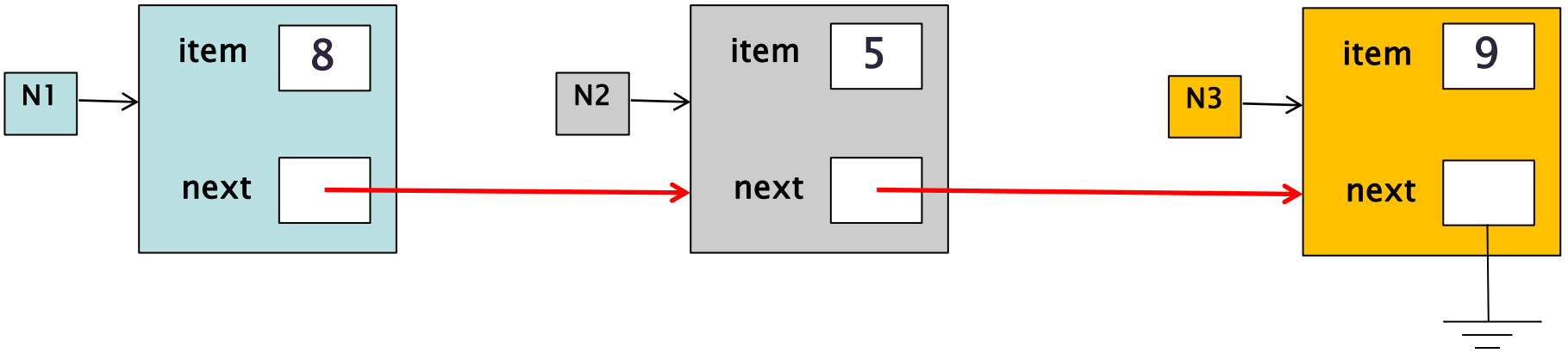
Encadeamento de Nós

```
N1.next = N2;
```



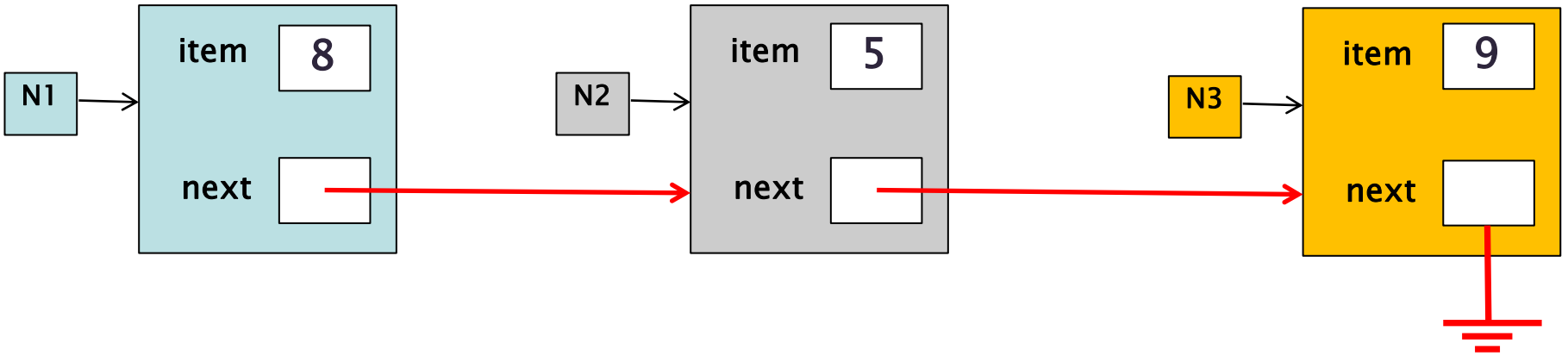
Encadeamento de Nós

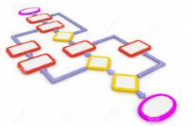
```
N2.next = N3;
```



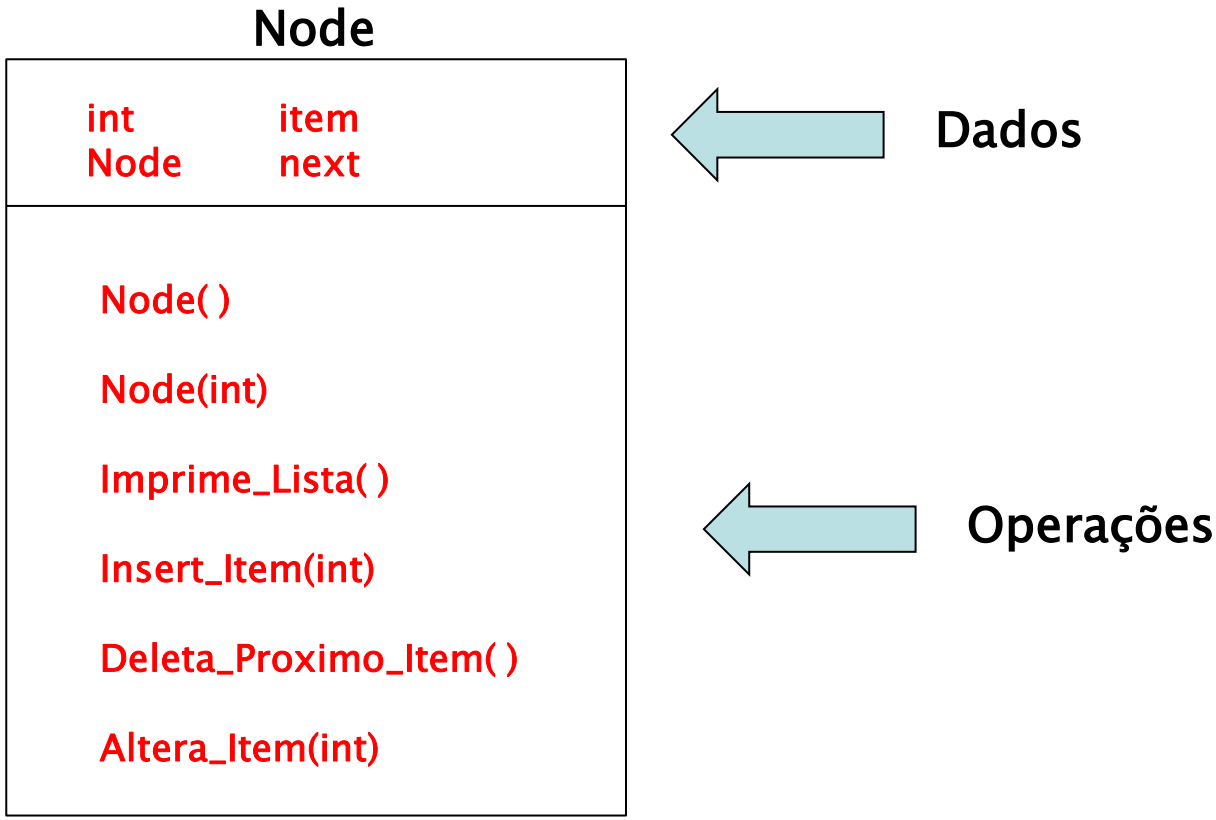
Encadeamento de Nós

```
N3.next = null;
```



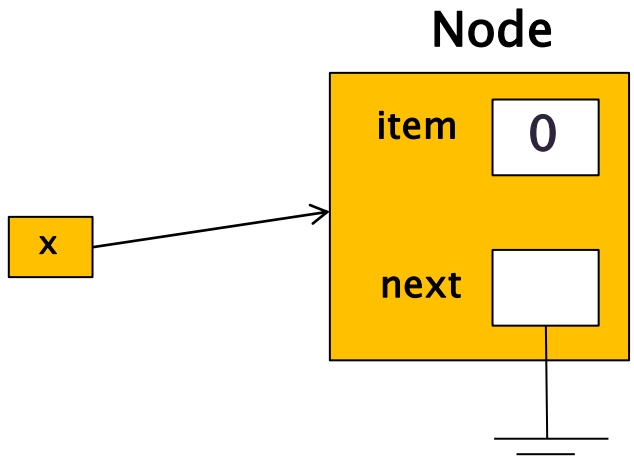


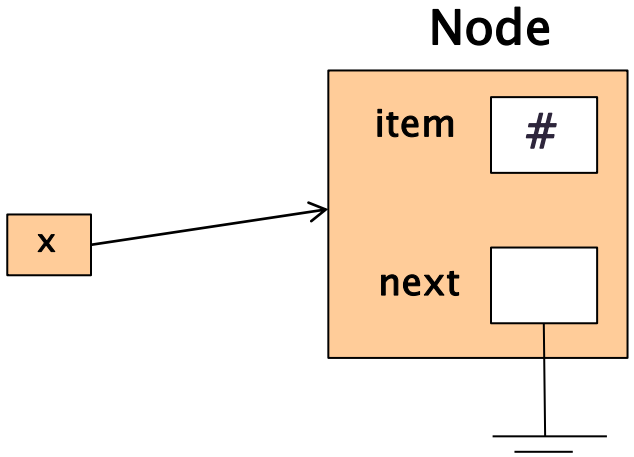
Tipo Abstrato de Dados



Implementação

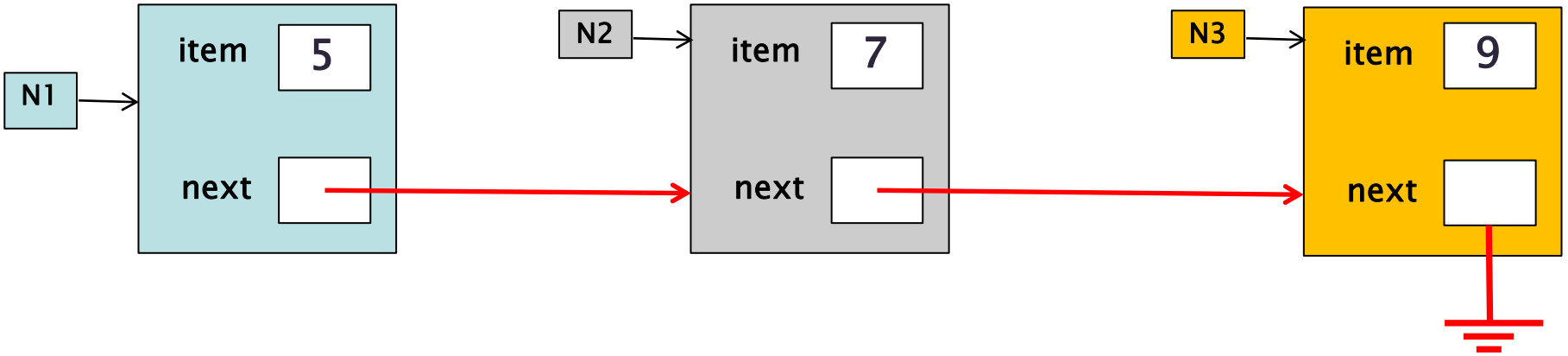
```
package maua;

public class Node {
        int item;
        Node next;

public Node() {
        this.item=0;
        this.next=null;
}

public Node(int item) {
        this.item = item;
        this.next = null;
}
```





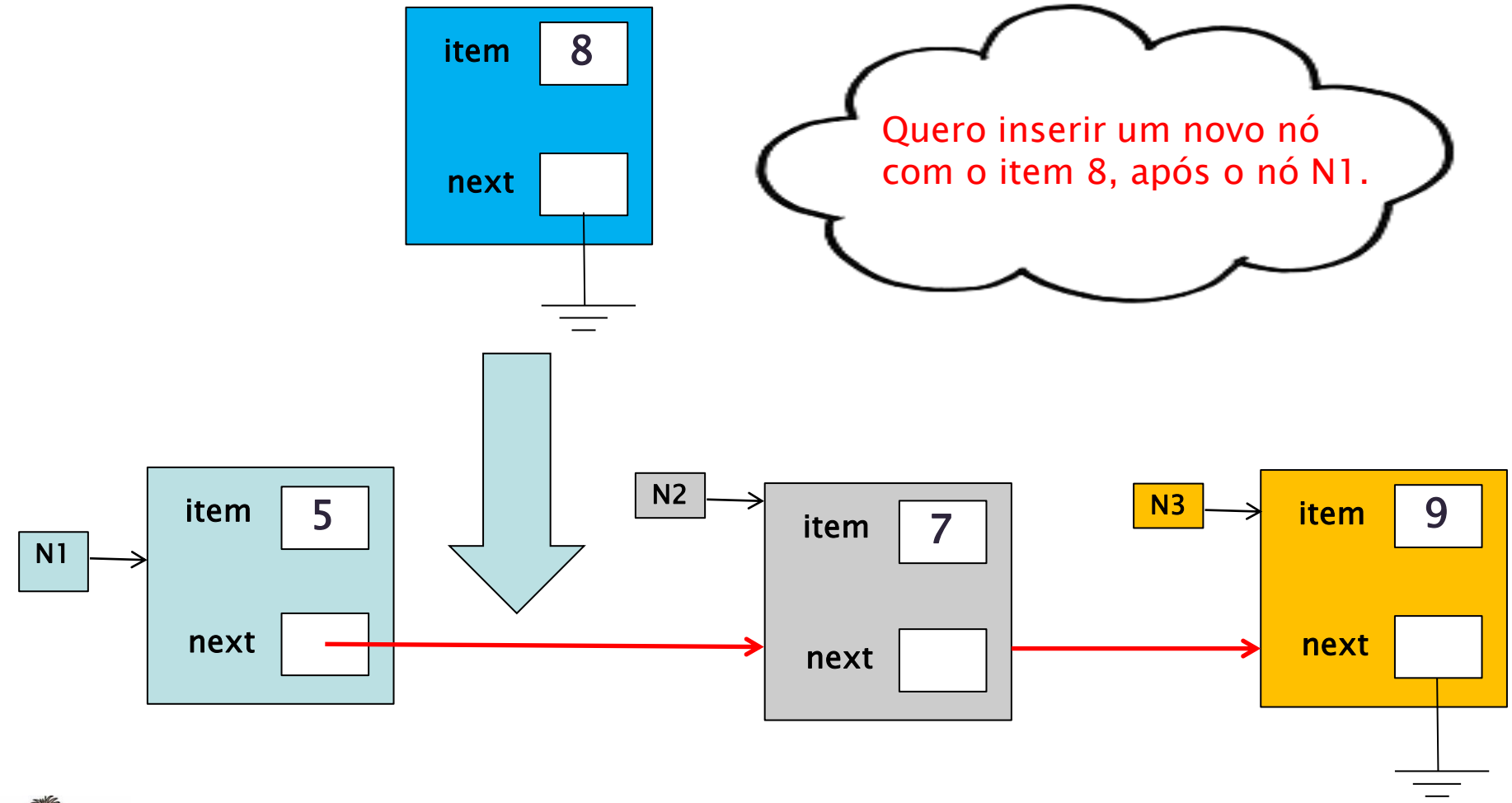
Lista Ligada – Encadeamento de Nós

```
Node N1 = new Node(5);
Node N2 = new Node(7);
Node N3 = new Node(9);

N1.next = N2;
N2.next = N3;
```



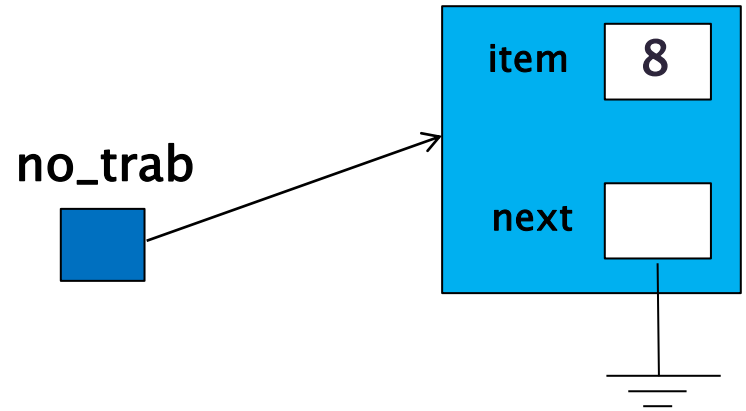
Como inserir um novo nó ?

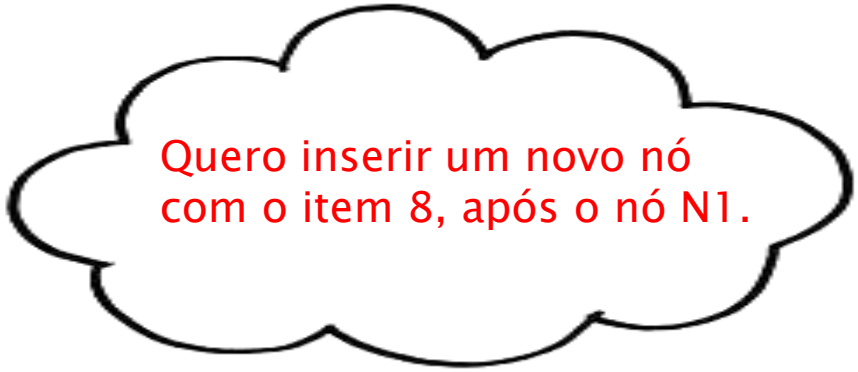
Operação de insert

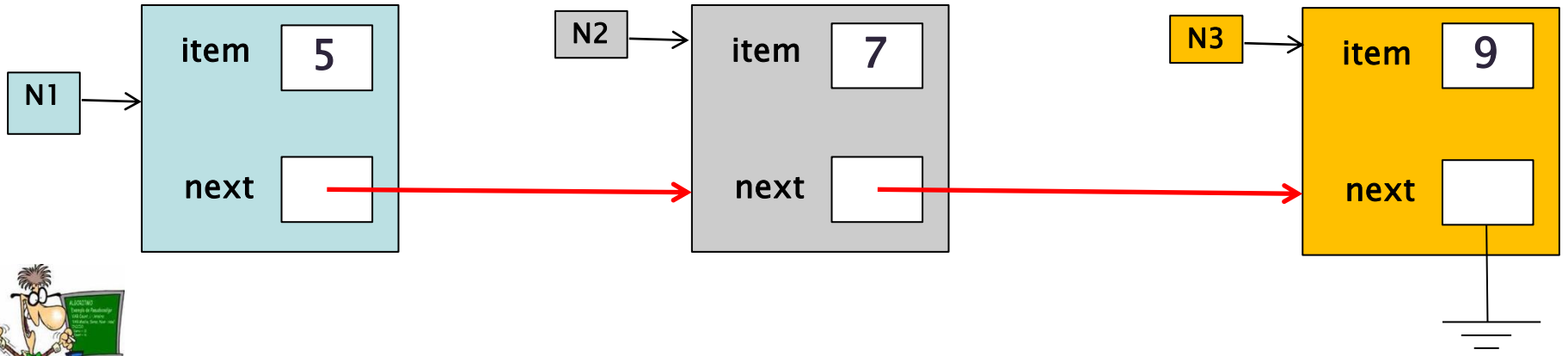


1 Operação de insert

PASSO 1: Cria-se um novo nó, com o item 8





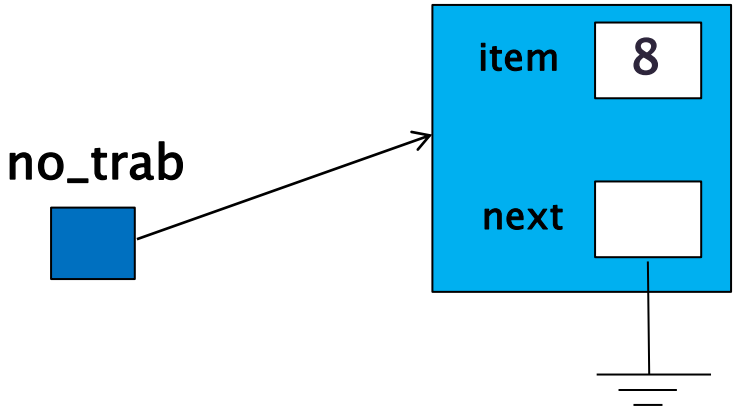


Operação de insert

1

PASSO 1: Cria-se um novo nó, com o item 8

```
Node no_trab = new Node(8);
```

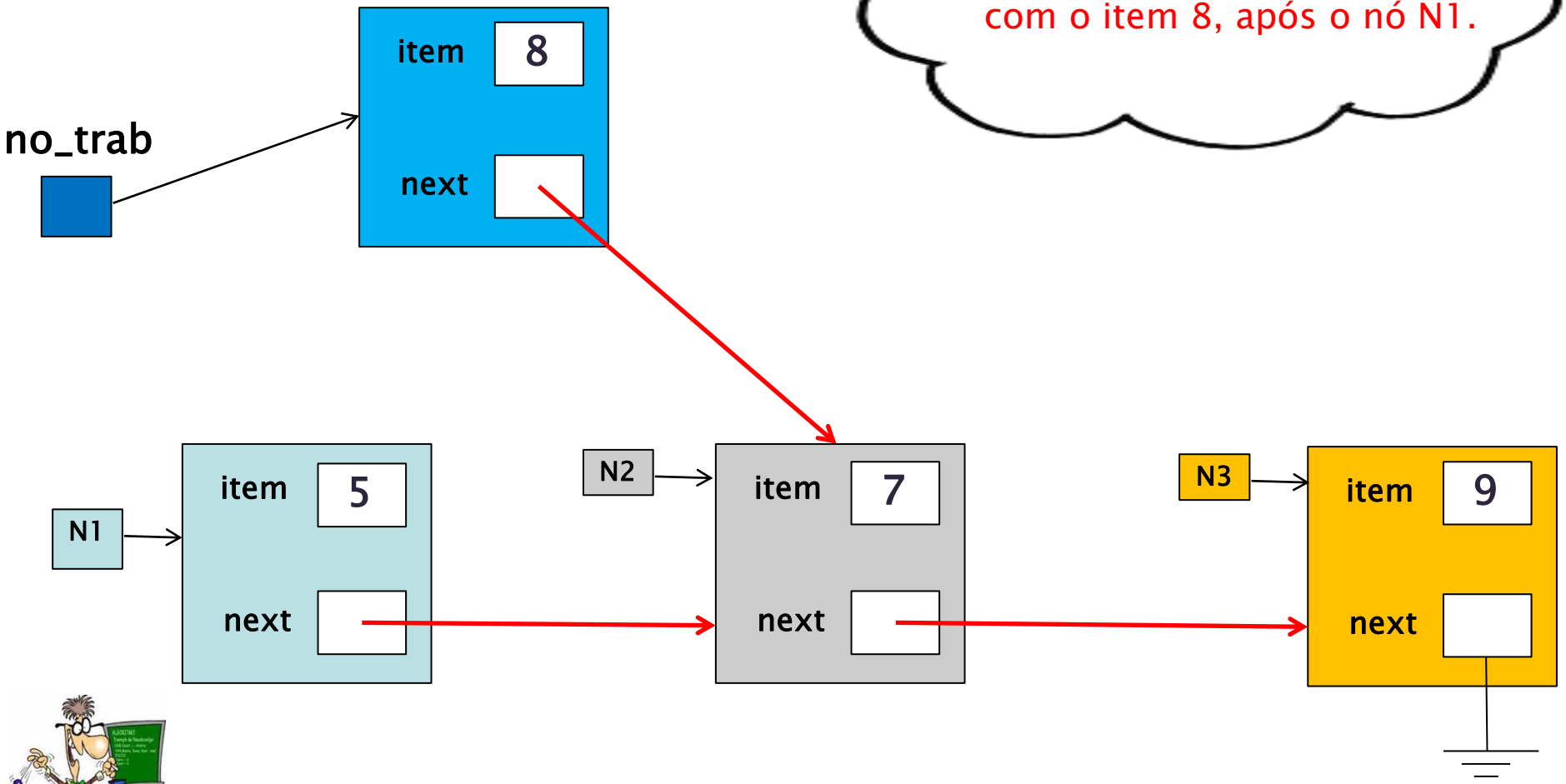


2

Operação de insert

PASSO 2: Novo nó aponta para próximo nó apontado por N1

Quero inserir um novo nó com o item 8, após o nó N1.

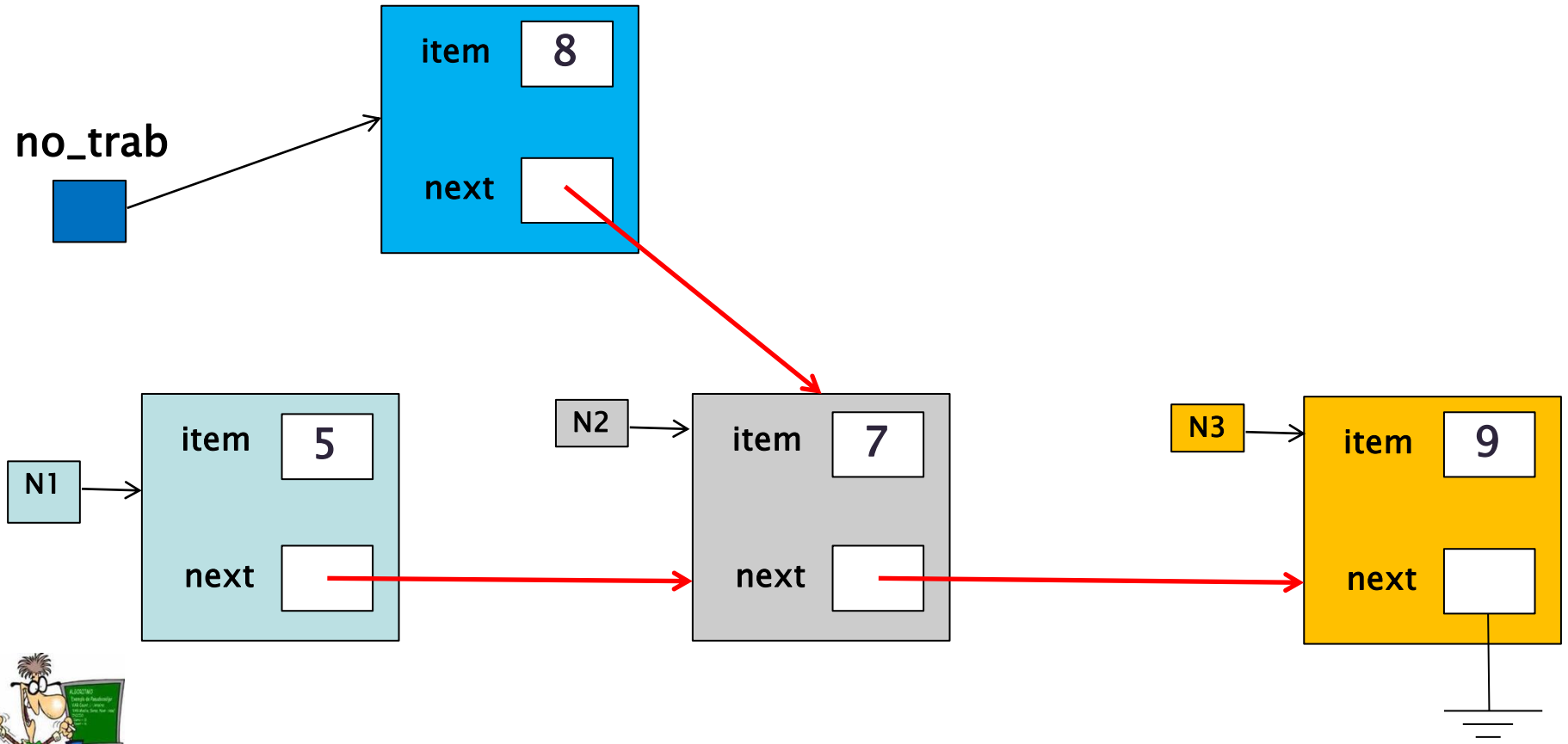


2

Operação de insert

PASSO 2: Novo nó aponta para próximo nó apontado por N1

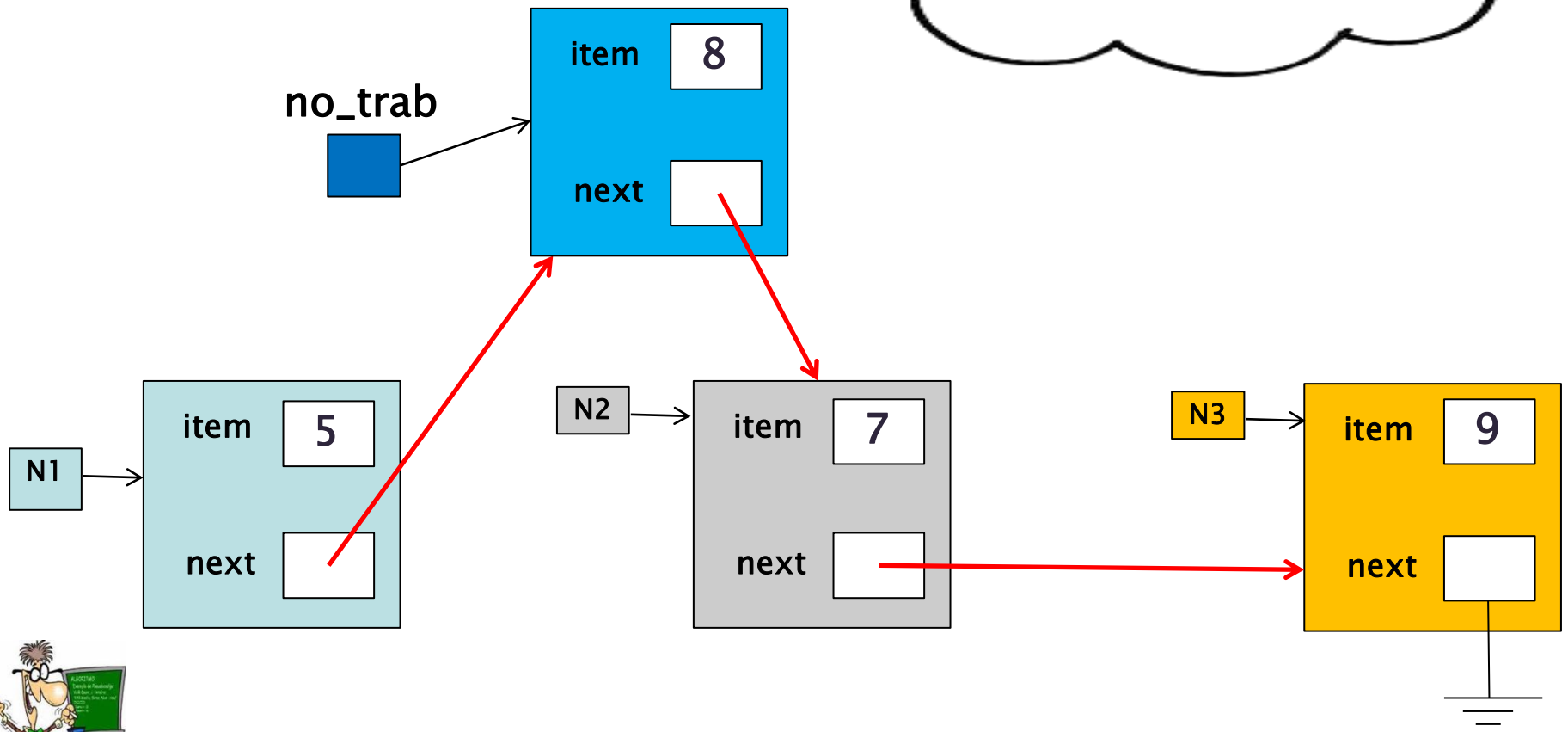
```
no_trab.next = this.next ;
```



3 Operação de insert

PASSO 3: Nó N1 aponta para o novo nó

Quero inserir um novo nó com o item 8, após o nó N1.



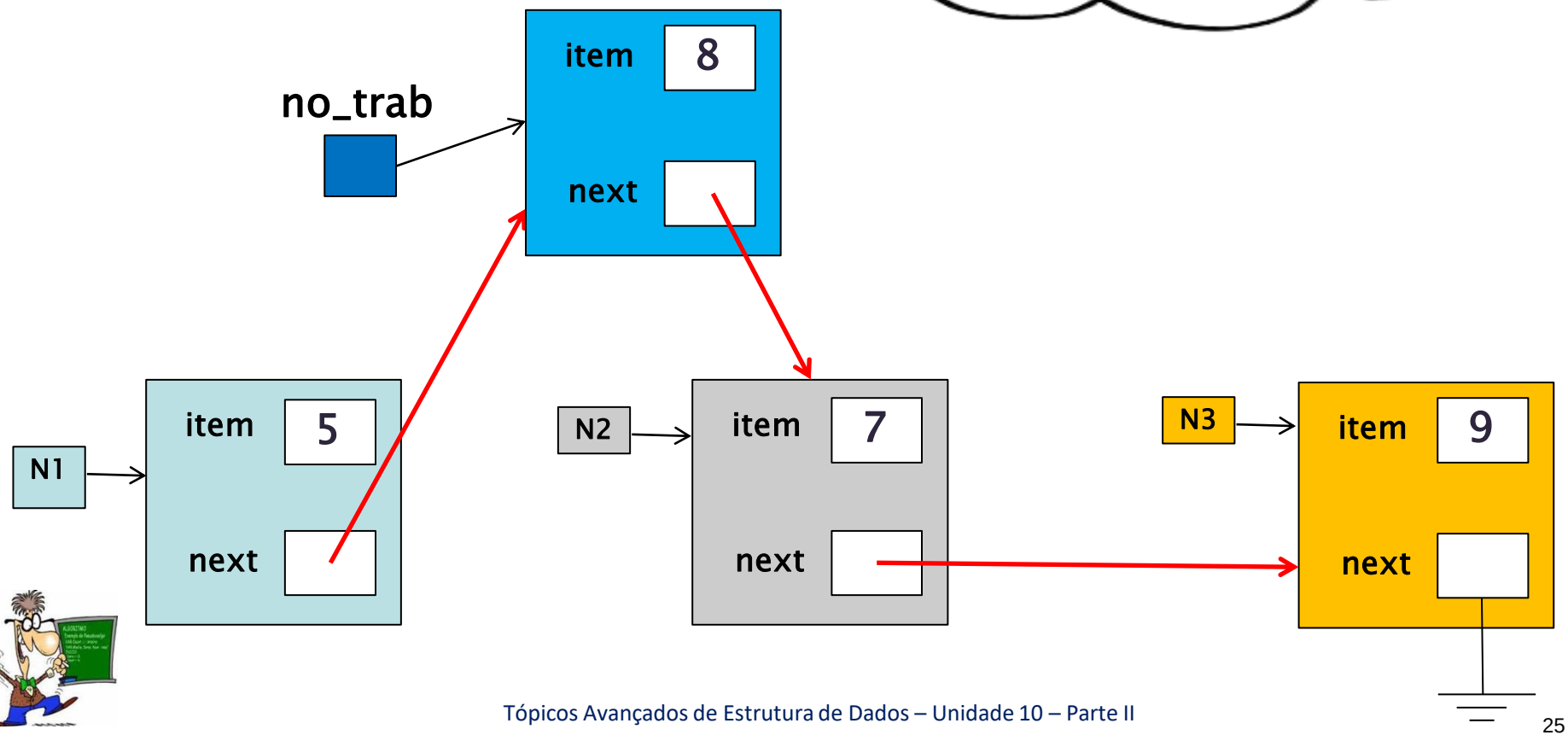
3

Operação de insert

PASSO 3: Nó N1 aponta para o novo nó

```
this.next = no_trab;
```

Quero inserir um novo nó com o item 8, após o nó N1.



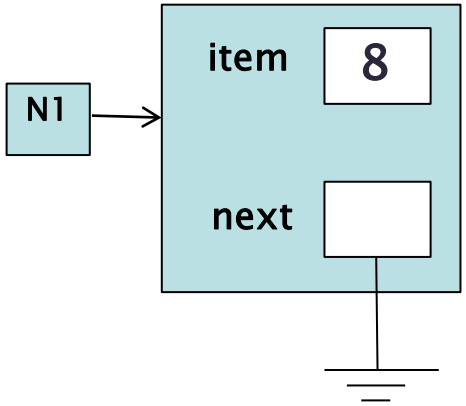
Operação de insert

```
public void Insert_Item(int item) {

        Node no_trab = new Node(item);      1

        no_trab.next = this.next ;          2

        this.next = no_trab;                3
}
```

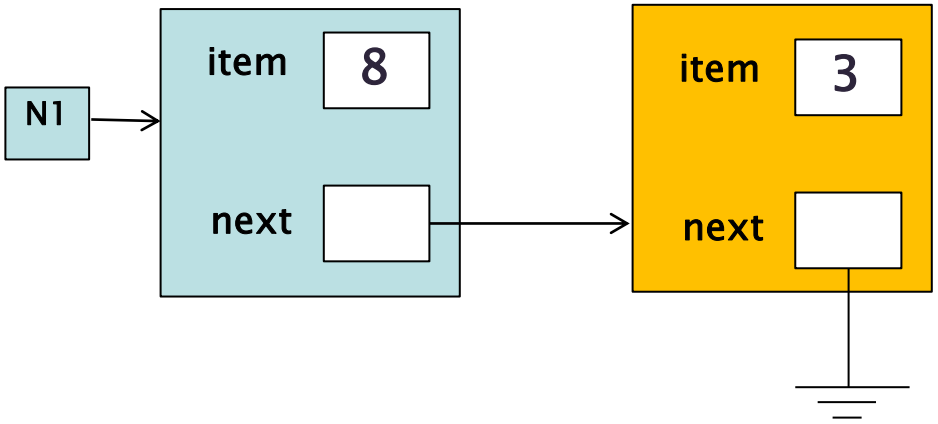
- Ordem de complexidade: O(**1**).

Operação de insert

```
Node N1 = new Node(8);
```



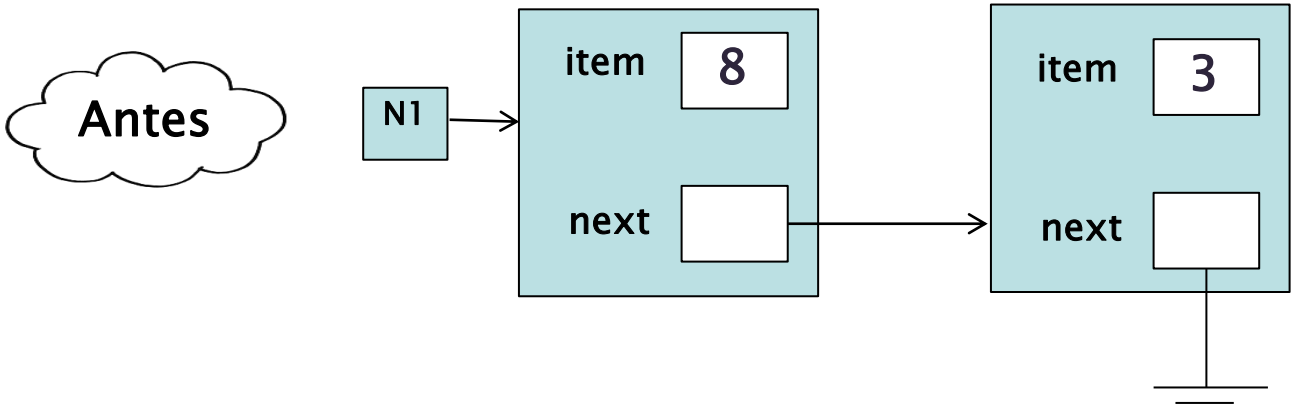

```
N1.Insert_Item(3);
```



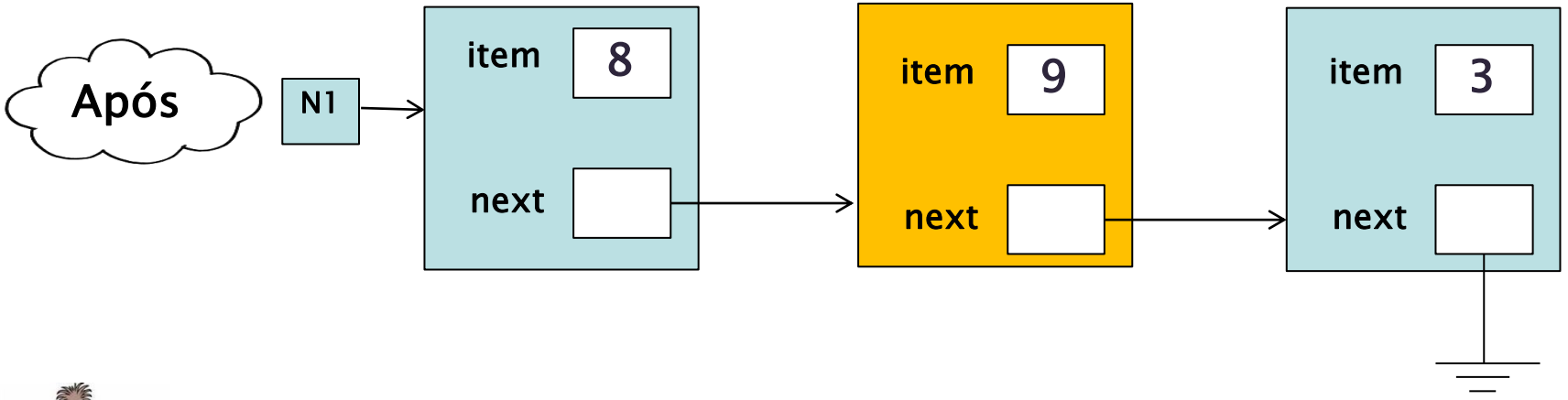
O novo nó (com o item 3) será inserido após o nó corrente (N4)

Lista Ligada - Implementação

```
N1.Insert_Item(9);
```




```
N1.Insert_Item(9);
```

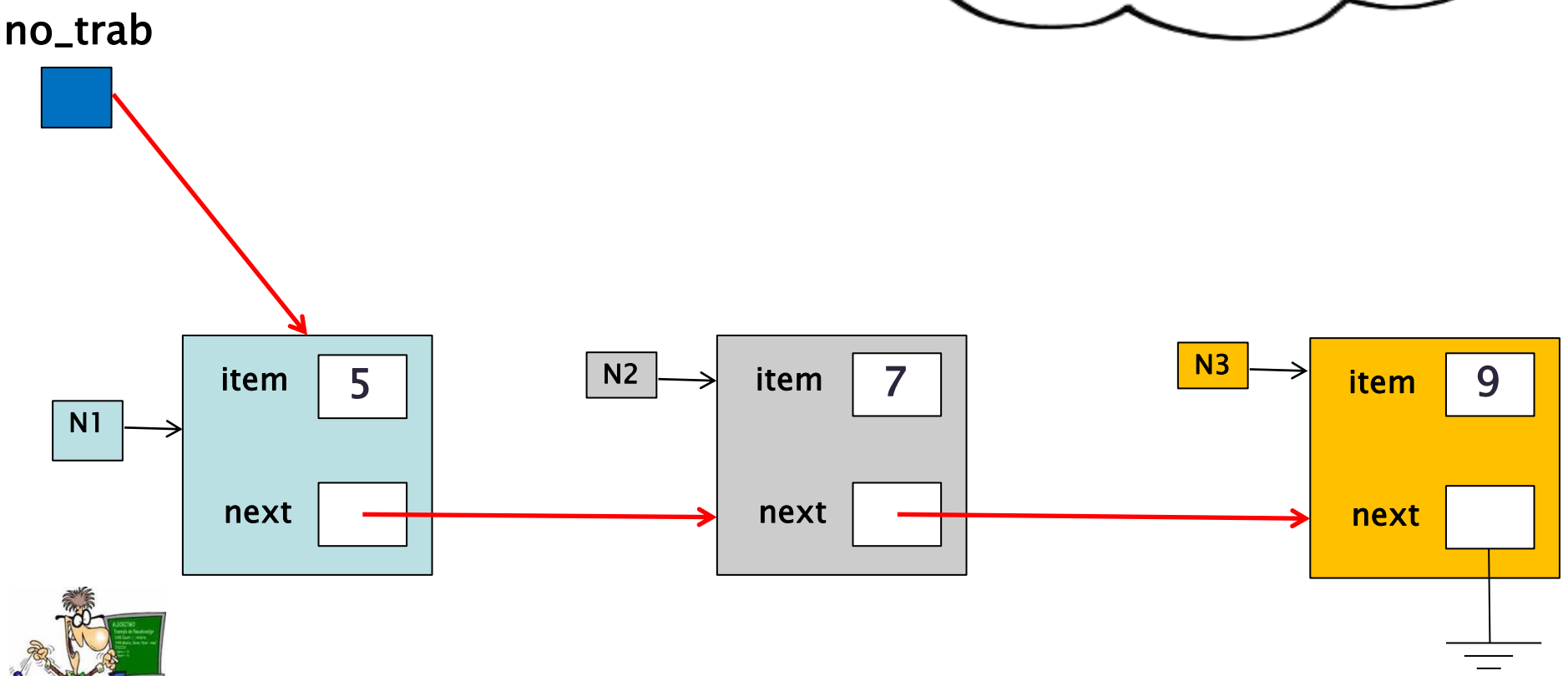


Como imprimir os nós da Lista ?

1 Imprimindo os nós da lista

PASSO 1: Declara-se um novo nó (de trabalho) apontando para o nó de início (this)

Quero imprimir os nós da lista, a partir de um determinado nó (N1)



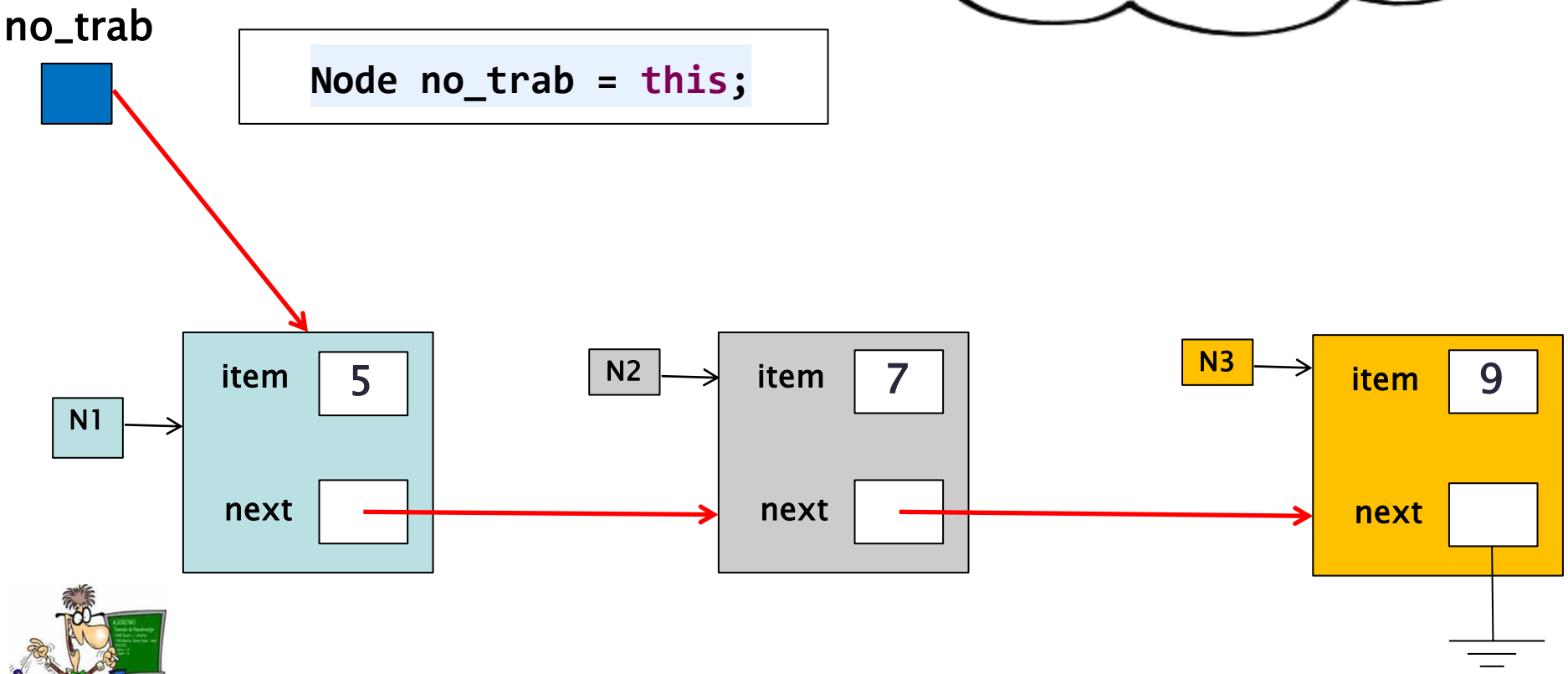
1

Imprimindo os nós da lista

PASSO 1: Declara-se um novo nó (de trabalho) apontando para o nó de início (this)

Quero imprimir os nós da lista, a partir de um determinado nó (N1)

```
Node no_trab = this;
```

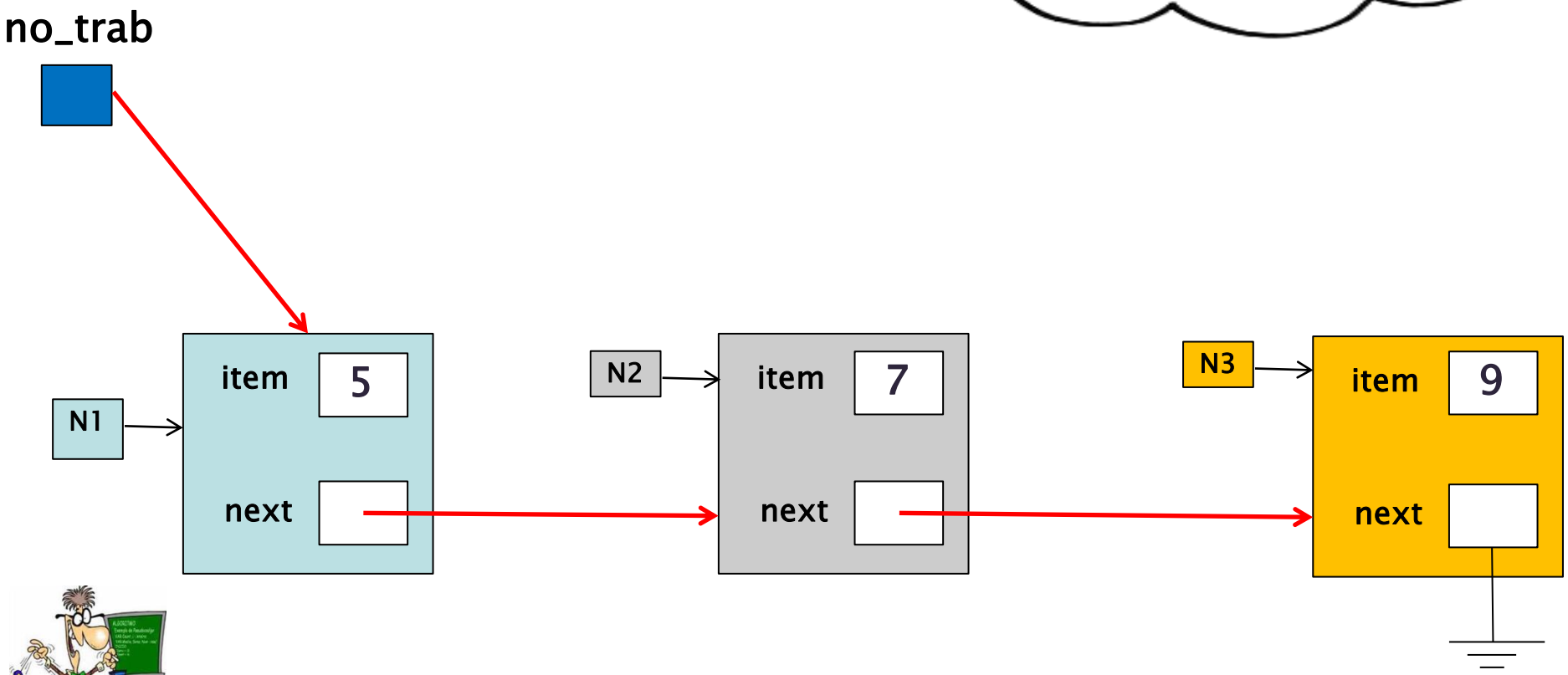


2

Imprimindo os nós da lista

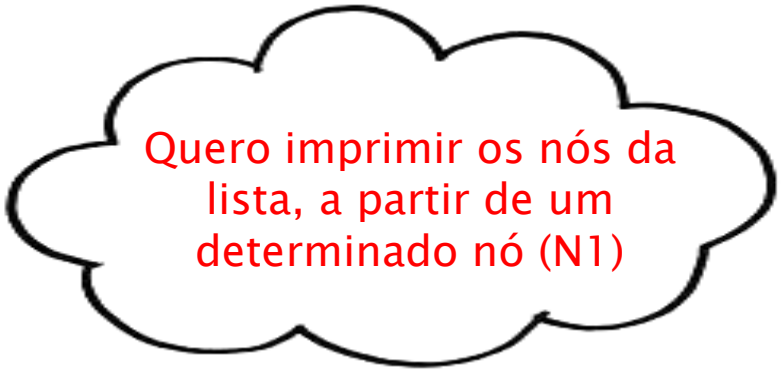
PASSO 2: Executa-se um looping, verificando se **no_trab** aponta para o final da lista. Para cada iteração, imprime-se o valor do nó corrente da lista

Quero imprimir os nós da lista, a partir de um determinado nó (N1)

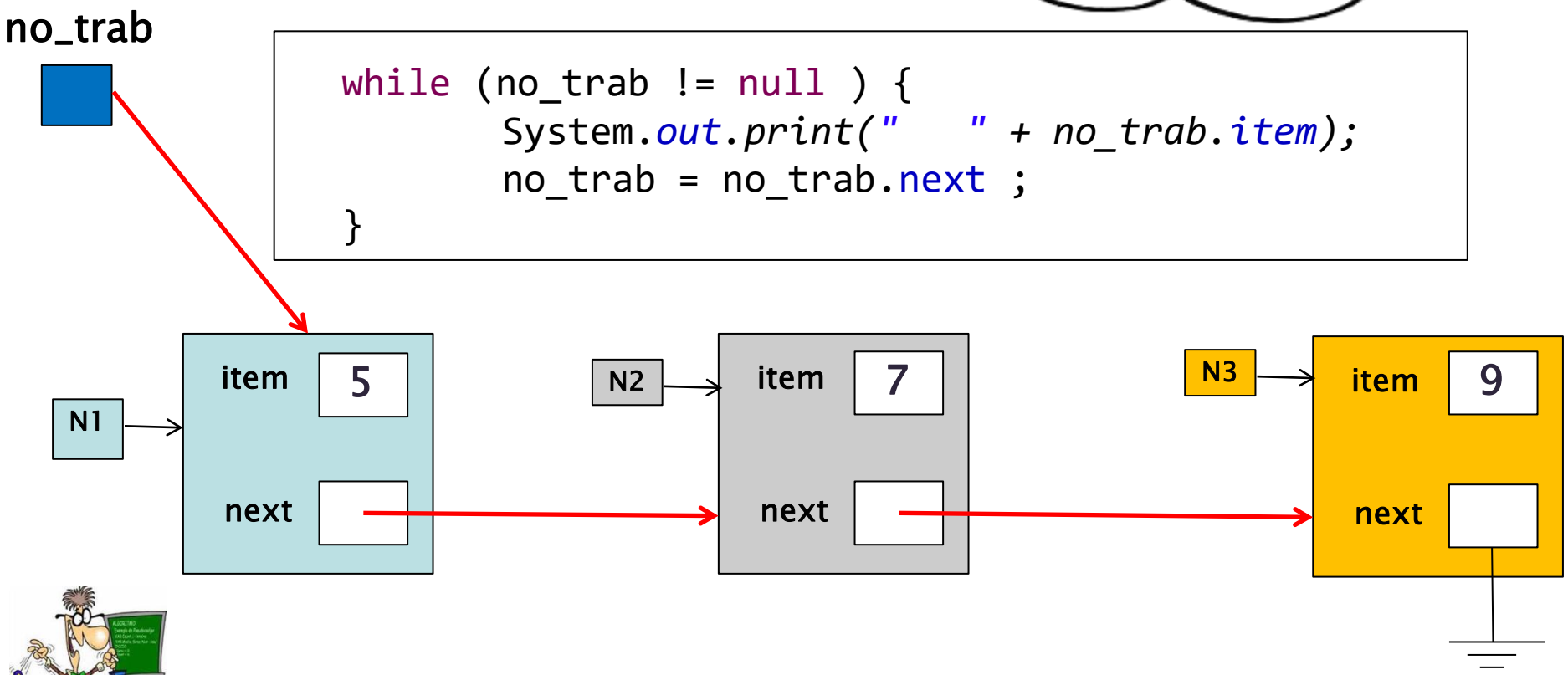


2 Imprimindo os nós da lista

PASSO 2: Executa-se um looping, verificando se **no_trab** aponta para o final da lista. Para cada iteração, imprime-se o valor do nó corrente da lista




```
while (no_trab != null ) {
        System.out.print("   " + no_trab.item);
        no_trab = no_trab.next ;
}
```

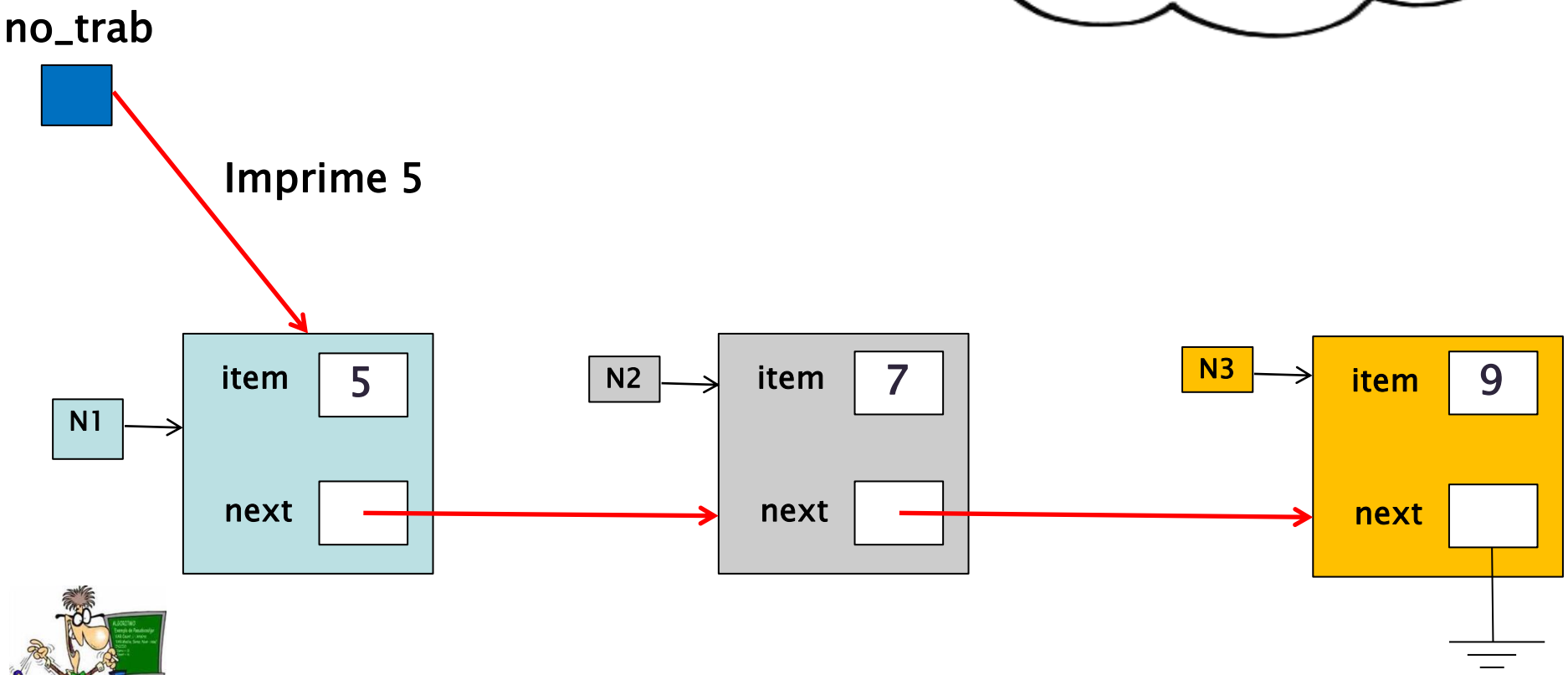


2

Imprimindo os nós da lista

PASSO 2: Looping de busca

Quero imprimir os nós da lista, a partir de um determinado nó (N1)

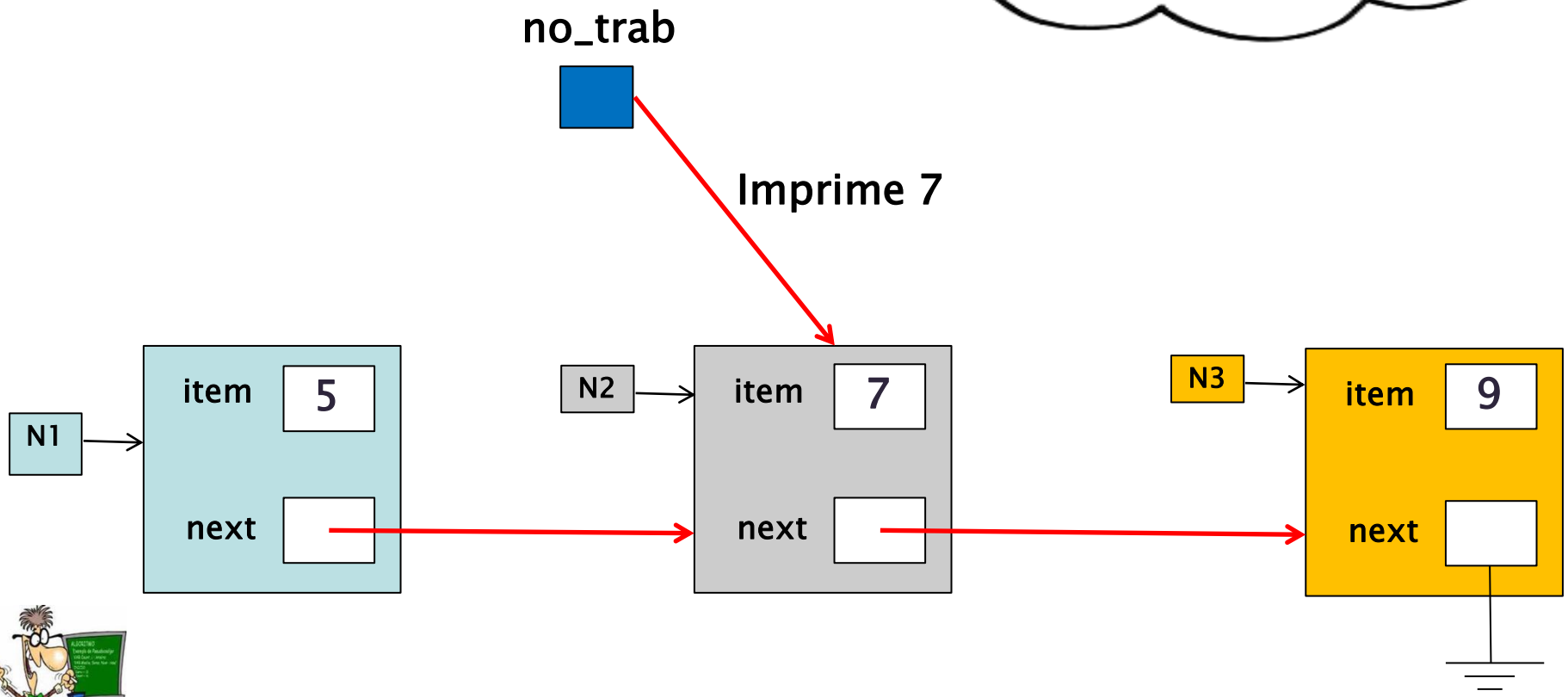


2

Imprimindo os nós da lista

PASSO 2: Looping de busca

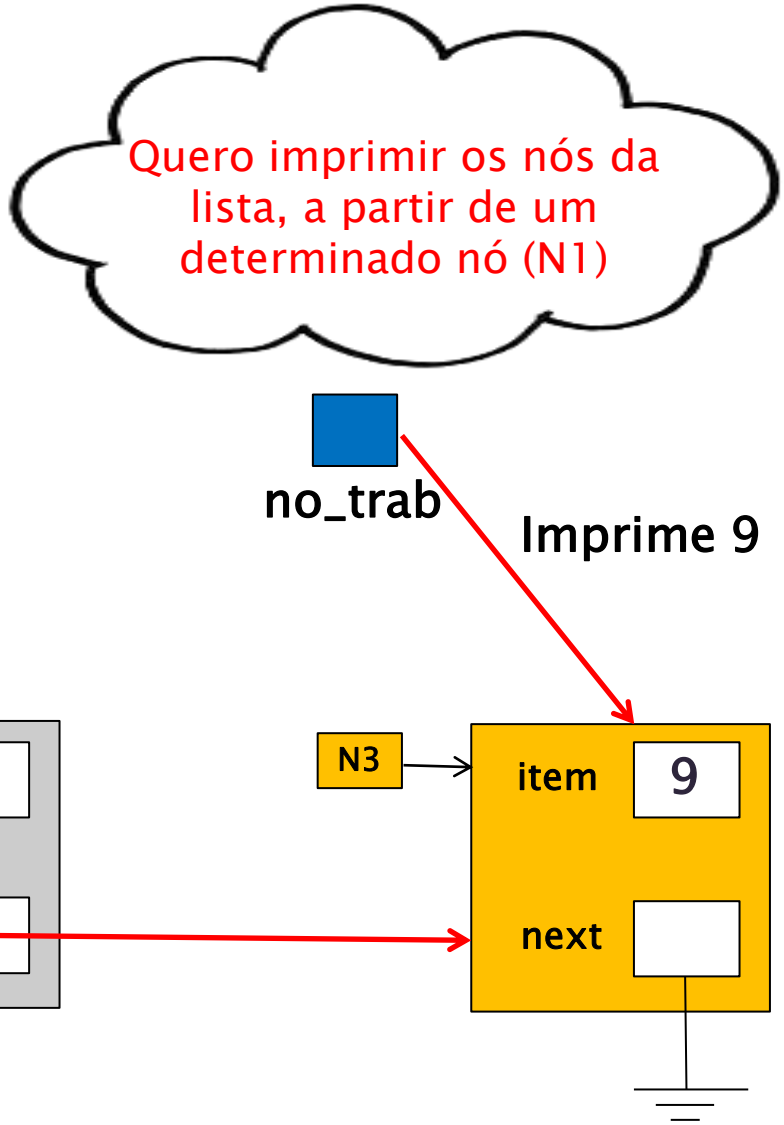
Quero imprimir os nós da lista, a partir de um determinado nó (N1)



2

Imprimindo os nós da lista

PASSO 2: Looping de busca

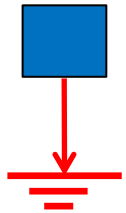


2 Imprimindo os nós da lista

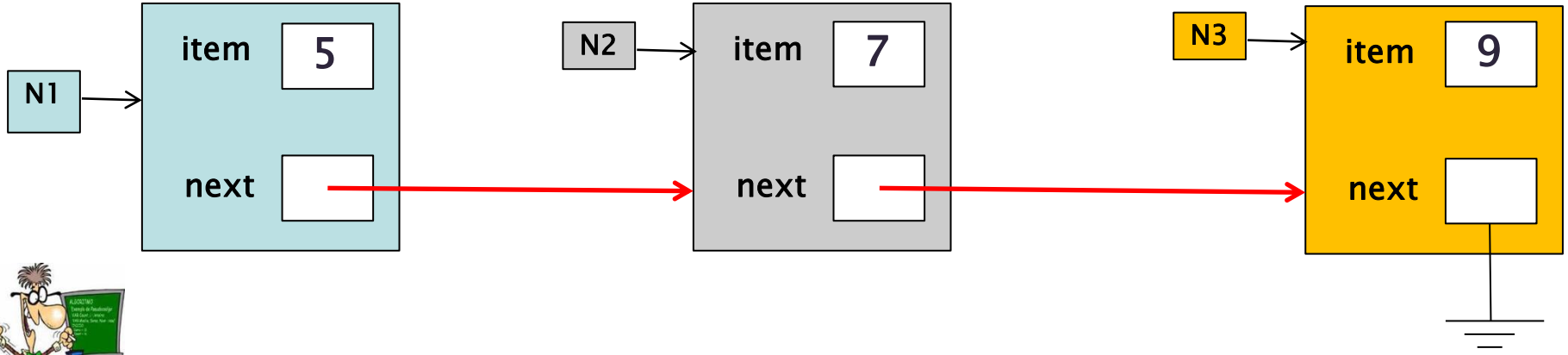
PASSO 2: Looping de busca

Fim do Looping !!!

Quero imprimir os nós da lista, a partir de um determinado nó (N1)



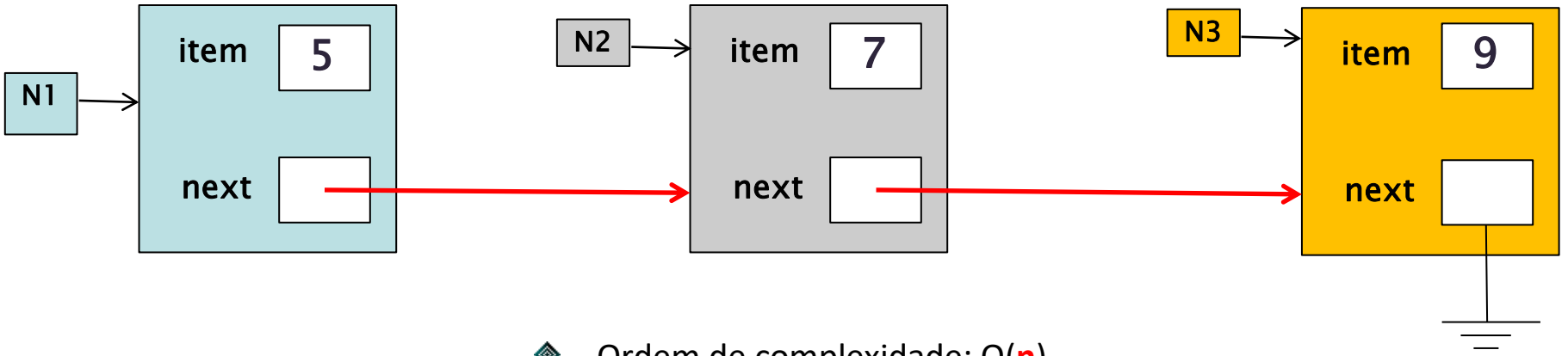
no_trab



Imprimindo os nós da lista

```
public void Imprime_Lista() {
        Node no_trab = this;
        System.out.print("Lista: ");
        while (no_trab != null ) {
                System.out.print("   " + no_trab.item);
                no_trab = no_trab.next ;
        }
        System.out.println("");
}
```

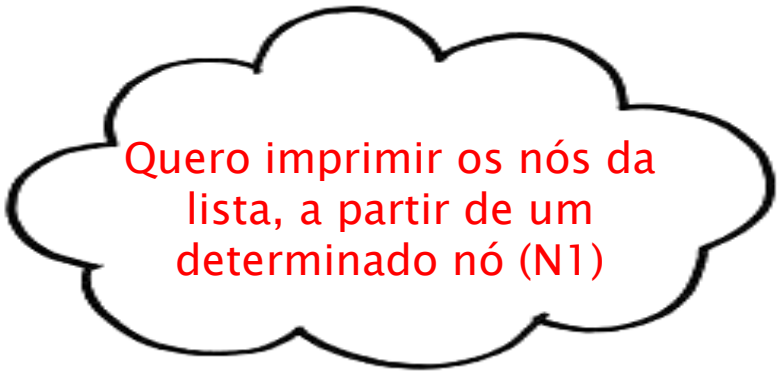
Quero imprimir os nós da lista, a partir de um determinado nó (N1)



- Ordem de complexidade: O(**n**).

Imprimindo os nós da lista

```
Node N1 = new Node(5);
Node N2 = new Node(7);
Node N3 = new Node(9);

N1.next = N2;
N2.next = N3;

N1.Insert_Item(8);

N1.Imprime_Lista();
```

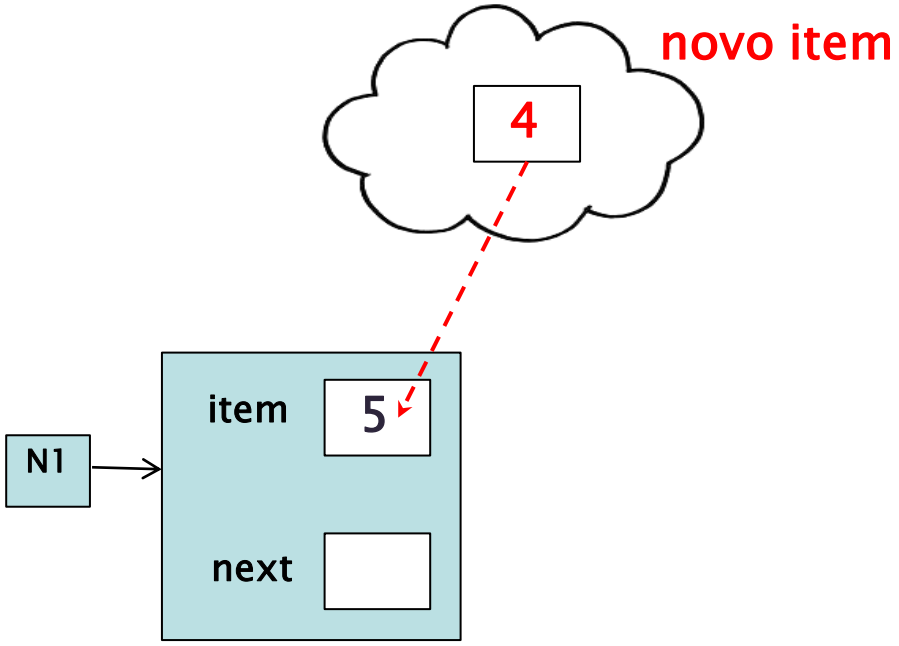


Será impresso === > Lista: 5 8 7 9

Como alterar o item de um nó ?

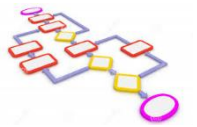
Alterando o item de um nó

```
public void Altera_item(int item) {
        this.item = item;
}
```



Executando...

```
public static void main(String[] args) {

        Node n1 = new Node(5);
        Node n2 = new Node(7);
        Node n3 = new Node(9);

        n1.next = n2;
        n2.next = n3;

        n1.Insert_Item(8);

        n1.Imprime_Lista();

        n1.Deleta_Proximo_Item();
        n1.Imprime_Lista();

        n1.Altera_item(999);
        n1.Imprime_Lista();

}
```



Resultado da execução

```
Lista:    5   8   7   9
Lista:    5   7   9
Lista:    999   7   9
```

Lista de Objetos

- Referenciam qualquer objeto por meio da declaração de objetos do tipo **Object**.

S denota listas simplesmente ligadas.

```
public class SListNode {

        public Object item;
        public SListNode next;
}
```

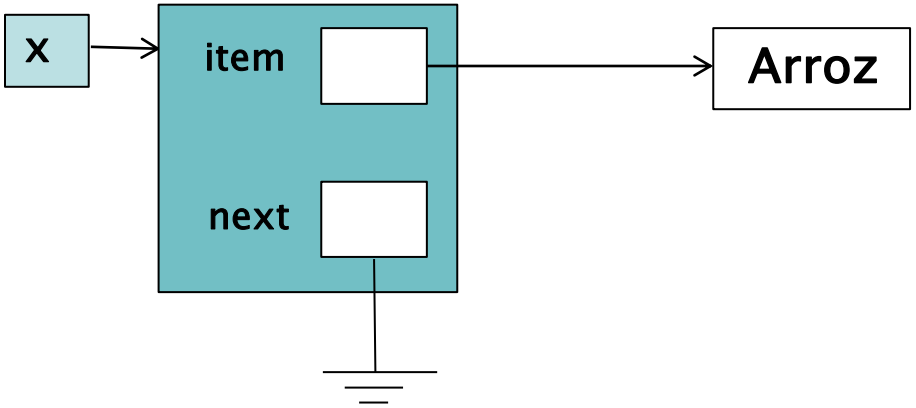
Como vimos, com listas ligadas o esforço computacional para se inserir itens terá tempo constante, uma vez que precisamos apenas implementar o encadeamento de referências (pointers) ...

Mas, será que ainda temos alguns inconvenientes na implementação de nós encadeados ?

Sim, Listas ligadas por meio de encadeamento de nós ainda nos trazem alguns problemas...

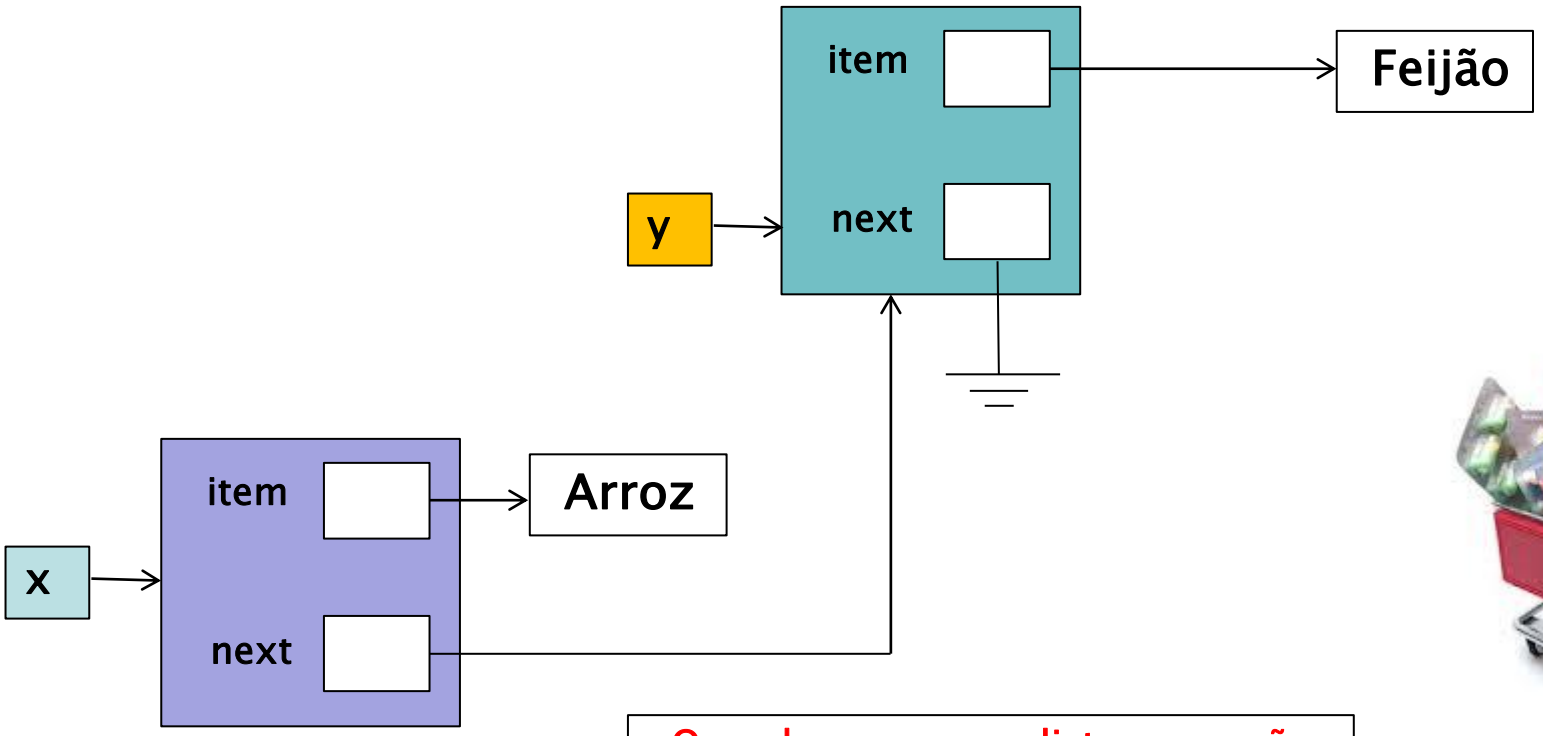
Problema 1: Node

- Seja x uma referência à um nó de uma lista ligada.



Problema 1: Node

```
Node y = new Node("Feijão");
x.next = y;
```



Quando se acessa a lista por y, não se considera o item "Arroz" ...

Problema 2: Node

Como se representa uma lista vazia ?

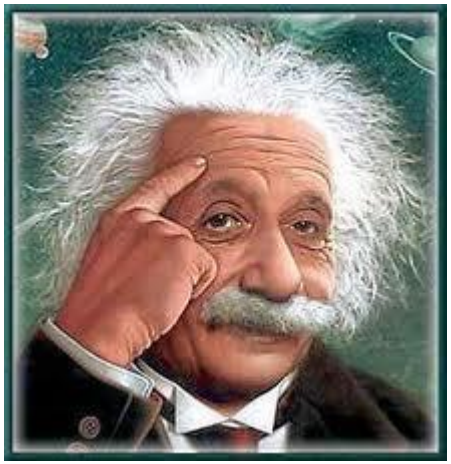
Basta atribuir-se null à referência...


```
package maua;

public class Test_Node {

        public static void main(String[] args) {

                Node N1;
                N1 = null;
                N1.Imprime_Lista() ; // Run-time error...
        }
}
```

```
Exception in thread "main"
java.lang.NullPointerException
at maua.Node.main(Node.java:58)
```

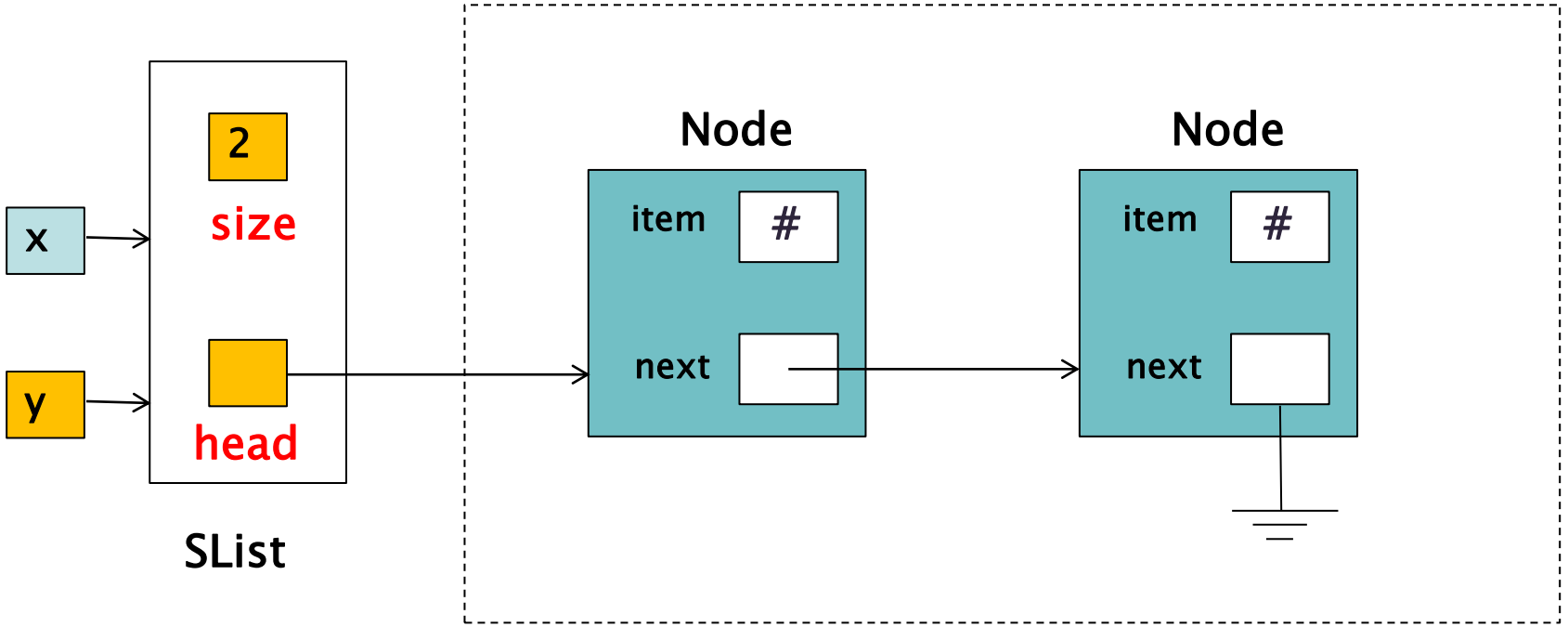
Sempre haverá erro de Run-time se você chamar um método em um objeto null. ..

Como então resolver estes problemas ?



Criaremos uma classe separada para manter controle da lista (HEAD e SIZE).

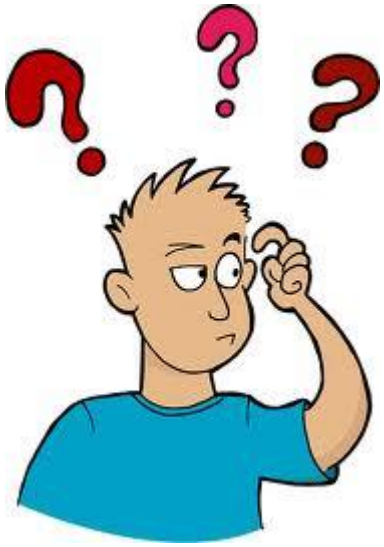
Classe SList



Classe SList

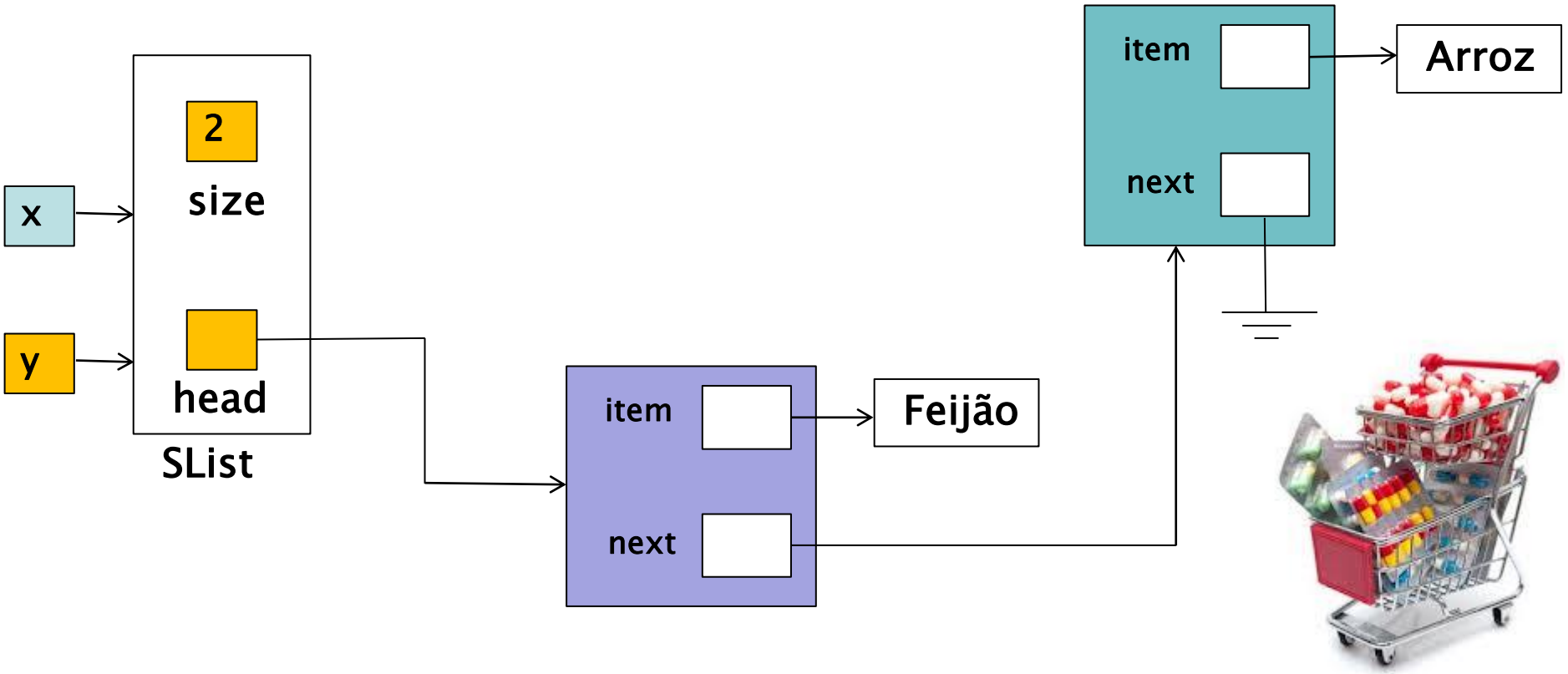
```
package maua;

public class SList {

        Node head;
        int size;

public SList() {
        this.head = null;
        this.size = 0;
}
```

Será que os problemas 1 e 2 foram resolvidos ???



Solução do Problema 1

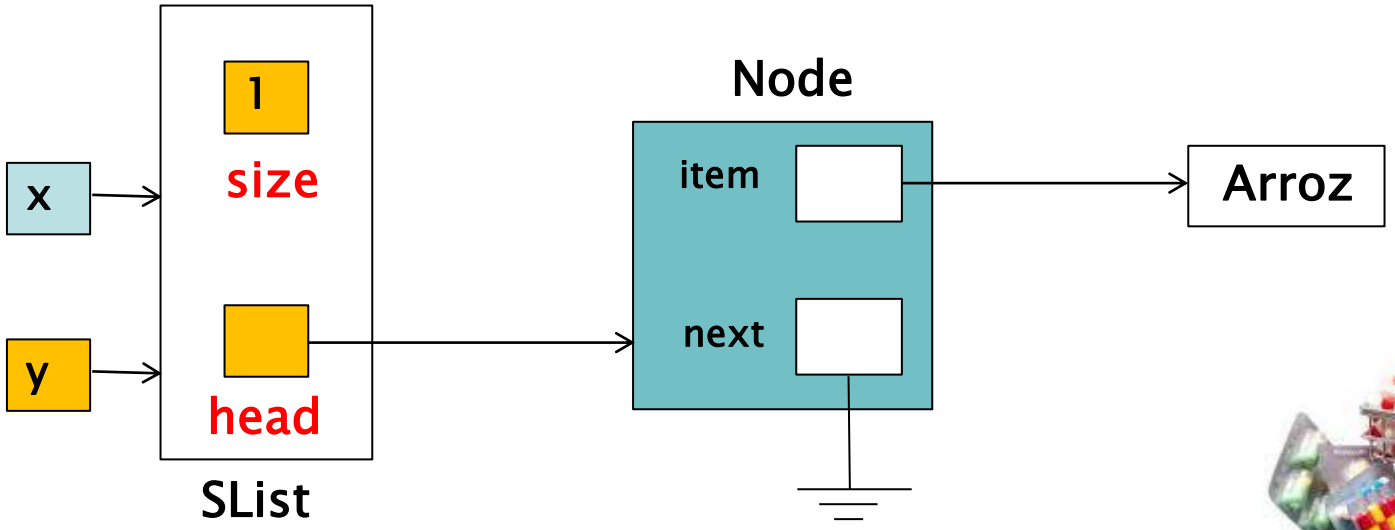
- Não haverá mais conflitos entre x e y ao se adicionar um novo item na lista de nós.



Tanto x como y apontam para todos os elementos da lista...

Solução do Problema 1

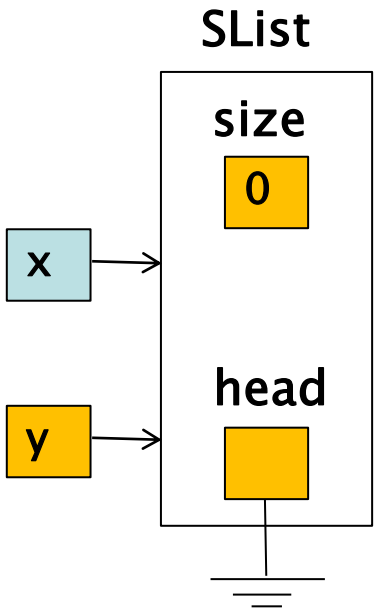
- Variáveis x e y apontam para SList que por sua vez aponta para a lista com apenas 1 nó.



SList atua como interface para a lista de nós.

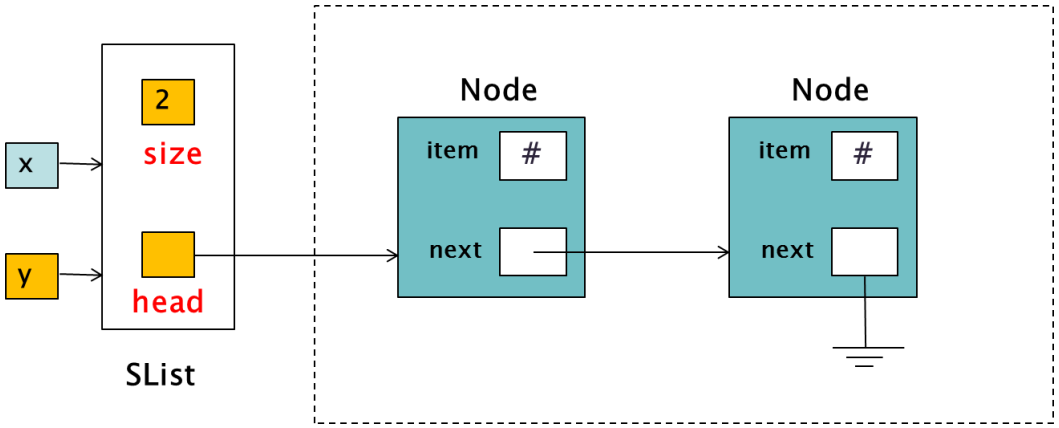
Solução do Problema 2

- A classe **SList** mantém em size o tamanho da lista. Para sabermos o tamanho da lista não é mais necessário varrer-se a lista para a contagem dos nós.
- Se a lista de nós está vazia, as referências x e y **NÃO** são mais nulas.

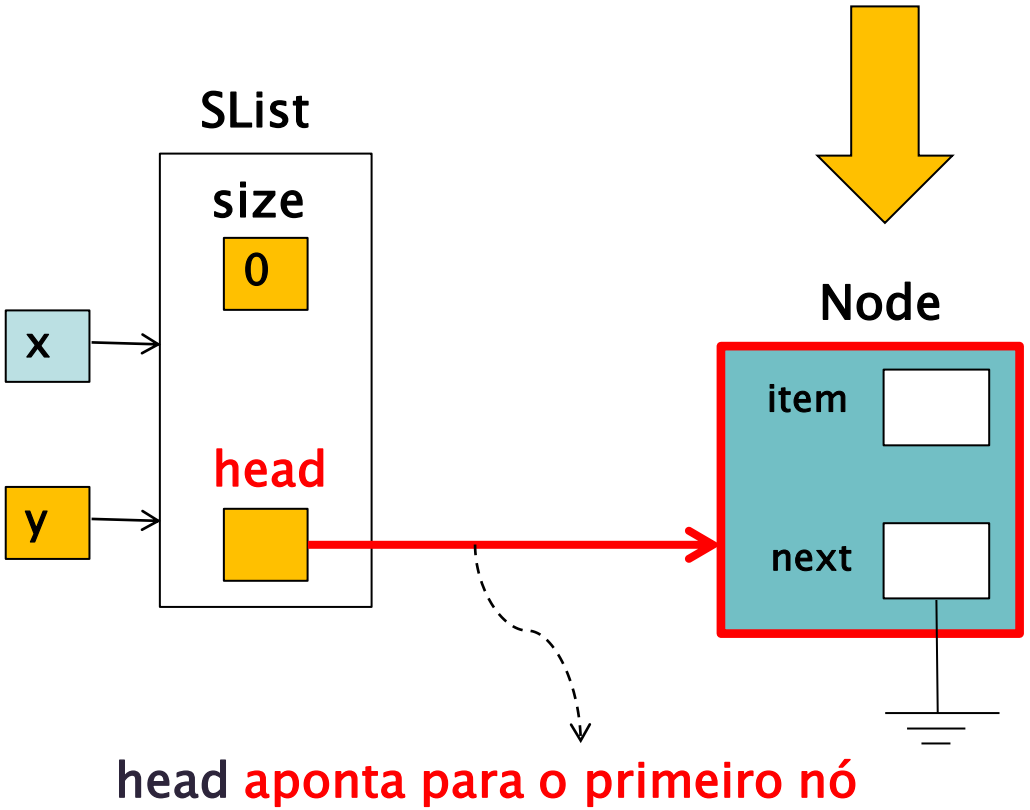


Não haverá erros de Run-time se a lista de nós estiver vazia ...

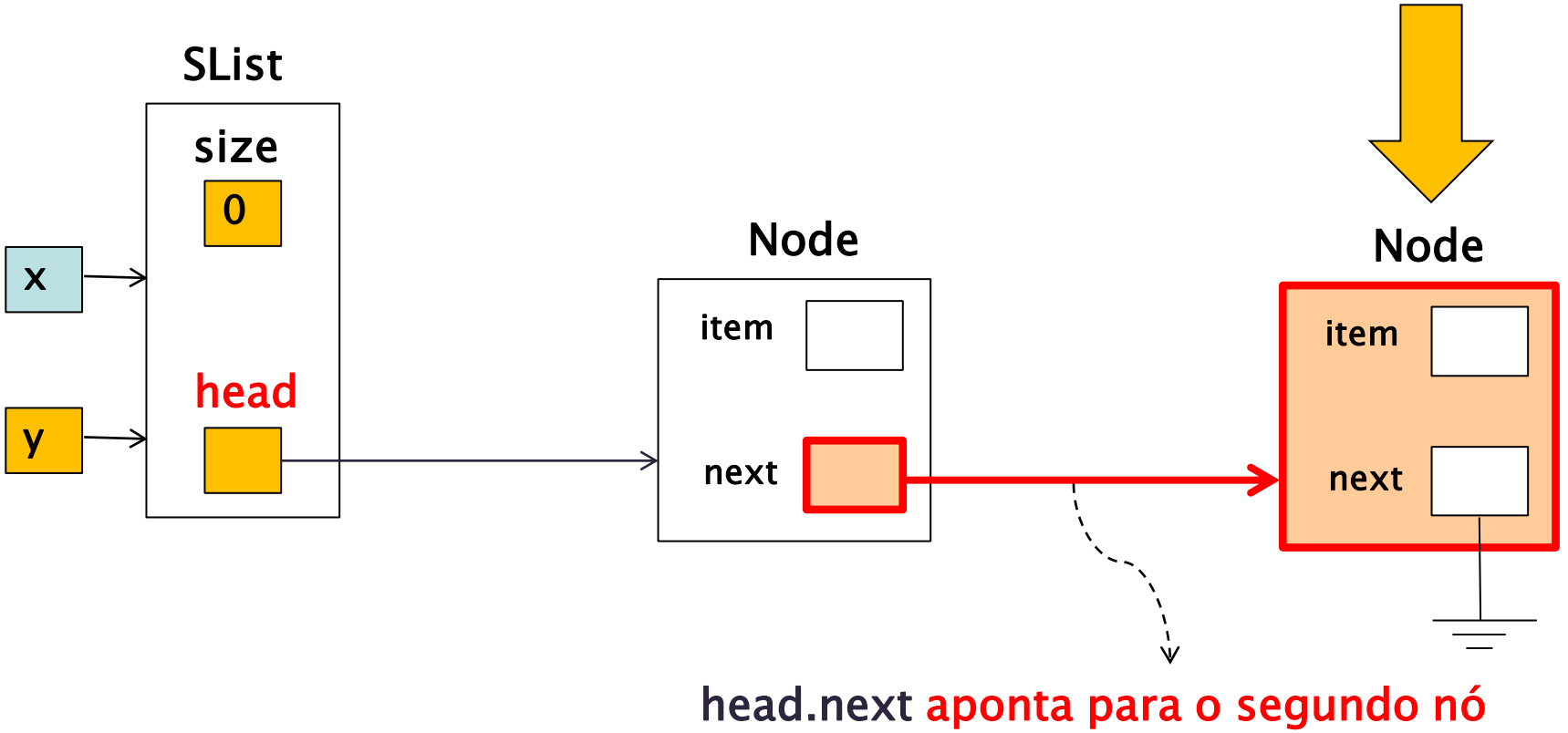
Implementação



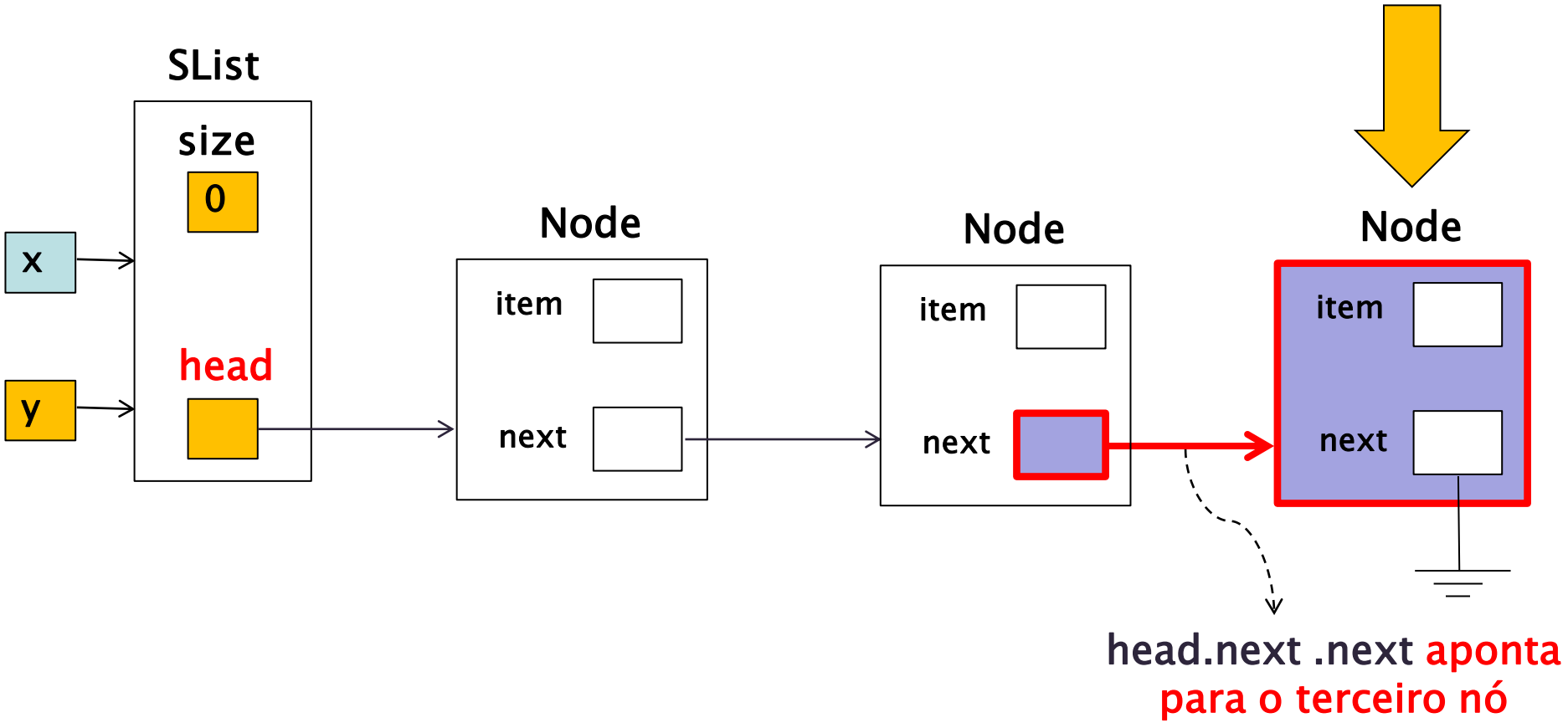
Dicas - Implementação

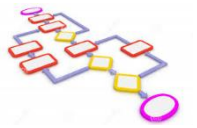


Dicas - Implementação



Dicas - Implementação



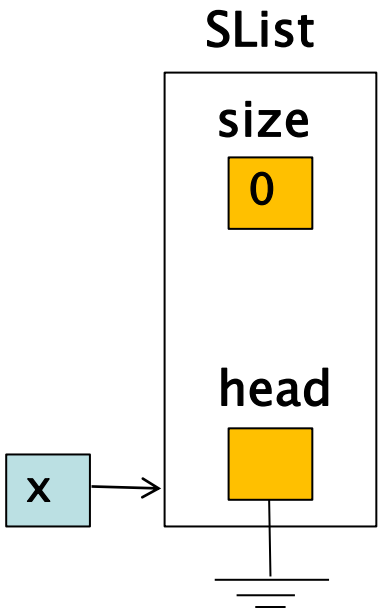


Classe Node

```
package maua;

public class Node {
        int item;
        Node next;

public Node() {
        this.item=0;
        this.next=null;
}

public Node(int item) {
        this.item = item;
        this.next = null;
}
```

Classe SList

```
package maua;

public class SList {

        Node head;
        int size;

public SList() {
        this.head = null;
        this.size = 0;
}
```



insereInicio()

```
public void insereInicio (int item) { // Insere no inicio da lista
        Node x = new Node(item);
        if (this.size == 0 ) {
                this.head = x;
                this.size++;
        }
        else {
                x.next = this.head ;
                this.head = x;
                this.size++;
        }
}
```

insereFim ()

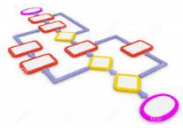
```
public void insereFim(int item) { // Insere no fim da lista

        Node no_novo = new Node(item);

        if (this.size == 0) {

                this.head = no_novo;
                this.size++;

        }
        else {
                int contador = 1;
                Node no_trab = this.head;

                while (contador < this.size) {
                        no_trab = no_trab.next ;
                        contador++;
                }
                no_trab.next = no_novo;
                this.size++;
        }
}
```

imprimeLista()

```
public void imprimeLista() {
        System.out.println("Funcao imprimeLista() ......");
        System.out.print("Lista: ");
        if (this.size == 0)
                System.out.print(" vazia...");
        else {
                int contador = 1;
                Node no_trab = this.head;
                while (contador <= this.size) {
                        System.out.println("contador = " + contador );
                        System.out.print (" " + no_trab.item);
                        no_trab = no_trab.next;
                        contador++;
                }
        }
        System.out.println("");
}
```

deleteInicio()

```
public void deleteInicio() {

        if (this.head == null )
                System.out.println("Impossivel deletar... Lista vazia...");

        else {
                this.head = this.head.next;

                this.size--;
        }

}
```



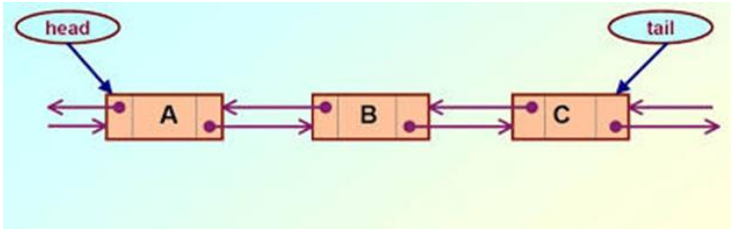
deleteFim()

```
public void deleteFim() {

    int contador = 1;

    if ( this.size == 0 )
            System.out.println("Erro: Lista vazia...");
    else
            if (this.size == 1)  {
                    this.head = null;
                    this.size--;
            }
            else {

                    Node trab = this.head;

                    while (contador < this.size - 1) {

                            trab = trab.next;
                            contador++;

                    }
                    trab.next = null;
                    this.size--;
            }

}
```

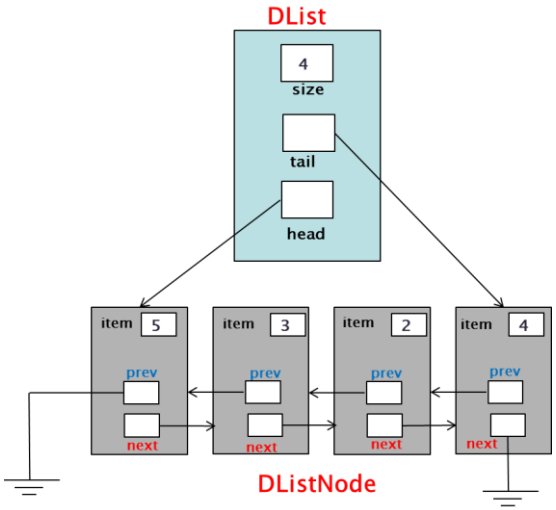
Classe TestSList

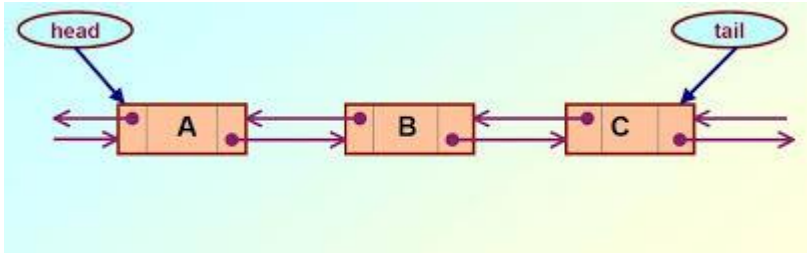
```
package maua;

public class TesteSList {

        public static void main(String[] args) {

                SList S1 = new SList();
                S1.imprimeLista();

                S1.insereFim(10);
                S1.imprimeLista();

                S1.insereFim(99);
                S1.imprimeLista();

                S1.insereFim(33);
                S1.imprimeLista();

                S1.insereInicio(44);
                S1.imprimeLista();

                S1.deleteFim();
                S1.imprimeLista();

                S1.deleteInicio();
                S1.imprimeLista();

                S1.deleteFim();
                S1.imprimeLista();

        }
}
```

```
Funcao imprimeLista() ......
Lista:  vazia...
Funcao imprimeLista() ......
Lista:  10
Funcao imprimeLista() ......
Lista:  10 99
Funcao imprimeLista() ......
Lista:  10 99 33
Funcao imprimeLista() ......
Lista:  44 10 99 33
Funcao imprimeLista() ......
Lista:  44 10 99
Funcao imprimeLista() ......
Lista:  10 99
Funcao imprimeLista() ......
Lista:  10
```



Porque listas duplamente ligadas

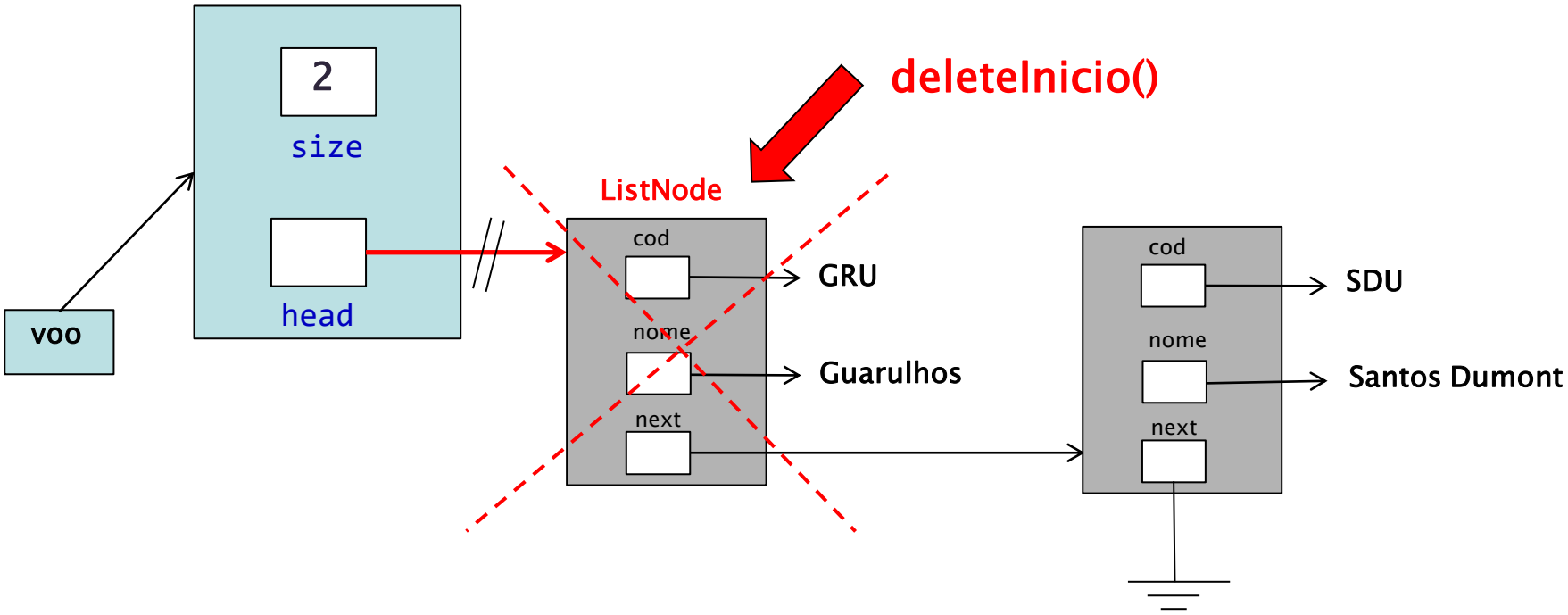




Qual a necessidade de listas duplamente ligadas ?

Porque listas duplamente ligadas ?

- Numa lista simplesmente ligada, a **deleção** ou **inserção** do elemento da frente é muito fácil e com esforço computacional (tempo) constante.



Função deleteInicio

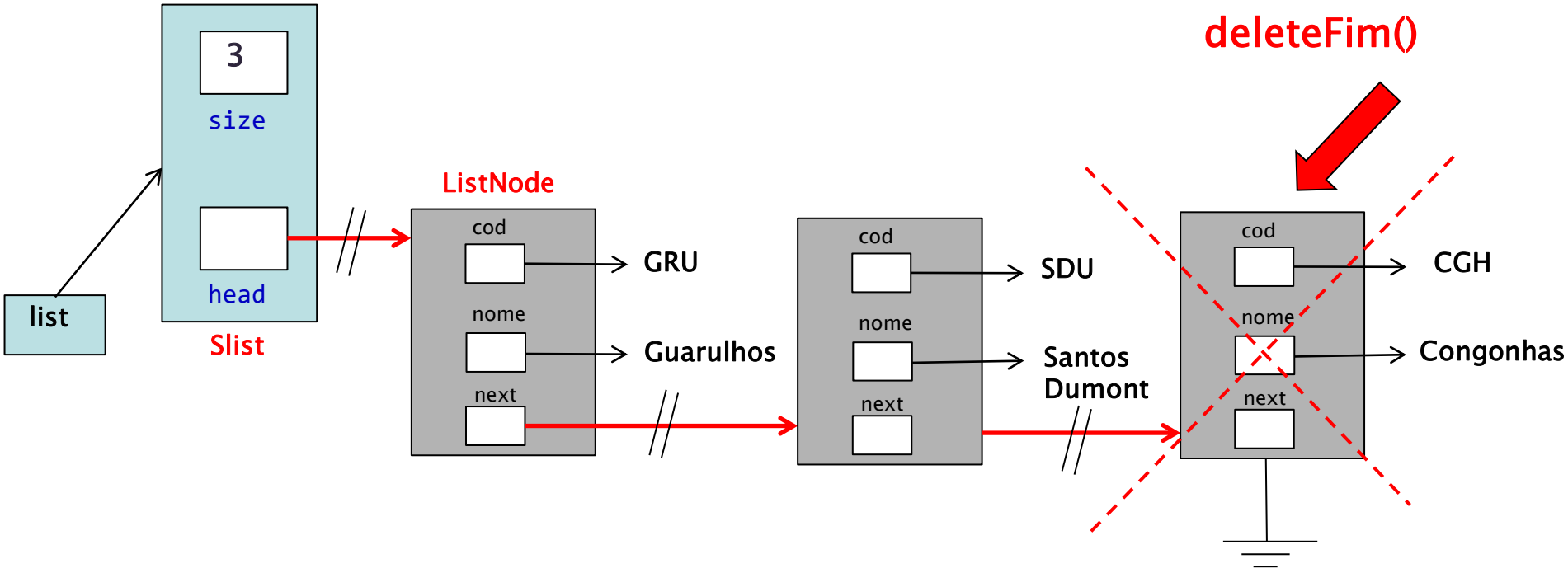
```
public void deleteInicio() {

        if (this.head == null )
                System.out.println("Impossivel deletar... Lista vazia...");

        else {
                this.head = this.head.next;

                this.size--;
        }

}
```

O Tempo é constante e independe do tamanho da lista!

Mas, numa lista simplesmente ligada, a deleção ou remoção no final da lista é difícil ...

Deleção em lista simplesmente ligada

- Numa lista simplesmente ligada, para se remover qualquer item (exceto o primeiro) será necessário **percorrer-se** toda a lista, uma vez que não se tem acesso rápido ao nó predecessor (só há pointer direto ao primeiro nó !).



Função deleteFim()

```
public void deleteFim() {

    int contador = 1;

    if ( this.size == 0 )
            System.out.println("Erro: Lista vazia...");
    else
            if (this.size == 1)  {
                    this.head = null;
                    this.size--;
            }
            else {

                    Node trab = this.head;

                    while (contador < this.size - 1) {
                            trab = trab.next;
                            contador++;
                    }
                    trab.next = null;
                    this.size--;
            }
  }
```

O Tempo é proporcional ao tamanho da lista !

Como então melhorar essa estrutura de dados ?