

Introdução ao Paradigma Funcional

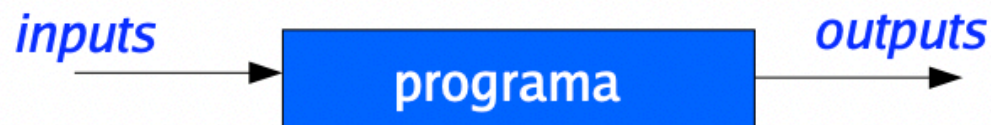
Formação: Upskill – ServiceNow (2025/26)

Módulo: Introdução ao Paradigma Funcional

Carga horária total: 35 horas

Docente: Tiago Côrte

Um **programa** pode ser visto como algo que transforma informação



Existem 2 grandes classes de linguagens de programação:

Imperativas - um programa é uma sequência de instruções (ou seja de “ordens”).
(ex: Pascal, C, Java, ...)

- difícil estabelecer uma relação precisa entre o input e o output e de raciocinar sobre os programas; ...
- + normalmente mais eficientes; ...

Declarativas - um programa é um conjunto de declarações que descrevem a relação entre o input e o output. (ex: Prolog, ML, Haskell, ...)

- + fácil de estabelecer uma relação precisa entre o input e o output e de raciocinar sobre os programas; ...
- normalmente menos eficientes (mas cada vez mais); ...

Exemplo: A função factorial é descrita matematicamente por

$$0! = 1$$

$$n! = n * (n-1)! , \text{ se } n > 0$$

Dois programas que fazem o cálculo do factorial de um número, implementados em:

C

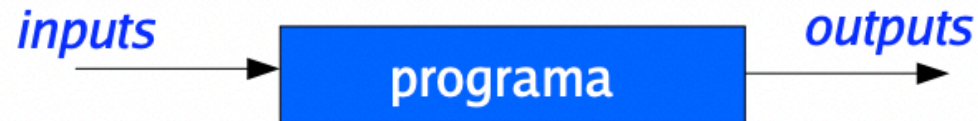
```
int factorial(int n)
{ int i, r;

  i=1;
  r=1;
  while (i<=n) {
    r=r*i;
    i=i+1;
  }
  return r;
}
```

Haskell

```
fact 0 = 1
fact n = n * fact (n-1)
```

Qual é mais fácil de entender ?



Na programação (funcional) faremos uma distinção clara entre três grandes grupos de conceitos:

Dados – Que tipo de informação é recebida e como ela se pode organizar por forma a ser processada de forma eficiente.

Operações – Os mecanismos para manipular os dados. As operações básicas e como contruir novas operações a partir de outras já existentes.

Cálculo – A forma como o processo de cálculo decorre.

A linguagem **Haskell** fornece uma forma rigorosa e precisa de descrever tudo isto.

Programa Resumido

Nesta disciplina estuda-se o paradigma funcional de programação, tendo por base a linguagem de programação *Haskell*.

- Programação funcional em Haskell.
 - *Conceitos fundamentais*: expressões, tipos, redução, funções e recursividade.
 - *Conceitos avançados*: funções de ordem superior, polimorfismo, tipos indutivos, classes, modularidade e monades.
- Estruturas de dados e algoritmos.
- Tipos abstractos de dados.

Bibliografia

- **Fundamentos da Computação, Livro II: Programação Funcional.**
José Manuel Valença e José Bernardo Barros. Universidade Aberta, 1999.
- **Introduction to Functional Programming using Haskell.**
Richard Bird. Prentice-Hall, 1998.
- **Haskell: the craft of functional programming.**
Simon Thompson. Addison-Wesley.
- **A Gentle Introduction to Haskell.**
Paul Hudak, John Peterson and Joseph Fasel.

O Paradigma Funcional de Programação

Haskell

```
fact 0 = 1
fact n = n * fact (n-1)
```

As equações que são usadas na definição da função `fact` são **equações matemáticas**. Elas indicam que o lado esquerdo e direito têm o mesmo valor.

C

```
int factorial(int n)
{ int i, r;
  i=1;
  r=1;
  while (i<=n) {
    r=r*i;
    i=i+1;
  }
  return r;
}
```

Isto é muito diferente do uso do `=` nas linguagens imperativas.

Por exemplo, a instrução **`i=i+1`** representa uma **atribuição** (o valor anterior de **`i`** é destruído, e o novo valor passa a ser o valor anterior mais 1). Portanto `i` é redefinido.

Porque `=` em Haskell significa **“é, por definição, igual a”**, e não é possível redefinir, o que fazemos é raciocinar sobre equações matemáticas. É, portanto, muito mais fácil do que raciocinar sobre programas funcionais do que sobre programas imperativos.

O Paradigma Funcional de Programação

- Um **programa** é um conjunto de definições.
- Uma **definição** associa um **nome** a um **valor**.
- **Programar** é definir estruturas de dados e funções para resolver um dado problema.
- O **interpretador** (da linguagem funcional) actua como uma máquina de calcular:

lê uma expressão, calcula o seu valor e mostra o resultado

Exemplo: Um programa para converter valores de temperaturas em graus *Celcius* para graus *Fahrenheit*, e de graus *Kelvin* para graus *Celcius*.

```
celFar c = c * 1.8 + 32  
kelCel k = k - 273
```

Depois de carregar este programa no interpretador Haskell, podemos fazer os seguintes testes:

```
> celFar 25  
77.0  
> kelCel 0  
-273  
>
```


- A um conjunto de associações *nome-valor* dá-se o nome de **ambiente** ou **contexto** (ou *programa*).
- As expressões são avaliadas no âmbito de um contexto e podem conter ocorrências dos nomes definidos nesse contexto.
- O interpretador usa as *definições* que tem no contexto (programa) *como regras de cálculo*, para simplificar (calcular) o valor de uma expressão.

Exemplo: Este programa define três funções de conversão de temperaturas.

```
celFar c = c * 1.8 + 32
kelCel k = k - 273
kelFar k = celFar (kelCel k)
```

No interpretador ...

```
> kelFar 300
80.6
```

É calculado pelas regras estabelecidas pelas definições fornecidas pelo programa.

```
kelFar 300 ⇒ celFar (kelCel 300)
            ⇒ (kelCel 300) * 1.8 + 32
            ⇒ (300 - 273) * 1.8 + 32
            ⇒ 27 * 1.8 + 32
            ⇒ 80.6
```

Transparência Referencial

- No paradigma funcional, as expressões:
 - são a representação concreta da informação;
 - podem ser associadas a nomes (definições);
 - denotam valores que são determinados pelo interpretador da linguagem.
- No âmbito de um dado contexto, todos os nomes que ocorrem numa expressão têm um **valor único** e **imutável**.
- O valor de uma expressão depende *unicamente* dos valores das sub-expressões que a constituem, e essas podem ser substituídas por outras que possuam o mesmo valor.

A esta característica dá-se o nome de **transparência referencial**.

Linguagens Funcionais

- O nome de *linguagens funcionais* advém do facto de estas terem como operações básicas a **definição de funções** e a **aplicação de funções**.

- Nas linguagens funcionais as funções são entidades de 1ª classe, isto é, podem ser usadas como qualquer outro objecto: passadas como parâmetro, devolvidas como resultado, ou mesmo armazenadas em estruturas de dados.

Isto dá às linguagens funcionais uma **grande flexibilidade, capacidade de abstração e modularização do processamento de dados**.

- As linguagens funcionais fornecem um alto nível de abstração, o que faz com que os programas funcionais sejam mais **concisos**, mais **fáceis de entender / manter** e mais **rápidos de desenvolver** do que programas imperativos.
- No entanto, em certas situações, os programas funcionais podem ser mais penalizadores em termos de eficiência.

www.haskell.org

Valores & Expressões

Os **valores** são as entidades básicas da linguagem Haskell. São os elementos atômicos.

As **expressões** são obtidas aplicando funções a valores ou a outras expressões.

O interpretador Haskell actua como uma *calculadora* (“read - evaluate - print loop”):

lê uma expressão, calcula o seu valor e apresenta o resultado.

Exemplos:

```
> 5
5

> 3.5 + 6.7
10.2

> 2 < 35
True

> not True
False

> not ((3.5+6.7) > 23)
True
```

Tipos

Os tipos servem para **classificar** entidades (de acordo com as suas características).

Em Haskell *toda a expressão tem um tipo associado.*

`e :: T`

significa que a expressão **e** *tem* tipo **T**
é do tipo

Informalmente, podemos associar a noção de “*tipo*” à noção de “*conjunto*”, e a noção de “*ter tipo*” à noção de “*pertença*”.

Exemplos:

```
58      :: Int
'a'     :: Char
[3,5,7] :: [Int]
(8, 'b') :: (Int, Char)
```

Inteiro
Caracter
Lista de inteiros
Par com um inteiro e um caracter

O Haskell é uma linguagem **fortemente tipada**, com um sistema de tipos muito evoluído (como veremos). Em Haskell, a verificação de tipos é feita durante a compilação.

Tipos Básicos

Bool	Booleanos:	<code>True, False</code>
Char	Caracteres:	<code>'a', 'b', 'A', '1', '\n', '2', ...</code>
Int	Inteiros de tamanho limitado:	<code>1, -3, 234345, ...</code>
Integer	Inteiros de tamanho ilimitado:	<code>2, -7, 75756850013434682, ...</code>
Float	Números de vírgula flutuante:	<code>3.5, -6.53422, 51.2E7, 3e4, ...</code>
Double	Núm. vírg. flut. de dupla precisão:	<code>3.5, -6.5342, 51.2E7, ...</code>
()	<i>Unit</i>	<code>()</code> é o seu único elemento do tipo <i>Unit</i> .