

# Programação Funcional 2ª Aula — Tipos e classes

Sandra Alves  
DCC/FCUP

2018/19

## Tipos

Um *tipo* é um nome para uma coleção de valores relacionados.

Por exemplo, o tipo `Bool` contém dois valores lógicos:

`True`                      `False`

## Erros de tipos

Algumas operações só fazem sentido com valores de determinados tipos.

Por exemplo: não faz sentido somar números e valores lógicos.

```
> 1 + False  
ERRO
```

Em Haskell, estes erros são detetados classificando as expressões com os *tipos* dos resultados.

## Tipos em Haskell

Escrevemos

```
e :: T
```

para indicar que a expressão `e` admite o tipo `T`.

- Se  $e :: T$ , então o resultado de  $e$  será um valor de tipo  $T$ .
- O interpretador *verifica* tipos indicados pelo programador e *infere* tipos omitidos.
- Os programas com erros de tipos são *rejeitados* antes da execução.

## Tipos básicos

**Bool** valores lógicos `True`, `False`

**Char** caracteres simples `'A'`, `'B'`, `'?'`, `'\n'`

**String** sequências de caracteres `"Abba"`, `"UB40"`

**Int** inteiros de precisão fixa (32 ou 64-*bits*) `142`, `-1233456`

**Integer** inteiros de precisão arbitrária (apenas limitados pela memória do computador)

**Float** vírgula flutuante de precisão simples `3.14154`, `-1.23e10`

**Double** vírgula flutuante de precisão dupla

## Listas

Uma *lista* é uma sequência de tamanho variável de elementos dum mesmo tipo.

```
[False,True,False] :: [Bool]
['a', 'b', 'c', 'd'] :: [Char]
```

Em geral:  $[T]$  é o tipo de listas cujos elementos são de tipo  $T$ .

## Tuplos

Um *tuplo* é uma sequência de tamanho fixo de elementos de tipos possivelmente diferentes.

```
(42,'a') :: (Int,Char)
(False,'b',True) :: (Bool,Char,Bool)
```

Em geral:  $(T_1, T_2, \dots, T_n)$  é o tipo de tuplos com  $n$  componentes de tipos  $T_i$  para  $i$  de 1 a  $n$ .

## Observações

- Listas de tamanhos diferentes podem ter o mesmo tipo.
- Tuplos de tamanhos diferentes têm tipos diferentes.

```
['a'] :: [Char]
['b','a','b'] :: [Char]
('a','b') :: (Char,Char)
('b','a','b') :: (Char,Char,Char)
```

Os elementos de listas e tuplos podem ser quaisquer valores, inclusivé outras listas e tuplos.

```
[['a'], ['b','c']] :: [[Char]]
(1,('a',2)) :: (Int,(Char,Int))
(1, ['a','b']) :: (Int,[Char])
```

- A lista vazia `[]` admite *qualquer* tipo de lista  $[T]$
- O tuplo vazio `()` é o *único valor* do tipo *unitário* `()`
- Não existem tuplos com apenas um elemento

## Tipos funcionais

Uma função faz corresponder valores de um tipo em valores de outro um tipo.

```
not :: Bool -> Bool
```

```
isDigit :: Char -> Bool
```

Em geral:  $T_1 \rightarrow T_2$  é o tipo das funções que fazem corresponder valores do tipo  $T_1$  em valores do tipo  $T_2$ .

Os argumento e resultado duma função podem ser listas, tuplos ou de quaisquer outros tipos.

```
soma :: (Int,Int) -> Int
soma (x,y) = x+y
```

```
contar :: Int -> [Int]
contar n = [0..n]
```

## Funções de vários argumentos

Uma função de vários argumentos toma um argumento de cada vez.

```
soma :: Int -> (Int -> Int)
soma x y = x+y
```

```
incr :: Int -> Int
incr = soma 1
```

Ou seja: `soma 1` é a *função que a cada  $y$  associa  $1 + y$* .

NB: a esta forma de tratar múltiplos argumentos chama-se *currying* (em homenagem a Haskell B. Curry).

## Tuplos vs. *currying*

### Função de dois argumentos (*curried*)

```
soma :: Int -> (Int -> Int)
soma x y = x+y
```

### Função de um argumento (par de inteiros)

```
soma' :: (Int,Int) -> Int
soma' (x,y) = x+y
```

### Porquê usar *currying*?

Funções *curried* são mais flexíveis do que funções usando tuplos porque podemos aplicá-las parcialmente.

### Exemplos

```
soma 1 :: Int -> Int                                -- incrementar
take 5 :: [Char] -> [Char]                          -- primeiros 5 elms.
drop 5 :: [Char] -> [Char]                          -- retirar 5 elms.
```

É preferível usar *currying* exceto quando queremos explicitamente construir tuplos.

### Convenções sintáticas

Duas convenções que reduzem a necessidade de parêntesis:

- a seta  $\rightarrow$  associa à *direita*;
- a aplicação associa à *esquerda*.

```
Int -> Int -> Int -> Int    =
= Int -> (Int -> (Int -> Int))
```

```
f x y z    =    (((f x) y) z)
```

### Funções polimorfas

Certas funções operam com valores de qualquer tipo; tais funções admitem *tipos com variáveis*.

Uma função diz-se *polimorfa* (“de muitas formas”) se admite um tipo com variáveis.

### Exemplo

```
length :: [a] -> Int
```

A função *length* calcula o comprimento numa lista de *valores de qualquer tipo a*.

Ao aplicar funções polimorfas, as variáveis de tipos são automaticamente substituídas pelos tipos concretos:

```
> length [1,2,3,4]                                -- Int
4

> length [False,True]                             -- Bool
2

> length [(0,'X'),(1,'0')]                         -- (Int,Char)
2
```

As variáveis de tipo devem começar por uma letra minúscula; é convencional usar *a*, *b*, *c*, ...  
Muitas funções do prelúdio-padrão são polimorfas:

```

null :: [a] -> Bool

head :: [a] -> a

take :: Int -> [a] -> [a]

fst :: (a,b) -> a

zip :: [a] -> [b] -> [(a,b)]

```

O polimorfismo permite usar estas funções em contextos muito diferentes.

### Sobrecarga (*overloading*)

Certas funções operam sobre vários tipos mas não sobre *quaisquer* tipos.

```

> sum [1,2,3]
6

> sum [1.5, 0.5, 2.5]
4.5

> sum ['a', 'b', 'c']
ERRO

> sum [True, False]
ERRO

```

Nestes casos o tipo mais geral da função tem *restrições de classe*.

```
sum :: Num a => [a] -> a
```

- “Num a => ...” é uma *restrição de classe* da variável *a*.
- Indica que `sum` opera apenas sobre tipos *a* que sejam *numéricos*.

### Algumas classes pré-definidas

**Num** tipos *numéricos* (ex: Int, Integer, Float, Double)

**Integral** tipos com *divisão inteira* (ex: Int, Integer)

**Fractional** tipos com *divisão fracionária* (ex: Float, Double)

**Eq** tipos com *igualdade*

**Ord** tipos com *ordem total*

### Exemplos

```

(+) :: Num a => a -> a -> a
(/) :: Fractional a => a -> a -> a
(==) :: Eq a => a -> a -> Bool
(<) :: Ord a => a -> a -> Bool
max :: Ord a => a -> a -> a

```

## Hierarquia de classes

Algumas classes respeitam uma hierarquia:

- `Ord` é uma subclasse de `Eq`
- `Num` é uma subclasse de `Eq`
- `Fractional` e `Integral` são subclasses de `Num`

Assim, podemos usar:

- `==` e `/=` com tipos em `Ord` ou em `Num`
- `+`, `-` e `*` com tipos em `Fractional` ou em `Integral`

[width=]classes1

## Constantes numéricas

Em Haskell, também as constantes numéricas podem ser usadas com vários tipos:

```
1 :: Int
1 :: Float
1 :: Num a => a                                -- tipo mais geral

3.0 :: Float
3.0 :: Double
3.0 :: Fractional a => a                       -- tipo mais geral
```

Assim, as expressões seguintes são correctamente tipadas:

```
1/3 :: Float
(1 + 1.5 + 2) :: Float
```

## Misturar tipos numéricos

Uma função para calcular a média duma lista de números.

```
media :: [Float] -> Float
media xs = sum xs / length xs
```

*Erro de tipos!*

```
Couldn't match expected type 'Float' with actual type 'Int'
In the return type of a call of 'length'
In the second argument of '(/)', namely 'length xs'
In the expression: sum xs / length xs
```

## Misturar tipos numéricos (cont.)

### Problema

```
(/) :: Fractional a => a -> a -> a          -- divisão fracionária
length xs :: Int                             -- não é fracionário
```

### Solução: usar uma conversão explícita

```
media :: [Float] -> Float
media xs = sum xs / fromIntegral (length xs)
```

`fromIntegral` converte qualquer tipo inteiro para qualquer outro tipo numérico.

### Quando usar anotações de tipos

- Podemos escrever definições e deixar o interpretador inferir os tipos.
- É melhor prática *anotar o tipo de cada definição*:
  - serve de documentação;
  - ajuda a escrever as definições;
  - permite mensagens de erro de tipos mais compreensíveis.
- Pode ser mais fácil começar com um tipo concreto e depois generalizar.
- O interpretador dá um erro de tipos se a generalização for errada.
- O tipo mais geral de funções com operações numéricas, igualdade ou comparações, necessita sempre de *restrições de classes*.

### Exercícios:

1. Indique os tipos dos seguintes valores:

```
['a','b','c']
('a','b','c')
[(False,1),(True,0)]
([False,True],['0','1'])
```

2. Indique os tipos das seguintes funções:

```
swap (x,y) = (y,x)
pair x y = (x,y)
twice f x = f (f x)
zip' xs = zip xs xs
```