

MAC00323 Algoritmos e Estruturas de Dados II

Edição 2019



Fonte: <https://yunas-princess-...>

Sobre MAC0323



Fonte: <http://jainanimation.in/blog/...>

Blue Pill or *Red Pill*

The Matrix

<https://www.youtube.com>

Sobre MAC0323

- ▶ página da disciplina
- ▶ responsáveis
- ▶ Livro
- ▶ pré-requisitos
- ▶ aulas
- ▶ exercícios-programa
- ▶ provas e provinhas

Página da disciplina

Paca: <https://paca.ime.usp.br>

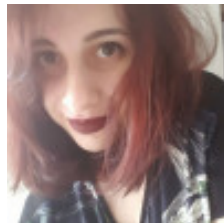
Your heart is true. You may pass.

"Amo estudar algoritmos!",

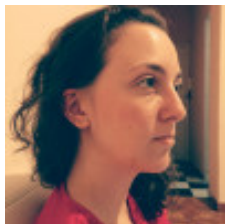
sem aspas

Ambiente de programação, EPs, critérios, fóruns ...

Responsáveis



Bia



Lais



Coelho

Pré-requisitos

MAC0121 Algoritmos e Estruturas de Dados I



Prof. Teoria

Livro

Nossa referência básica é o livro SW

Sedgewick & Wayne,
Algorithms, 4th Editions

<http://algs4.cs.princeton.edu/>



Consulte as notas de aula de Paulo Feofiloff
baseadas no livro *Algorithms*

<http://www.ime.usp.br/~pf/estruturas-de-dados.>

Exercícios-programa

Em **MAC0323** teremos EPs em



Vários EPs serão chupados de **COS226** de Princeton
EP01, EP02: disponíveis na página de MAC0323

Exercícios-programa C



<https://twitter.com/slidenerdtech>

Provas e provinhas

3 provas

Várias provinhas de até 10 minutos

Médias das provinhas vale como PSub

Onde você se meteu. . .

MAC0323 continua a tarefa de **MAC0121**, é uma disciplina introdutória em:

- ▶ projeto, correção e eficiência de algoritmos e
- ▶ estruturas de dados = esquema de organizar dados que os deixa acessível para serem processados eficientemente.

Estudaremos, através de exemplos, a **correção**, a **análise de eficiência e projeto de algoritmos** muito bacanas e que são amplamente utilizados por programadores.

MAC0323

MAC0323 combina técnicas de

- ▶ programação
- ▶ correção de algoritmos (relações invariantes)
- ▶ análise da eficiência de algoritmos e
- ▶ estruturas de dados elementares

que nasceram de aplicações cotidianas em ciência da computação.

Pré-requisitos

Os pré-requisito oficial de **MAC0323** são

- ▶ **MAC0121** Algoritmos e Estruturas de Dados I e
- ▶ **MAC0216** Técnicas de Programação I

Principais tópicos

Alguns dos tópicos de **MAC0323** são:

- ▶ Bags, Queues e Stacks;
- ▶ Union-find;
- ▶ Tabelas de símbolos: Árvore binária de busca; Árvores balanceadas de busca; Tabelas de Hash;
- ▶ Grafos: orientados, não orientados;
- ▶ Problemas em grafos: Árvore geradora mínima; Caminhos mínimos;
- ▶ Strings : Tries; Autômatos e expressões regulares.

Com um pouco **análise e eficiência de algoritmos**

Localização

MAC0323 é a segundo passo na direção de

- ▶ Algoritmos
- ▶ Estruturas de Dados

Várias outras disciplina se apoiam em **MAC0323**.

Java e C

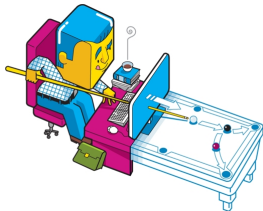
Usaremos a linguagens **Java** e **C**.

Nada profundo.

O foco é **algoritmos e estruturas de dados** e a ideia é a linguagem não nos distrair muito, mas isso é pouco inevitável ... e frequentemente divertido :-)

AULA 1

Interfaces



Fonte: <http://allfacebook.com/>

*Before I built a wall I'd ask to know
What I was walling in or walling out,
And to whom I was like to give offence.
Something there is that doesn't love a wall,
That wants it down.*

Robert Frost, *Mending Wall*

The Practice of Programming

B.W.Kernigham e R. Pike

S 3.1, 4.2, 4.3, 4.4

Interfaces

Uma **interface** (= *interface*) é uma fronteira entre entre a **implementação** de um biblioteca e o **programa que usa** a biblioteca.

Um **cliente** (= *client*) é um programa que chama alguma função da biblioteca.

Implementação

```
double sqrt(double x){  
    [...]  
    return raiz;  
}  
  
    [...]
```

libm

Interface

```
double sqrt(double);  
double sin(double);  
double cos(double);  
double pow(double,double);  
    [...]
```

math.h

Cliente

```
#include <math.h>  
  
    [...]  
c = sqrt(a*a+b*b);  
  
    [...]
```

prog.c

Interfaces

Uma **interface** (= *interface*) é uma fronteira entre entre a **implementação** de um biblioteca e o **programa que usa** a biblioteca.

Um **cliente** (= *client*) é um programa que chama alguma função da biblioteca.

Implementação

```
public class Stack<T>{  
    [...]  
    public T pop() {  
        [...]  
    }  
}
```

Stack.class

Interface

```
public T pop()  
public push(T item)  
public int size()  
public boolean isEmpty()  
    [...]
```

API

Cliente

```
public class Prog {  
    [...]  
    s = new Stack();  
    [...]
```

Prog.java

Interfaces

Para cada função na biblioteca o **cliente** precisa saber

- ▶ o seu **nome**, os seus **argumentos** e os tipos desses argumentos;
- ▶ o tipo do **resultado** que é retornado.

Só a quem **implementa** interessa os detalhes de implementação.

Implementação

Responsável por
como as funções
funcionam

lib

Interface

Os dois lados concordam
sobre os protótipos
das funções

xxx.h

Cliente

Responsável por
como usar as funções

yyy.c

Interfaces

Para cada função na biblioteca o **cliente** precisa saber

- ▶ o seu **nome**, os seus **argumentos** e os tipos desses argumentos;
- ▶ o tipo do **resultado** que é retornado.

Só a quem **implementa** interessa os detalhes de implementação.

Implementação

Responsável por
como as funções
funcionam

lib

Interface

Os dois lados concordam
sobre os protótipos
das funções

API

Cliente

Responsável por
como usar as funções

Prog. java

Interfaces

Entre as decisões de projeto estão

Interface: quais serviços serão oferecidos? A **interface** é um “contrato” entre o usuário e o projetista.

Ocultação: qual informação é **visível** e qual é **privada**? Uma interface deve prover acesso aos componente enquanto **esconde** detalhes de implementação que **podem ser alterados sem afetar o usuário**.

Recursos: quem é **responsável pelo gerenciamento de memória** e outros recursos?

Erros: quem **detecta e reporta erros** e como?

Sacos

*a bag of
marbles*



add(●)



add(●)



for (Marble m : bag)



*process each marble m
(in any order)*

Operations on a bag

Fonte: [Saco \(= bag\) e sua API](#)

Sacos

*a bag of
marbles*



add(●)



add(●)



Que saco!

Um **saco** (= *bag*) é uma **ADT** que consiste de uma coleção de **itens** munida de duas operações:

- ▶ **add()** que **insere** um item na coleção, e
- ▶ **iterator()** que **percorre** os itens da coleção. A ordem em que o iterador percorre os itens **não é especificada**.

API de um saco de inteiros

`public class BagInteger`

	<code>BagInteger()</code>	cria um saco de inteiros vazio
<code>void</code>	<code>add(Integer item)</code>	coloca item neste saco
<code>boolean</code>	<code>isEmpty()</code>	este saco está vazio?
<code>int</code>	<code>size()</code>	número de itens neste saco
<code>void</code>	<code>startIterator()</code>	inicializa o iterador
<code>boolean</code>	<code>hasNext()</code>	há itens a serem iterados?
<code>Integer</code>	<code>next()</code>	próximo item

Cliente

```
public class Cliente {  
    public static void main(String[] args){  
        BagInteger bag = new BagInteger();  
        for (int i=10; i < 20; i++) {  
            bag.add(i);  
        }  
        StdOut.println(bag.size());  
        bag.startIterator();  
        while (bag.hasNext()) {  
            StdOut.println(bag.next());  
        }  
    }  
}
```

Class BagInteger: esqueleto

```
public class BagInteger {
    private Node first;
    private int n;
    private Node current;
    private class Node{...} //subclasse
    public BagInteger() {...} // construtor
    public void add(Integer item) {...}
    public int size() {...}
    public boolean isEmpty() {...}
    public void startIterator() {...}
    public boolean hasNext() {...}
    public Integer next() {...}
    public void remove() {...}
}
```

BagInteger: subclasse Node

```
private class Node{
    private Integer item;
    private Node next;
    public Node(Integer item, Node next) {
        this.item = item;
        this.next = next;
    }
}
```

BagInteger: subclasse Node

```
private class Node{
    private Integer item;
    private Node next;
    public Node(Integer item, Node next) {
        this.item = item;
        this.next = next;
    }
}
```


BagInteger: construtor e add()

```
public BagInteger() { // construtor
    first = null;
}

public void add(Integer item) {
    Node oldfirst = first;
    first = new Node(item, oldfirst);
    // first.item = item;
    // first.next = oldfirst;
    n++;
}
```

```
public int size() {  
    return n;  
}  
  
public boolean isEmpty() {  
    return n == 0;  
}
```

BagInteger: iterador

```
public void startIterator() {  
    current = first;  
}  
  
public boolean hasNext() {  
    return current != null;  
}  
  
public Integer next() {  
    Integer item = current.item;  
    current = current.next;  
    return item;  
}
```

API de um saco genérico

```
public class Bag<Item>
```

	<code>Bag()</code>	cria um saco de itens vazio
<code>void</code>	<code>add(Item item)</code>	coloca item neste saco
<code>boolean</code>	<code>isEmpty()</code>	este saco está vazio?
<code>int</code>	<code>size()</code>	número de itens neste saco
<code>void</code>	<code>startIterator()</code>	inicializa o iterador
<code>boolean</code>	<code>hasNext()</code>	há itens a serem iterados?
<code>Item</code>	<code>next()</code>	próximo item

Generics

Uma característica essencial de ADTs de coleções é permitir que sejam usadas para **qualquer tipo** de itens.

O mecanismo em **Java** conhecido como **genéricos** (= *generics*) permite essa capacidade.

A notação **<Item>** depois do nome da classe define o nome **Item** como um **parâmetro de tipo**, um espaço reservado para um tipo concreto ser usado pelo cliente.

Lemos **Bag<Item>** como *saco de itens* ou *bag de itens*.

Cliente

```
public class Cliente {
    public static void main(String[] args){
        Bag<String> bagS=new Bag<String>();
        bagS.add("Como "); bagS.add("é ");
        bagS.add("bom ");
        bagS.add("estudar ");
        bagS.add("MAC0323!");
        StdOut.println(bagS.size());
        bagS.startIterator();
        while (bagS.hasNext()) {
            StdOut.println(bagS.next());
        }
    }
}
```

Class Bag<Item>: esqueleto

```
public class Bag<Item> {
    private Node first;
    private int n;
    private Node current;
    private class Node{...} //subclasse
    public Bag() {...} // construtor
    public void add(Item item) {...}
    public int size() {...}
    public boolean isEmpty() {...}
    public void startIterator() {...}
    public boolean hasNext() {...}
    public Item next() {...}
    public void remove() {...}
}
```

Bag<Item>: subclass Node

```
private class Node{
    private Integer item;
    private Node next;
    public Node(Integer item, Node next) {
        this.item = item;
        this.next = next;
    }
}
```


Bag<Item>: construtor e add()

```
public Bag() { // construtor
    first = null;
}

public void add(Item item) {
    Node oldfirst = first;
    first = new Node(item, oldfirst);
    // first.item = item;
    // first.next = oldfirst;
    n++;
}
```

Bag<Item>: size() e isEmpty()

```
public int size() {  
    return n;  
}
```

```
public boolean isEmpty() {  
    return n == 0;  
}
```

Bag<Item>: iterador

```
public void startIterator() {
    current = first;
}

public boolean hasNext() {
    return current != null;
}

public Item next() {
    Item item = current.item;
    current = current.next;
    return item;
}
```

Iteradores

API permite apenas um iterador:



Iteradores

queremos **vários**:



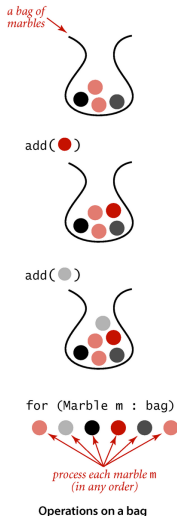
API: saco genérico iterável

<code>public class</code>	<code>Bag<Item></code>	<code>implements</code> <code>iterable<Item></code>
	<code>Bag()</code>	cria um saco de itens vazio
<code>void</code>	<code>add(Item item)</code>	coloca item neste saco
<code>boolean</code>	<code>isEmpty()</code>	este saco está vazio?
<code>int</code>	<code>size()</code>	número de itens neste saco
<code>iterator<Item></code>	<code>iterator()</code>	<code>iterador</code> de itens

Cliente

```
public class Cliente {
    public static void main(String[] args){
        Bag<String> bagS=new Bag<String>();
        bagS.add("Como "); bagS.add("é ");
        bagS.add("bom ");
        bagS.add("estudar ");
        bagS.add("MAC0323!");
        StdOut.println(bagS.size());
        Iterator<String> it =
            bagS.iterator();
        while (it.hasNext()) {
            StdOut.println(it.next());
        }
    }
}
```

foreach



Frequentemente o cliente precisa apenas **processar cada item** de uma **coleção iterável** de alguma maneira. Para isso podemos iterar sobre os items da coleção com um comando do tipo **foreach**.

```
Bag<String> bagS =  
    new Bag<String>();  
[...]  
for (String s: bagS)  
    StdOut.println(s);
```


Cliente de Luxe

```
public class Cliente {  
    public static void main(String[] args){  
        Bag<String> bagS=new Bag<String>();  
        bagS.add("Como "); bagS.add("é ");  
        bagS.add("bom ");  
        bagS.add("estudar ");  
        bagS.add("MAC0323!");  
        StdOut.println(bagS.size());  
        for (String s: bagS) {  
            StdOut.println(s);  
        }  
    }  
}
```

Receita para construir uma classe iterável

Leia **Bags, Queues, and Stacks** (SW)
ou **Saco (= bag) e sua API** (PF).

Passo 0: incluir

```
import java.util.Iterator;
```

para que possamos nos referir a interface
java.util.Iterator:

Receita para construir uma classe iterável

Passo 1: adicionar no final da declaração da classe `implements Iterable<Item>`.

Isso indica que o objeto será iterável e nos comprometemos a especificar o método `iterator()`, como especificado na interface `java.lang.Iterable`

```
public interface Iterable<Item> {  
    public Iterator<Item> iterator();  
}
```

Por exemplo:

```
public class Bag<Item> implements Iterable<Item>{  
    [...]  
}
```

Receita para construir uma classe iterável

Passo 2: implementar um método `iterator()` como prometido. Esse método retorna um objeto da classe que implementa a interface `Iterator`

```
public interface Iterator<Item> {  
    boolean hasNext();  
    Item next();  
    void remove();  
}
```

Por exemplo:

```
public Iterator<Item> iterator() {  
    return new BagIterator();  
}
```

Receita para construir uma classe iterável

Passo 3: **implemente** a subclasse que implementa a interface **Iterator** incluindo os métodos **hasNext()**, **next()** e **remove()**

Usamos sempre o método vazio para o opcional método **remove()** pois intercalar iteração com uma operação que modifica a estruturas de dados é melhor ser evitada.

Receita para construir uma classe iterável

```
private class
```

```
BagIterator implements Iterator<Item> {
```

```
    private Node current = first;
```

```
    public boolean hasNext() {
```

```
        return current != null;
```

```
    }
```

```
    public Item next() {
```

```
        Item item = current.item;
```

```
        current = current.next;
```

```
        return item;
```

```
    }
```

```
    public void remove() {
```

```
        throw new UnsupportedOperationException();
```

```
    }
```

Observações



Fonte: filmeseriale.info

Ao longo do semestre usaremos **Bags** frequentemente.

Em particular, usaremos **Bags** em uma das nossas implementações de *grafos* e *digrafos*

Listas encadeadas em Java

SW 1.3

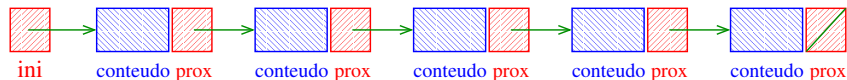
<https://algs4.cs.princeton.edu/13stacks/>

Linked lists, Victor S.Adamchik, CMU, 2009

Listas encadeadas

Uma **lista encadeada** (= *linked list* = lista ligada) é uma sequência de **células**; cada **célula** contém um **objeto** de algum tipo e o **endereço** da célula seguinte.

Ilustração de uma **lista encadeada** (“sem cabeça”)



Estrutura para listas encadeadas em Java

É conveniente tratar as células como um **novo tipo-dados** e atribuir um nome a esse novo tipo:

```
private class Node{  
    Item item;  
    Node next;  
}  
first = null;
```



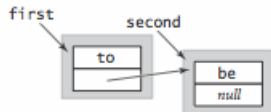
ini

Construir uma lista ligada

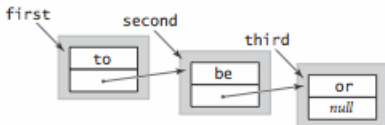
```
Node first = new Node();  
first.item = "to";
```



```
Node second = new Node();  
second.item = "be";  
first.next = second;
```



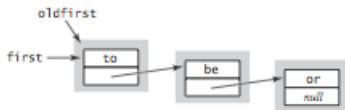
```
Node third = new Node();  
third.item = "or";  
second.next = third;
```



Inserir no início

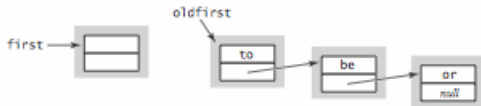
save a link to the list

```
Node oldfirst = first;
```



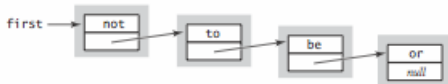
create a new node for the beginning

```
first = new Node();
```



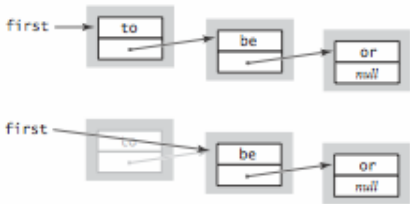
set the instance variables in the new node

```
first.item = "not";  
first.next = oldfirst;
```



Remover do início

```
first = first.next;
```

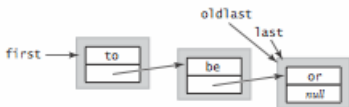


Removing the first node in a linked list

Inserir no final

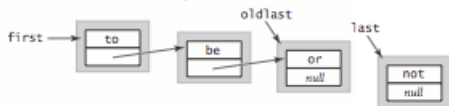
save a link to the last node

```
Node oldlast = last;
```



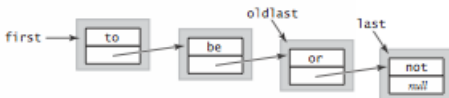
create a new node for the end

```
Node last = new Node();  
last.item = "not";
```



link the new node to the end of the list

```
oldlast.next = last;
```



Percorrer

O seguinte trecho de código percorre uma lista ligada.

```
for (Node x = first; x != null; x = x.next)
{
    // processe x.item
}
```

Listas encadeadas em C

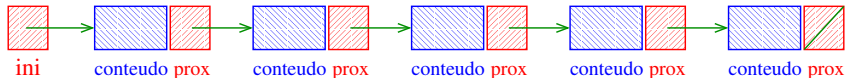
PF 4, S 3.3

<http://www.ime.usp.br/~pf/algoritmos/aulas/lista.html>

Listas encadeadas

Uma **lista encadeada** (= *linked list* = lista ligada) é uma sequência de **células**; cada **célula** contém um **objeto** de algum tipo e o **endereço** da célula seguinte.

Ilustração de uma **lista encadeada** (“sem cabeça”)



Estrutura para listas encadeadas em C

```
struct celula {  
    int conteudo;  
    struct celula *prox;  
};  
typedef struct celula Celula;  
  
Celula *ini;  
/* inicialmente a lista esta vazia */  
ini = null;
```



ini

Endereços listas encadeadas

O endereço de uma lista encadeada é o endereço de sua primeira célula.

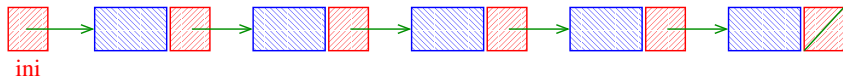
Se `p` é o endereço de uma lista às vezes dizemos que “`p` é uma lista”.

Se `p` é uma lista então

- ▶ `p == null` ou
- ▶ `p->prox` é uma lista.

Imprime conteúdo de uma lista

Esta função `imprime` o `item` de cada célula de uma lista encadeada `ini`.



```
void imprima (Celula *ini)
{
    Celula *p;
    for (p = ini; p != null; p=p->prox)
        printf("%d\n", p->item);
}
```

Busca em listas encadeadas

Esta função **recebe** um inteiro **x** e uma lista **ini**. A função **devolve** o endereço de uma célula que contém **x**. Se tal célula não existe, a função **devolve null**.

```
Celula *busca (int x, Celula *ini)
{
    Celula *p;

    p = ini;
    while (p != null && p->item != x)
        p = p->prox;

    return p;
}
```