

ESTRUTURAS DE DADOS

2025/2026

Aula 01

- Plataforma de Colecções
- *Generics*
- *Wildcards*
- Explorar o
`java.util.ArrayList`



**ESCOLA
SUPERIOR
DE TECNOLOGIA
E GESTÃO**

Introdução

- Vamos começar por estudar a interface `Collection` da *Java Collections Framework JCF* que foi usada no ano passado
- Nesta aula serão analisadas questões relativas à herança, interfaces, classes abstractas e *Java generics*

História

- As linguagens de programação têm adicionado meios de organizar "coisas" ao longo dos anos
 - Primeiro apareceu o *array*, a desvantagem que apresentava era a obrigatoriedade das "coisas" serem todas semelhantes (do mesmo tipo)
 - Depois apareceu o registo, um registo permite aos programadores armazenar "coisas" de tipos diferentes

- Mais recentemente, apareceu o conceito de objecto que permite armazenar dados de diferentes tipos e comportamentos

Origens: *Java Collection Framework*

5

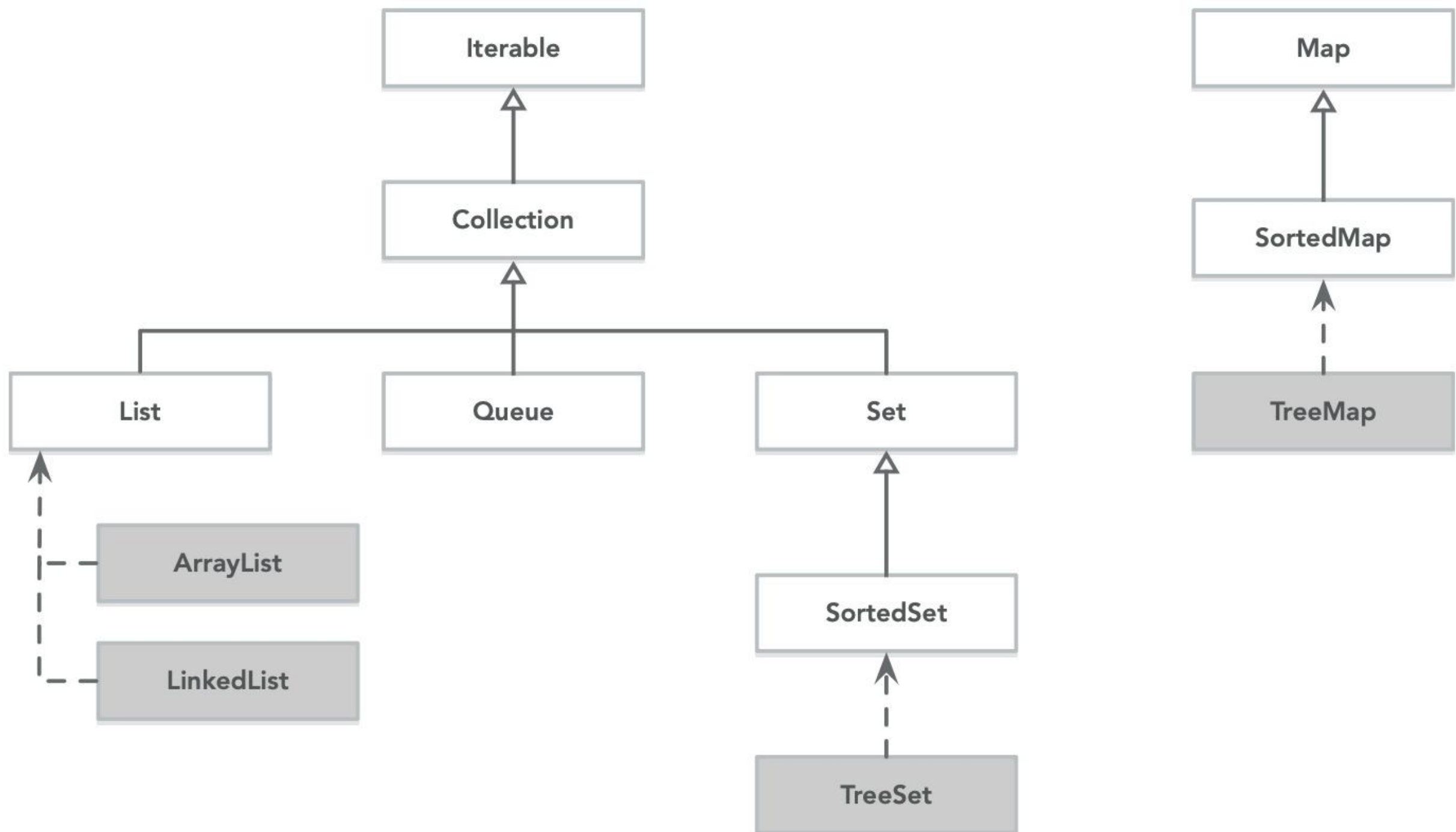
- No Java 1.2, a linguagem passou a ter uma plataforma para gerir colecções
- As colecções são formas de organizar grupos de “coisas” e manipular esses grupos como entidades únicas

Java Collection Framework (JCF)

6

- A JCF é uma colecção de interfaces, classes concretas e abstractas que fornecem um conjunto standard de tipos de colecções (*containers*)
- A interface `Collection` é a raiz de grande parte da hierarquia de heranças de interfaces da JCF

Java Collections Framework



Termos

- **Interface**

- As interfaces são declaradas com recurso à palavra reservada `interface` e podem conter apenas assinaturas de métodos e declarações de constantes

- **Classe abstracta**

- É uma classe que possui pelo menos um método abstracto -> não pode ser instanciada

- **Classe concreta**

- É uma classe que pode ter instâncias

Generics

- Praticamente todas as aplicações precisam armazenar colecções de objectos
 - Seria impraticável implementar uma nova classe colecção para armazenar cada tipo específico de objecto
 - É impossível prever quais os tipos de objectos que um dia iremos querer armazenar no grande número de potenciais aplicações que poderão usar a nossa classe colecção
 - Uma forma de generalizar a colecção é torná-la uma colecção do tipo `Object` (topo da hierarquia)

```
public class MyCollection {  
    ...  
    public void add(Object o) {...}  
    public boolean remove(Object o) {...}  
    public Object get(int position)  
}
```

```
public class ShapeApp {  
    ...  
    MyCollection myc =  
        new MyCollection();  
    myc.add(new Rectangle(3,4));  
    ...  
    Rectangle rect =  
        (Rectangle)myc.get(0);  
}
```

- Todas as referências para cada objecto na classe (que representa a colecção) irão usar o tipo **Object**
 - Quando é obtido um objecto a partir da colecção, a aplicação pode-o converter de volta para o tipo original (através do casting)
 - Os comportamentos/operações pretendidos pela aplicação cliente que usar esta colecção terão de ser do tipo **Object**
 - (Exemplo) Se enviarmos uma Forma (*Shape*) para a colecção não podemos esperar que a colecção seja capaz de fornecer a operação que irá desenhar as formas
 - A operação "Desenhar" não está definida na classe **Object**

- Não existe nenhuma forma da colecção ser capaz de informar se todos os objectos da colecção são do mesmo tipo
- Uma classe genérica (*Generic Class*) apresenta uma solução para este problema pois pode ser vista como um template que pode ser concretizada para conter objectos de um tipo em particular uma vez instanciada

- A classe **ArrayList** é uma classe parametrizada
- Tem um parâmetro denominado por **Base_Type** que pode ser substituído por qualquer tipo de forma a obter uma classe **ArrayList** com o tipo especificado pelo programador
- O Java permite a definição de classes com tipos parametrizados desde a versão 5.0
 - Estas classes que têm tipos parametrizados são denominadas classes parametrizadas ou definições genéricas, ou simplesmente *generics*

- A definição da classe com o tipo parametrizado é armazenada em ficheiro e compilada tal como qualquer outra classe
- Depois da classe parametrizada ser compilada pode ser usada tal como outra classe
- No entanto o tipo parametrizado na classe terá de ser especificado antes de ser usada num programa
- Ao fazê-lo estamos a **instanciar** a classe genérica

```
Demo<> object = new Demo<String>();
```

- Definição de uma classe com um tipo parametrizado

```
public class Demo<T> {  
  
    private T data;  
  
    public void setData(T newData) {  
        data = newData;  
    }  
  
    public T getData() {  
        return data;  
    }  
}
```

- T é o tipo parametrizado**

- Uma classe que é definida à custa de um tipo parametrizado é denominada de classe genérica ou classe parametrizada
 - O tipo parametrizado é incluído entre "<>" depois do nome da classe no cabeçalho da definição da classe
 - Pode ser usado qualquer identificador desde que não seja uma palavra reservada para o tipo, mas por convenção, o parâmetro começa com uma letra maiúscula
 - O tipo parametrizado pode ser usado como outros tipos usados na definição da classe

- Definição de uma classe Genérica

```
public class Pair<T> {
```

```
    private T first;  
    private T second;
```

```
    public Pair() {  
        first = null;  
        second = null;  
    }
```

```
    public Pair(T firstItem, T secondItem) {  
        first = firstItem;  
        second = secondItem;  
    }
```

```
    public T getFirst() {  
        return first;  
    }
```

```
    public void setFirst(T first) {  
        this.first = first;  
    }
```

```
public T getSecond() {  
    return second;  
}  
  
public void setSecond(T second) {  
    this.second = second;  
}  
  
public String toString() {  
    return ("first: " + first.toString() + "\n"  
        + "second: " + second.toString());  
}  
  
public boolean equals(Object otherObject) {  
    if (otherObject == null) {  
        return false;  
    } else if (getClass() != otherObject.getClass()) {  
        return false;  
    } else {  
        Pair otherPair = (Pair) otherObject;  
        return (first.equals(otherPair.first)  
            && second.equals(otherPair.second));  
    }  
}  
}
```

- Usar uma classe Genérica

```
public class GenericPairDemo {  
  
    public static void main(String[] args) {  
  
        Pair<String> secretPair =  
            new Pair<String>("Happy", "Day");  
        Scanner Keyboard = new Scanner(System.in);  
        System.out.println("Enter two words:");  
        String word1 = Keyboard.next();  
        String word2 = Keyboard.next();  
        Pair<String> inputPair =  
            new Pair<String>(word1, word2);  
  
        if (inputPair.equals(secretPair)) {  
            System.out.println("You guesses the secret words");  
            System.out.println("in the correct order!");  
        } else {  
            System.out.println("You guesses incorrectly.");  
            System.out.println("You guessed");  
            System.out.println(inputPair);  
            System.out.println("The secret words are");  
            System.out.println(secretPair);  
        }  
    }  
}
```

- *Output*

```
Enter two words:  
two words  
You guesses incorrectly.  
You guessed  
first: two  
second: words  
The secret words are  
first: Happy  
second: Day
```

- Apesar do nome da classe ter um tipo parametrizado na definição este não é usado na definição do construtor:

```
public Pair<T>()
```

- Mas pode usar o tipo definido na classe

```
public Pair(T first, T second)
```

- No entanto quando a classe genérica é instanciada temos que usar os "<>"

```
Pair<> pair = new Pair<String>("Happy", "Day");
```

- O tipo usado como tipo parametrizado tem sempre de ser uma referência:
 - Não pode ser um tipo primitivo tais como o `int`, `double` ou `char`
 - No entanto, agora que o *Java* tem *automatic boxing*, esta não é uma grande restrição
 - Nota: Podem ser usados *arrays*

- Usar uma classe Genérica `Pair` e *Automatic Boxing*

```
public class GenericPairDemo2 {
    public static void main(String[] args) {
        Pair<Integer> secretPair = new Pair<Integer>(42, 24);
        Scanner Keyboard = new Scanner(System.in);
        System.out.println("Enter two numbers:");
        int n1 = Keyboard.nextInt();
        int n2 = Keyboard.nextInt();
        Pair<Integer> inputPair = new Pair<Integer>(n1, n2);

        if (inputPair.equals(secretPair)) {
            System.out.println("You guesses the secret numbers");
            System.out.println("in the correct two order!");
        } else {
            System.out.println("You guesses incorrectly.");
            System.out.println("You guessed");
            System.out.println(inputPair);
            System.out.println("The secret numbers are");
            System.out.println(secretPair);
        }
    }
}
```

- O Automatic Boxing permite-nos usar um argumento `int` para um parâmetro `Integer`

- *Output*

```
Enter two numbers:
```

```
42 24
```

```
You guesses the secret numbers  
in the correct two order!
```


Múltiplos Tipos Parametrizados

25

- A definição de uma classe genérica pode ter qualquer número de tipos parametrizados
- Os múltiplos tipos parametrizados são listados dentro de "<>" separados por vírgulas

```
TwoTypePair<T1, T2>
```

- Definição de uma classe Genérica

```
public class TwoTypePair <T1, T2>{  
  
    private T1 first;  
    private T2 second;  
  
    public TwoTypePair() {  
        first = null;  
        second = null;  
    }  
  
    public TwoTypePair(T1 firstItem, T2 secondItem) {  
        first = firstItem;  
        second = secondItem;  
    }  
  
    public T1 getFirst() {  
        return first;  
    }  
  
    public void setFirst(T1 first) {  
        this.first = first;  
    }  
}
```

```
public T2 getSecond() {
    return second;
}

public void setSecond(T2 second) {
    this.second = second;
}

public String toString() {
    return ("first: " + first.toString() + "\n"
        + "second: " + second.toString());
}

public boolean equals(Object otherObject) {
    if (otherObject == null) {
        return false;
    } else if (getClass() != otherObject.getClass()) {
        return false;
    } else {
        TwoTypePair otherPair =
            (TwoTypePair) otherObject;
        return (first.equals(otherPair.first)
            && second.equals(otherPair.second));
    }
}
}
```

O primeiro equals é o equals do tipo T1 e o segundo equals é o equals do tipo T2

- **Exercício 1:** Testar a classe anterior `TwoTypePair` e observar o resultado

Limites para Tipos Parametrizados

- Por vezes faz sentido restringir os tipos possíveis que podem ser usados para o tipo parametrizado **T**
- Por exemplo, para garantir que apenas as classes que implementam a interface `Comparable` são passadas pelo tipo **T** devemos definir a classe da seguinte forma:

```
public class DemoBounds<T extends Comparable>
```

- "**extends Comparable**" é usado como limite para o tipo parametrizado **T**
- Qualquer tentativa de passar um tipo para **T** que não implemente a interface **Comparable** irá resultar numa mensagem de erro do compilador

- Um limite num tipo pode ser o nome de uma classe (em vez de uma interface)
- Apenas podem ser passadas pelo tipo T as subclasses da classe limite definido como tipo parametrizado:

```
public class ExClass<T extends Class1>
```

- Um expressão de limite pode conter múltiplos interfaces e apenas uma classe
- Se existir mais de um parâmetro a sintaxe deverá ser da seguinte forma:

```
public class Two<T1 extends Class1, T2  
extends Class2 & Comparable>
```

- Tipo Parametrizado com limite

```
public class Pair<T extends Comparable> {  
    private T first;  
    private T second;  
  
    public T max() {  
        if (first.compareTo(second) >= 0)  
            return first;  
        else  
            return second;  
    }  
}
```

- **Exercício 2:** Testar a classe

Interfaces Genéricas

- As interfaces podem ter um ou mais tipos parametrizados
- Os detalhes e a notação são os mesmos que temos vindo a aprender para as classes com tipos parametrizados

Métodos Genéricos

- Quando uma classe genérica é definida o tipo parametrizado pode ser usado nas definições de métodos para a classe genérica
- Um método genérico pode ainda ser definido com os seus próprio tipos parametrizados sem que sejam os mesmo da classe
 - Um método genérico pode ser um membro de uma classe normal ou genérica que tenha algum tipo parametrizado
 - O tipo parametrizado de um método genérico é local a esse método e não à classe

- O tipo parametrizado tem de ser colocado (entre "<>") depois de todos os modificadores e antes do tipo de retorno:

```
public static <T> T genMethod(T[] a)
```

- Quando um destes métodos genéricos é invocado o nome do método é precedido pelo tipo pretendido entre "<>"

```
String s = NonG.<String>genMethod(c);
```

Herança com Classes Genéricas

- Uma classe genérica pode ser definida como subclasse de uma classe normal ou mesmo de uma outra classe genérica
- Tal como nas classes normais um objecto do tipo de uma subclasse será também do tipo da superclasse
- Dadas duas classes: **A** e **B**, e uma classe genérica: **G** não existe nenhum relacionamento entre **G<A>** e **G**
- É sempre verdade independente do relacionamento entre as classes **A** e **B**, por exemplo, se a classe **B** é uma subclasse da classe **A**

- Exemplo

```
public class UnorderedPair<T> extends Pair<T> {  
  
    public UnorderedPair() {  
        setFirst(null);  
        setSecond(null);  
    }  
  
    public UnorderedPair(T firstItem, T secondItem) {  
        setFirst(firstItem);  
        setSecond(secondItem);  
    }  
  
    public boolean equals(Object otherObject) {  
        if (otherObject == null) {  
            return false;  
        } else if (getClass() != otherObject.getClass()) {  
            return false;  
        } else {  
            UnorderedPair<T> otherPair =  
                (UnorderedPair<T>) otherObject;  
  
            return (getFirst().equals(otherPair.getFirst())  
                && getSecond().equals(otherPair.getSecond())  
                || (getFirst().equals(otherPair.getSecond())  
                && getSecond().equals(otherPair.getFirst())));  
        }  
    }  
}
```

- Exemplo

```
public class UnorderedPairDemo {  
  
    public static void main(String[] args) {  
        UnorderedPair<String> p1 =  
            new UnorderedPair<String>("peanuts", "beer");  
        UnorderedPair<String> p2 =  
            new UnorderedPair<String>("beer", "peanuts");  
        if (p1.equals(p2)) {  
            System.out.println(p1.getFirst() + " and "  
                + p1.getSecond() + " is the same as");  
            System.out.println(p2.getFirst() + " and "  
                + p2.getSecond());  
        }  
    }  
}
```

```
peanuts and beer is the same as  
beer and peanuts
```

Wildcards

- Queremos um método que imprima todos os elementos de uma colecção

```
void printCollection(Collection c) {  
    Iterator i = c.iterator();  
    while (i.hasNext()) {  
        System.out.println(i.next());  
    }  
}
```

Wildcards

- 1ª Tentativa com o uso de generics

```
void printCollection(Collection<Object> c) {  
    for (Object e: c) {  
        System.out.println(e);  
    }  
}
```

- Se repararem bem acaba por ser pior que a primeira solução

```
printCollection(stones);
```

Não compila!

- Que tipo abrange todos os tipos de colecções?

`Collection` `<?>`

- "**Colecção de tipo desconhecido**" é uma colecção em que o tipo dos elementos pode ser qualquer um - tipo *wildcard*

```
void printCollection(Collection<?> c) {  
    for (Object e: c) {  
        System.out.println(e);  
    }  
}
```

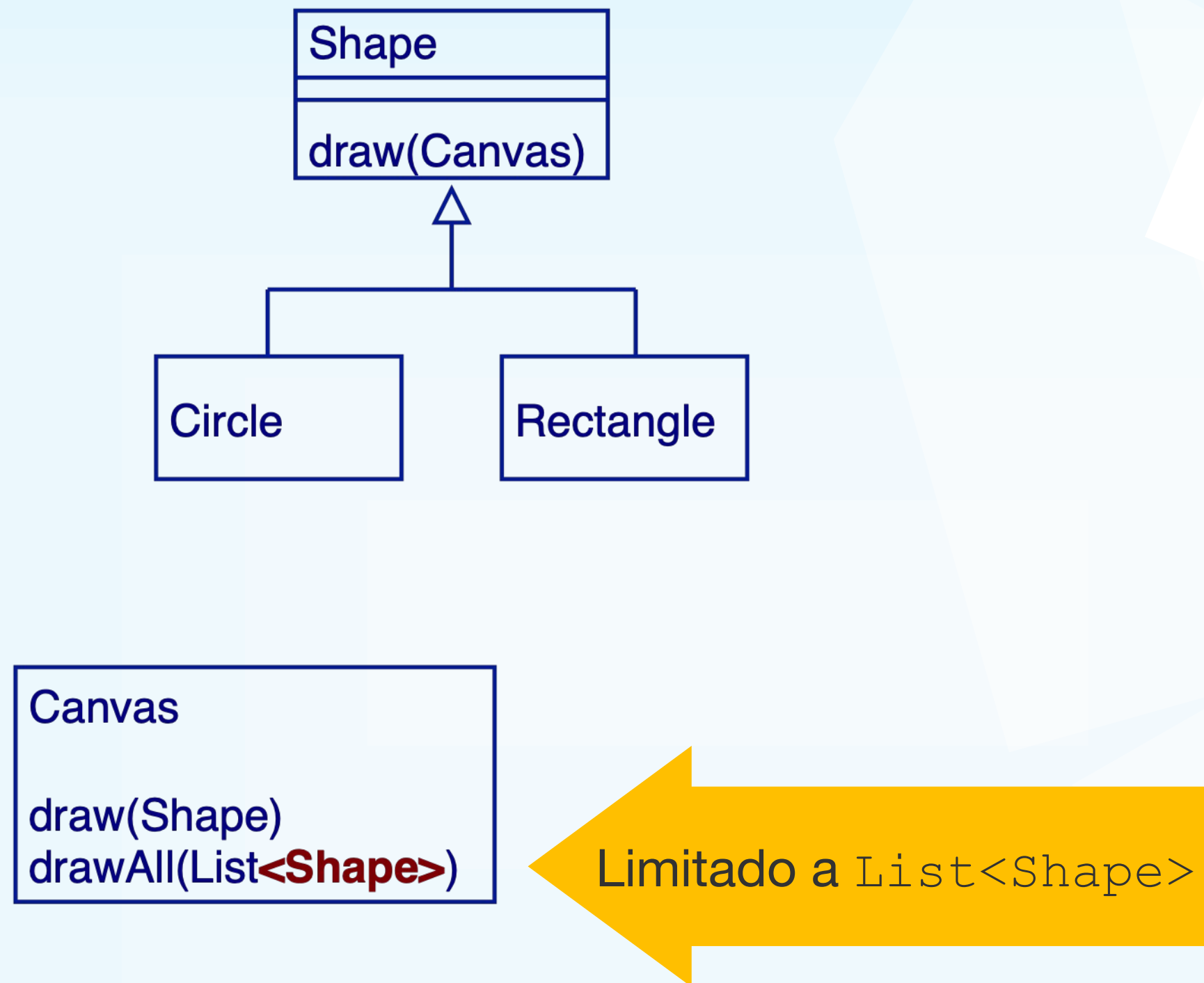
```
printCollection(stones);
```

- Atenção!

```
String myString;  
Object myObject;  
List<?> c = new ArrayList<String>();  
  
// c.add("hello world");           // compile error  
// c.add(new Object());           // compile error  
((List<String>) c).add("hello world");  
((List<Object>) c).add(new Object()); // no compile error!  
  
// String myString = c.get(0);     // compile error  
myString = (String) c.get(0);  
myObject = c.get(0);  
myString = (String) c.get(1);     // run-time error!
```

Wildcards com Limite

- Considere uma simples aplicação de desenho que pretende desenhar formas (*Shapes*): *Circles*, *rectangles*, ...
- Como implementar o método para desenhar todas as formas de uma colecção: **drawAll**



Qual a solução para que **drawAll** possa desenhar todas as formas?

- Um método que aceita uma **List** de qualquer tipo de **Shape**:

```
public void drawAll(List<? extends Shape>) {...}
```

- **Shape** é o limite superior do *wildcard*

- Outros exemplos:

```
public void pushAll(Collection<? extends E> collection) {  
    for (E element : collection) {  
        this.push(element);  
    }  
}  
  
public List<E> sort(Comparator<? super E> comp) {  
    List<E> list = this.asList();  
    Collections.sort(list, comp);  
    return list;  
}
```

- ? **extends E** qualquer coisa que seja subclasse de **E** (incluindo **E**)
- ? **super E** qualquer coisa que seja superclasse de **E** (incluindo **E**)

Usar o `java.util.ArrayList`

- O **ArrayList** é um *array* genérico que pode ser redimensionado automaticamente

```
List<String> al = new ArrayList<String>(5);  
for(int i = 0; i < 5; i++) {  
    al.add(new String(i))  
}  
//automatic resizing when one more item is added  
al.add(new String(5));
```

- Quando se pretende adicionar o sexto objecto o **ArrayList** verifica que está cheio
- São realizadas as seguintes acções:

- É alocado um novo *array* com capacidade de 10 (o dobro do anterior com capacidade de 5)
- Todos os itens do *array* antigo são copiados para o novo
- O novo item a ser adicionado é acrescentado ao novo *array*
- A referência interna para a colecção é alterado do antigo array para o novo *array* - *garbage collector* elimina o anterior

- Este processo pode voltar a repetir-se caso o **ArrayList** volte a encher a capacidade (preencher todas as 10 localizações), aquando da introdução de um novo elemento
 - Novo *array* de 20 posições
- Ver a classe `java.util.ArrayList.java` (código fonte)

- Como podemos verificar o **ArrayList** usar um *array* como estrutura de dados!
- De que outras formas podemos armazenar os nossos dados?
- Que outras estruturas de dados existe?
- Que diferenças vantagens/desvantagens têm entre elas?