Linguagens de Programação

Programação Funcional Haskell

Carlos Bazilio
carlosbazilio@id.uff.br
http://www.ic.uff.br/~bazilio/cursos/lp

Motivação
Haskell

The program written in Java

```
final int LIMIT=50;
int[] a = new int[LIMIT];
int[] b = new int[LIMIT - 5];
for (int i=0;i < LIMIT;i++) {
    a[i] = (i+1)*2;
    if (i >=5) b[i - 5] = a[i];
}
```

Motivação
Haskell

The program written in Java	The program written in Haskell

`final int LIMIT=50;`
`int[] a = new int[LIMIT];`
`int[] b = new int[LIMIT - 5];`
`for (int i=0;i < LIMIT;i++) {`
`  a[i] = (i+1)*2;`
`  if (i >=5) b[i - 5] = a[i];`
`}`
	`let a = [2,4..100]`
	`let b = drop 5 a`

Motivação – Java 8


```
List <Pessoa>pessoas = new ArrayList<Pessoa>();
pessoas.add(new Pessoa("Fulano", "Silva", 40, 75.0));
pessoas.add(new Pessoa("Ciclano", "Silva", 25, 120));
pessoas.add(new Pessoa("Beltrano", "Silva", 70, 55));

Iterator <Pessoa>it = pessoas.iterator();
while (it.hasNext()) {
     System.out.println(it.next());
}

for (Pessoa p : pessoas)
     System.out.println(p);

pessoas.forEach(System.out::println);
```

Motivação

- Java 8
- ECMAScript 6, ELM
- PHP 5.3, HACK
- C# 2.0, F#
- C++11
- Objective C (blocks)
- Scala, Clojure, Kotlin
- Erlang
- R, Julia, ...

Impulso para o Curso

- Palestra do Professor Clóvis de Barros

https://www.youtube.com/watch?v=9Z6TSuJQ2oE

Funções Exemplo

maximo(a,b) = a, se a > b

b, c.c.

$$H_{100} = \sum_{i=1}^{100} \frac{1}{i}$$

Recursão

- Técnica básica em programação funcional

  f(x) = g(x) ? f(x-1)

  f(mínimo) = g(mínimo)

- Exemplo (fatorial):

  4! = 4*3! = 4*3*2! = 4*3*2*1! = 4*3*2*1*0! = 4*3*2*1*1 = 24

  n! = n*(n-1)! = n*(n-1)*(n-2)! = … = n*(n-1)*(n-2)*..*1

  fat 0 = 1

  fat n = n * fat (n-1)

Recursão

- Técnica básica em programação funcional

  f(x) = g(x) ? f(x-1)

  f(mínimo) = g(mínimo)

- Exemplo (fatorial):

  4! = 4*3! = 4*3*2! = 4*3*2*1! = 4*3*2*1*0! = 4*3*2*1*1 = 24

  n! = n*(n-1)! = n*(n-1)*(n-2)! = … = n*(n-1)*(n-2)*..*1

  fat 0 = 1

  fat n = n * fat (n-1)

Recursão

- Como calcular uma combinação em Haskell?

comb (n, p) = n! / p! * (n – p)!

```
comb n p = fat n / (fat p) * (fat (n - p))
```

Funções Exemplo

maximo(a,b) = a, se a > b

b, c.c.

$$H_{100} = \sum_{i=1}^{100} \frac{1}{i}$$

Paradigma Funcional

- Como era de se esperar, funções são um recurso importantíssimo em linguagens funcionais
- Tecnicamente falando, funções são valores de 1a classe em linguagens de programação funcionais
- O que isto quer dizer?

Funções como Valores de 1a. Classe
Atribuição a Variáveis

```
a = f()

g = f

b = g()
```

Funções como Valores de 1a. Classe
Passagem de Parâmetros

a = f()

b = g(f)

Funções como Valores de 1a. Classe
Passagem de Parâmetros

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
PREFEITURA MUNICIPAL DE RIO DAS OSTRAS

a = f()

b = g(f)

$$H_{100} = \sum_{i=1}^{100} \frac{1}{i}$$

Funções como Valores de 1a. Classe
Retorno de Funções


```
a = f()

b = a()
```

Composição

$f(g(x))$

Funções Puras

- Funções que atendem 2 requisitos:
  - Seus dados de entrada são necessariamente passados por parâmetro e de forma imutável;
  - Produzem seu resultado sem alterar qualquer valor fora da função (sem efeito colateral).
- Vantagens:
  - Manutenção mais simples
  - Permite otimização
  - Simplifica implementação de programas concorrentes

Características de uma Linguagem Funcional

- Numa linguagem funcional, tudo, até mesmo o próprio programa, é uma função
- Quando falamos função, pensamos no conceito matemático deste termo:

$$f(a, b, \ldots) : Dom \rightarrow CDom$$

  - Uma função f mapeia valores de Dom em Cdom
  - f pode mapear cada valor de Dom a, no máximo, 1 único valor de CDom
  - Se aplicamos f seguidamente para os mesmos valores de entrada (valores para a, b, …), obtemos sempre o mesmo valor resultante (função pura)

Características de uma Linguagem Funcional

- Pelo fato de tudo ser função, algumas características interessantes no uso de funções são facilmente descritas nestas linguagens:
  - Passagem de funções por parâmetro
  - Retorno de funções por outras funções
  - Composição de funções
  - Funções anônimas
  - Chamadas parciais de funções

Haskell - Alguns Links

- Site principal: http://www.haskell.org/haskellwiki/Haskell
- WikiBook: http://en.wikibooks.org/wiki/Haskell
- Tutoriais:

  http://learnyouahaskell.com/
  https://www.schoolofhaskell.com/
  http://haskell.tailorfontela.com.br/
  https://www.haskell.org/tutorial/index.html
- Bibliotecas: https://downloads.haskell.org/~ghc/latest/docs/html/libraries/
- Pesquisa: https://www.haskell.org/hoogle/

Haskell - Alguns Links

- Cursos

  http://www.seas.upenn.edu/~cis194/fall16/
- Softwares em Haskell:

  http://elm-lang.org/

  https://www.yesodweb.com/

Listas

- Tipo coleção comum em linguagens funcionais
- São representadas por valores entre “[“ e “]”
  - ['a', 'b', 'c'] ou [1, 2, 3]
- Para varrer uma lista utilizamos o operador “:”
  - ['a', 'b', 'c'] equivale a 'a' : ['b', 'c']
  - ['a', 'b', 'c'] equivale a cab : Resto ; *onde cab = 'a' e Resto = ['b', 'c']*
- [] representa uma lista vazia

Exercícios

- Crie uma função que calcule a soma de uma lista de números

Casamento de Padrões

```
soma [] = 0

soma (cab:resto) = cab + soma resto

soma (cab1:cab2:resto) = cab1 + cab2 + soma resto


tamanho [] = 0

tamanho (_:resto) = 1 + tamanho resto
```

Exercícios

- Crie uma função que dada uma lista de números retorne a lista dos ímpares (função odd)
- Faça o mesmo para uma lista de pares (função even)

Listas
Funções Pré-definidas

- head, tail, last, init, length, null, reverse, take, drop, maximum, minimum, sum, product, elem (pertence infixado), ++, ...
- Faixas: [1 .. 20], [2, 4 .. 20], [20, 19 .. 1]
- Compreensão de listas:
  - [x*2 | x <- [1..10]]
  - [x*2 | x <- [1..10], x*2 >= 12]
  - [x | x <- [50..100], x `mod` 7 == 3]

Exercícios

- Refaça a função que dada uma lista de números retorne a lista dos ímpares (função odd) usando compreensão de listas

Exemplos Haskell

```
[1 ..] -- Lista infinita (looping)

[x * x | x ← [1 ..]] -- Lista infinita (looping)

take 100 [x * x | x ← [1 ..]]
```

Exemplos Haskell

```
s? []     = []
s? (x:xs) = s? [y | y<-xs, y<x ] ++
               [x                ] ++
            s? [y | y<-xs, y>=x]
```

- O que faz a função s?

Haskell

- Linguagem funcional que mais se aproxima de definições matemáticas
- É fortemente tipada e de tipagem estática
- Possui um sistema de tipos bastante rebuscado, fazendo inferência de tipos quando estes não são fornecidos

Haskell
Tipos Pré-Definidos

Tipo	Valores
Int	-100, 0, 1, 50, ...
Integer	-3333333, 3, 3240803485203950439520 4, ...
Float/Double	-3.2223433, 0.0, 3.0, ...
Char	'a', 'z', 'A', 'Z', '&', ...
String	“Bazilio”, “Linguagens”, ...
Bool	True, False

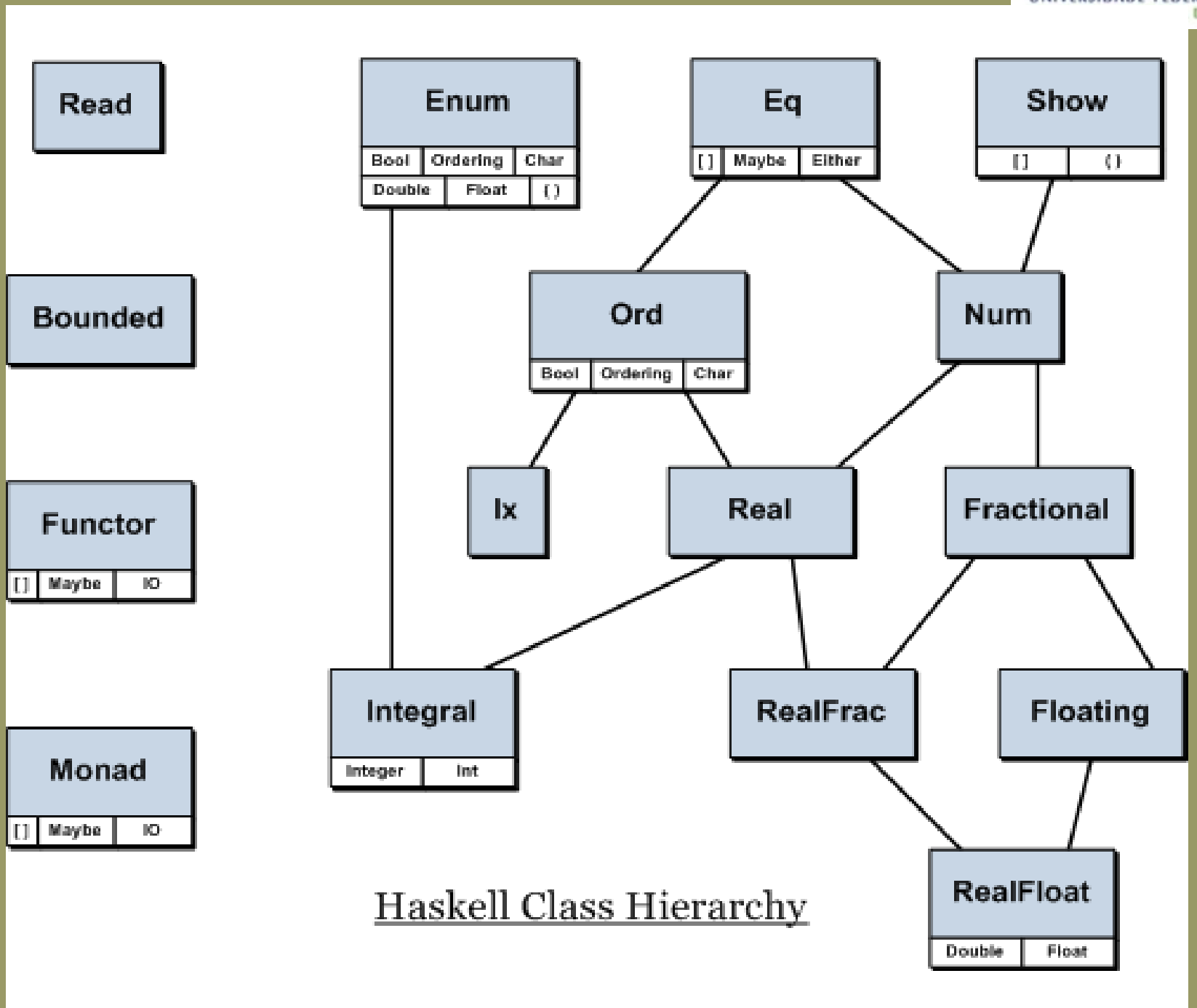
Exercícios

- Use a função seno para calcular o seno de um número, Por exemplo, seno de Pi / 2

```
> sin (pi / 2)
```

- Utilize o comando :t para verificar o tipo da função seno

```
> :t sin
```



Haskell Class Hierarchy

Exercícios

- Use a função length para calcular o tamanho de uma lista

```
> length ['a' .. 'w']
```

- Utilize o comando :t para verificar o tipo da função length

```
> :t length
```

Funções Genéricas / Polimórficas

- Assinatura da função maximo:

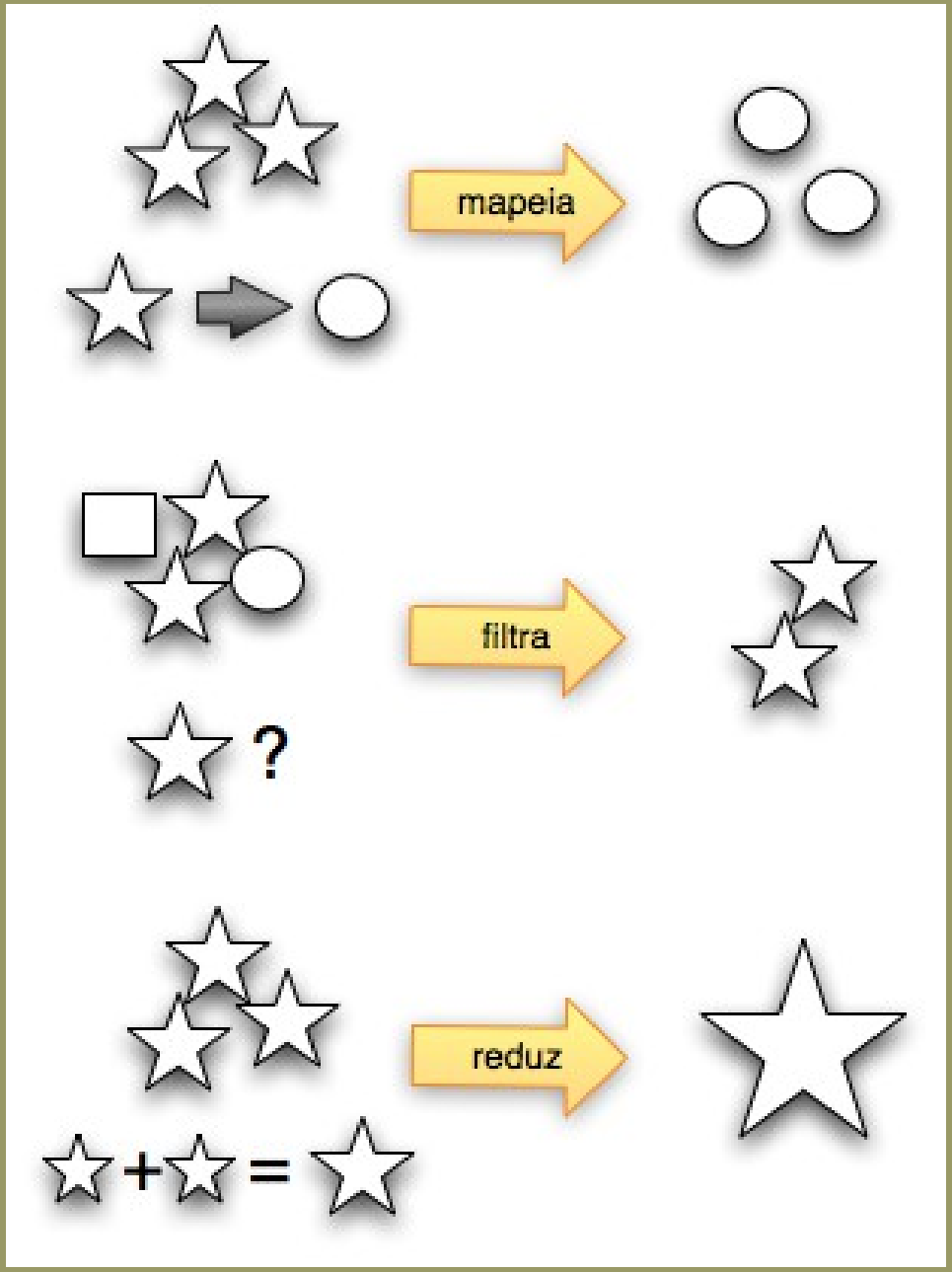
```
maximo :: Ord a => a -> a -> a
```

- Ord é a classe (conjunto) dos tipos ordenáveis em Haskell
- a representa o tipo genérico
- a -> a -> a indica que a função recebe um primeiro valor, recebe um segundo e retorna um terceiro, todos do mesmo tipo

Exercícios

- Utilize o comando :t no prompt do Haskell para verificar o tipo das funções já criadas
- Chame a função maximo para valores que não sejam apenas números inteiros

Funções de Alta Ordem



Exercícios

- Generalize as funções filtra par e filtra ímpar feitas anteriormente, ou seja, crie uma única função que possa realizar os 2 tipos de filtragem

Funções de Alta Ordem

- Funções que usualmente recebem outras funções como parâmetro para realização de suas tarefas
- Exemplos:
  - Mapeia: recebe um conjunto de valores e uma função e retorna o conjunto com a função aplicada a cada valor deste
  - Filtra: recebe um conjunto e uma função teste e retorna um subconjunto que satisfaça a função
  - Acumula: recebe um conjunto e uma função e retorna o resultado da aplicação da função a todos os elementos do conjunto

Funções de Alta Ordem Haskell

- Em Haskell, as seguintes funções pré-definidas estão disponíveis: map, filter, foldl, foldr
- Abaixo seguem alguns exemplos de uso:

```
> let exemplo = ["a b c", "d e", "f g h I"]

> map length exemplo

[5,3,7]

> filter (\x -> x /= ' ') "a b c"

"abc"
```

Funções de Alta Ordem Haskell

(… Continuação ...):

```
> let exemplo = ["a b c", "d e", "f g h I"]
> map (filter (\x -> x /= ' ')) exemplo
["abc","de","fghi"]
> map length (map (filter (\x -> x /= ' ')) exemplo)
[3,2,4]
> foldl (+) 0 (map length (map (filter (\x -> x /= ' ')) exemplo))
9
```

Exercícios

- Crie uma função que receba uma lista de strings e retorne uma lista de tamanhos de strings
- Combine esta com a função de soma de números para somar os tamanhos das listas
- Utilize a função foldl para realizar esta mesma soma

Exercícios

- O que a função f abaixo computa?

```
igual pal x = pal == x

f [] palavra = 0

f l palavra = length (filter (igual palavra) (words l))
```

Currying e Funções Parciais

- Mecanismo que permite maior flexibilidade na utilização das funções
- Considere a assinatura da função máximo:

```
maximo :: Ord a => a -> a -> a
```

- Essa definição indica que a função trata cada argumento 1 a 1
- Experimente fazer a seguinte chamada. O que vale x?

```
> let x = maximo 10
```

Currying e Funções Parciais

- Observe a função ocorrencias abaixo:

```
igual pal x = pal == x

ocorrencias [] palavra = 0

ocorrencias l palavra = length (filter (igual palavra) (words l))
```

- Observe o uso da função igual dentro de ocorrencias!

Função Lâmbda / Anônima

- Ainda observando a função ocorrencias:

```
igual pal x = pal == x

ocorrencias [] palavra = 0

ocorrencias l palavra = length (filter (igual palavra) (words l))
```

- A função igual não parece simples demais !?
- Que tal a criarmos apenas no momento da chamada?

```
(\x -> x == palavra)
```

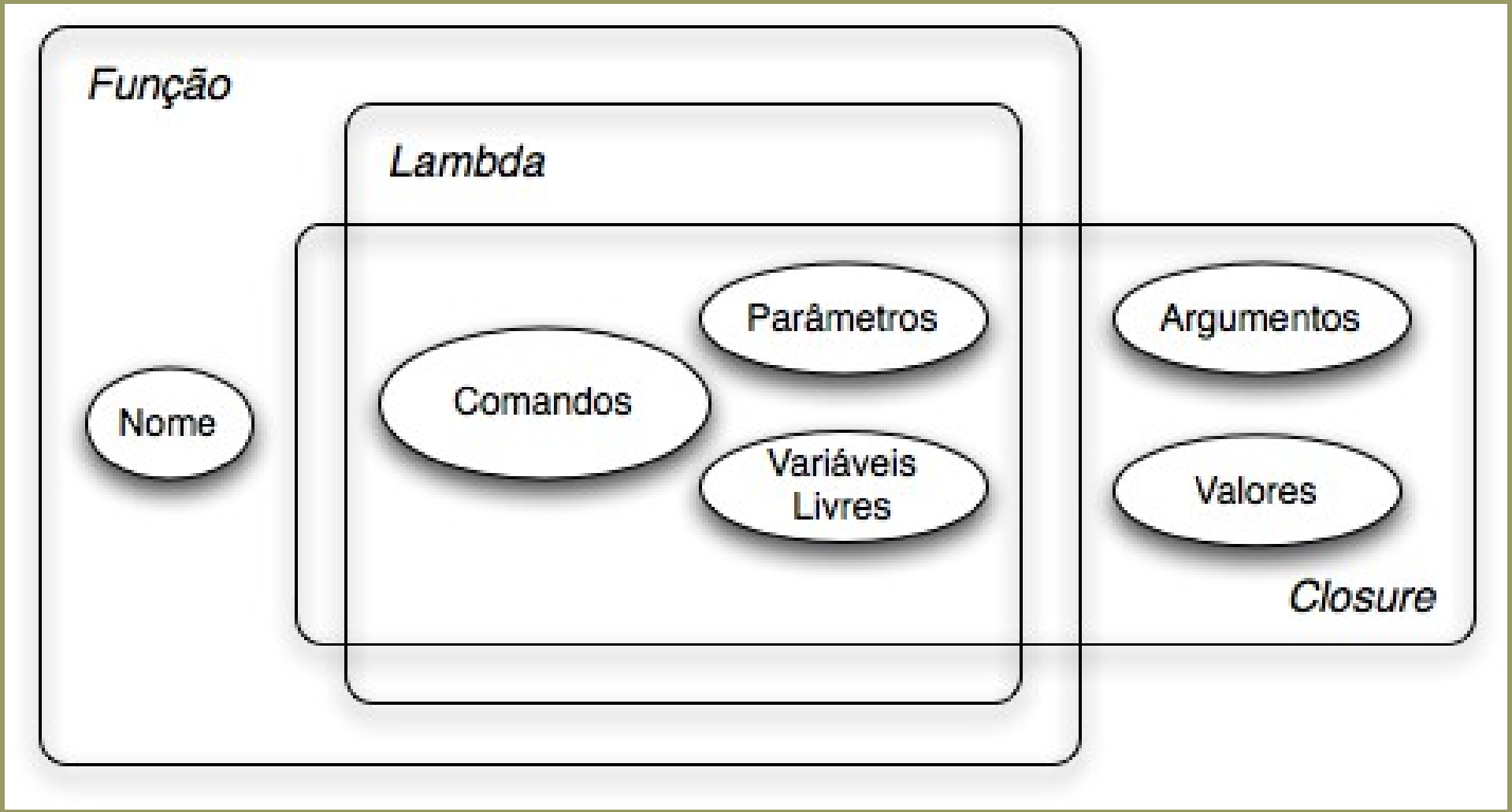
Funções Lâmbda

```
void map (int vet [100], int f (int)) {
    for (int i = 0; i < 99; i++)
        vet[i] = f(vet[i]);
}

int inc (int x) {
    return x++;
}

main() {
    int vetor [100] = {1, 2, 3, …, 99};
    map (vetor, inc);
    map (vetor, x++); // Versão Lambda
}
```

Funções e afins



Closure

“An object is data with functions. A closure is a function with data.” — John D. Cook

Tuplas

- Tuplas são um recurso em Haskell que permite a combinação de valores de tipos diferentes, como um tipo registro.

(1, “Fulano”, 9999, “Rua A”)

- Como listas são monotipadas, tuplas são um mecanismo que permite o agrupamento de valores com tipos diferentes
- Para tuplas com 2 valores, as funções pré-definidas *fst* e *snd* retornam 1o. e 2o. valores
- Para outros tamanhos, basta definir novas funções:

```
third (_, _, x, _) = x
```

Tipo do Usuário

- O tipo pré-definido Bool pode ser definido da seguinte forma:

```
data Bool = False | True
```

- data indica que estamos definindo um tipo
- Bool é o nome do tipo definido
- False e True são construtores para os possíveis valores de Bool (neste caso, 2 apenas)

Tipo do Usuário

- Imagine que queiramos definir um tipo chamado Figura
- Um círculo poderia ser representado como a tupla (10.0, 15.5, 5.3), onde os 2 primeiros valores são o centro do círculo e o 3o. o raio
- Entretanto, isso poderia ser qualquer outro dado com 3 valores (um ponto no espaço, p.ex)
- Vamos então criar um tipo específico

```
data Figura = Circulo Float Float Float
```

Exercícios

- Crie o tipo Figura e verifique seu tipo no prompt
- Adicione o tipo Retagulo, o qual tera 2 coordenadas
- Crie um método para o cálculo da área de uma figura
- Crie o tipo Ponto e altere a definição de Figura para usá-lo

Exemplos de Definições de Tipos

```
webApp :: Request -> Response

databaseQuery :: Query -> Database -> ResultSet

databaseUpdate :: Update -> Database -> Database

game :: Events -> GameState -> GameState
```

Referências

- Site principal: http://www.haskell.org/haskellwiki/Haskell
- Instalação: http://www.haskell.org/platform/
- WikiBook: http://en.wikibooks.org/wiki/Haskell
- Tutoriais:

  http://learnyouahaskell.com/
  https://www.schoolofhaskell.com/
  http://haskell.tailorfontela.com.br/
  https://www.haskell.org/tutorial/index.html
- Bibliotecas: https://downloads.haskell.org/~ghc/latest/docs/html/libraries/
- Pesquisa: https://www.haskell.org/hoogle/

Referências

- Exemplos reais:
  http://book.realworldhaskell.org/read/
- Na Indústria:
  https://wiki.haskell.org/Haskell_in_industry
  http://en.wikibooks.org/wiki/Haskell
- Wikipedia:
  https://www.wikiwand.com/en/Functional_programming
- http://www.drdobbs.com/architecture-and-design/in-praise-of-haskell/240163246?elq=03bf1275b97046718cf499071256044e

Looping de um Jogo

```
// Imperativo
var gameState = initGameState();
while (!gameState.isQuit()) {
    var events = pollForEvents();
    updateGameState(gameState, events);
    renderGameState(gameState);
}

// Funcional
play = loop initialGameState
loop current = do
    events <- pollEvents
    let next = updateGameState current events
    renderGameState next
    loop next
```