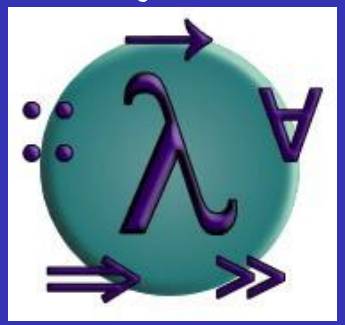
Programação Funcional



Capítulo 1

Paradigmas de Programação

José Romildo Malaquias

Departamento de Computação
Universidade Federal de Ouro Preto

2016.2

Tópicos

Paradigmas de programação

- Um **paradigma de programação** fornece e determina a visão que o programador possui sobre a estruturação e a execução do programa.
- Por exemplo:
  - Em programação orientada a objetos, programadores podem abstrair um programa como uma *coleção de objetos* que interagem entre si.
  - Em programação lógica os programadores abstraem o programa como um *conjunto de predicados* que estabelecem relações entre objetos (axiomas), e uma *meta* (teorema) a ser provada usando os predicados.
- Diferentes linguagens de programação propõem diferentes paradigmas de programação.
- Algumas linguagens foram desenvolvidas para suportar um paradigma específico.
- Por exemplo:
  - Smalltalk, Eiffel e Java suportam o paradigma orientado a objetos.
  - Haskell e Clean suportam o paradigma funcional.
  - OCaml, LISP, Scala, Perl, Python e C++ suportam múltiplos paradigmas.

Paradigmas de programação

- Um **paradigma de programação** fornece e determina a visão que o programador possui sobre a estruturação e a execução do programa.
- Por exemplo:
  - Em programação orientada a objetos, programadores podem abstrair um programa como uma *coleção de objetos* que interagem entre si.
  - Em programação lógica os programadores abstraem o programa como um *conjunto de predicados* que estabelecem relações entre objetos (axiomas), e uma *meta* (teorema) a ser provada usando os predicados.
- Diferentes linguagens de programação propõem diferentes paradigmas de programação.
- Algumas linguagens foram desenvolvidas para suportar um paradigma específico.
- Por exemplo:
  - Smalltalk, Eiffel e Java suportam o paradigma orientado a objetos.
  - Haskell e Clean suportam o paradigma funcional.
  - OCaml, LISP, Scala, Perl, Python e C++ suportam múltiplos paradigmas.

Paradigmas de programação

- Um **paradigma de programação** fornece e determina a visão que o programador possui sobre a estruturação e a execução do programa.
- Por exemplo:
  - Em programação orientada a objetos, programadores podem abstrair um programa como uma *coleção de objetos* que interagem entre si.
  - Em programação lógica os programadores abstraem o programa como um *conjunto de predicados* que estabelecem relações entre objetos (axiomas), e uma *meta* (teorema) a ser provada usando os predicados.
- Diferentes linguagens de programação propõem diferentes paradigmas de programação.
- Algumas linguagens foram desenvolvidas para suportar um paradigma específico.
- Por exemplo:
  - Smalltalk, Eiffel e Java suportam o paradigma orientado a objetos.
  - Haskell e Clean suportam o paradigma funcional.
  - OCaml, LISP, Scala, Perl, Python e C++ suportam múltiplos paradigmas.

Paradigmas de programação

- Um **paradigma de programação** fornece e determina a visão que o programador possui sobre a estruturação e a execução do programa.
- Por exemplo:
  - Em programação orientada a objetos, programadores podem abstrair um programa como uma *coleção de objetos* que interagem entre si.
  - Em programação lógica os programadores abstraem o programa como um *conjunto de predicados* que estabelecem relações entre objetos (axiomas), e uma *meta* (teorema) a ser provada usando os predicados.
- Diferentes linguagens de programação propõem diferentes paradigmas de programação.
- Algumas linguagens foram desenvolvidas para suportar um paradigma específico.
- Por exemplo:
  - Smalltalk, Eiffel e Java suportam o paradigma orientado a objetos.
  - Haskell e Clean suportam o paradigma funcional.
  - OCaml, LISP, Scala, Perl, Python e C++ suportam múltiplos paradigmas.

Paradigmas de programação

- Um **paradigma de programação** fornece e determina a visão que o programador possui sobre a estruturação e a execução do programa.
- Por exemplo:
  - Em programação orientada a objetos, programadores podem abstrair um programa como uma *coleção de objetos* que interagem entre si.
  - Em programação lógica os programadores abstraem o programa como um *conjunto de predicados* que estabelecem relações entre objetos (axiomas), e uma *meta* (teorema) a ser provada usando os predicados.
- Diferentes linguagens de programação propõem diferentes paradigmas de programação.
- Algumas linguagens foram desenvolvidas para suportar um paradigma específico.
- Por exemplo:
  - Smalltalk, Eiffel e Java suportam o paradigma orientado a objetos.
  - Haskell e Clean suportam o paradigma funcional.
  - OCaml, LISP, Scala, Perl, Python e C++ suportam múltiplos paradigmas.

Paradigmas de programação

- Um **paradigma de programação** fornece e determina a visão que o programador possui sobre a estruturação e a execução do programa.
- Por exemplo:
  - Em programação orientada a objetos, programadores podem abstrair um programa como uma *coleção de objetos* que interagem entre si.
  - Em programação lógica os programadores abstraem o programa como um *conjunto de predicados* que estabelecem relações entre objetos (axiomas), e uma *meta* (teorema) a ser provada usando os predicados.
- Diferentes linguagens de programação propõem diferentes paradigmas de programação.
- Algumas linguagens foram desenvolvidas para suportar um paradigma específico.
- Por exemplo:
  - Smalltalk, Eiffel e Java suportam o paradigma orientado a objetos.
  - Haskell e Clean suportam o paradigma funcional.
  - OCaml, LISP, Scala, Perl, Python e C++ suportam múltiplos paradigmas.

Paradigmas de programação

- Um **paradigma de programação** fornece e determina a visão que o programador possui sobre a estruturação e a execução do programa.
- Por exemplo:
  - Em programação orientada a objetos, programadores podem abstrair um programa como uma *coleção de objetos* que interagem entre si.
  - Em programação lógica os programadores abstraem o programa como um *conjunto de predicados* que estabelecem relações entre objetos (axiomas), e uma *meta* (teorema) a ser provada usando os predicados.
- Diferentes linguagens de programação propõem diferentes paradigmas de programação.
- Algumas linguagens foram desenvolvidas para suportar um paradigma específico.
- Por exemplo:
  - Smalltalk, Eiffel e Java suportam o paradigma orientado a objetos.
  - Haskell e Clean suportam o paradigma funcional.
  - OCaml, LISP, Scala, Perl, Python e C++ suportam múltiplos paradigmas.

Paradigmas de programação

- Um **paradigma de programação** fornece e determina a visão que o programador possui sobre a estruturação e a execução do programa.
- Por exemplo:
  - Em programação orientada a objetos, programadores podem abstrair um programa como uma *coleção de objetos* que interagem entre si.
  - Em programação lógica os programadores abstraem o programa como um *conjunto de predicados* que estabelecem relações entre objetos (axiomas), e uma *meta* (teorema) a ser provada usando os predicados.
- Diferentes linguagens de programação propõem diferentes paradigmas de programação.
- Algumas linguagens foram desenvolvidas para suportar um paradigma específico.
- Por exemplo:
  - Smalltalk, Eiffel e Java suportam o paradigma orientado a objetos.
  - Haskell e Clean suportam o paradigma funcional.
  - OCaml, LISP, Scala, Perl, Python e C++ suportam múltiplos paradigmas.

Paradigmas de programação

- Um **paradigma de programação** fornece e determina a visão que o programador possui sobre a estruturação e a execução do programa.
- Por exemplo:
  - Em programação orientada a objetos, programadores podem abstrair um programa como uma *coleção de objetos* que interagem entre si.
  - Em programação lógica os programadores abstraem o programa como um *conjunto de predicados* que estabelecem relações entre objetos (axiomas), e uma *meta* (teorema) a ser provada usando os predicados.
- Diferentes linguagens de programação propõem diferentes paradigmas de programação.
- Algumas linguagens foram desenvolvidas para suportar um paradigma específico.
- Por exemplo:
  - Smalltalk, Eiffel e Java suportam o paradigma orientado a objetos.
  - Haskell e Clean suportam o paradigma funcional.
  - OCaml, LISP, Scala, Perl, Python e C++ suportam múltiplos paradigmas.

Paradigmas de programação

- Um **paradigma de programação** fornece e determina a visão que o programador possui sobre a estruturação e a execução do programa.
- Por exemplo:
  - Em programação orientada a objetos, programadores podem abstrair um programa como uma *coleção de objetos* que interagem entre si.
  - Em programação lógica os programadores abstraem o programa como um *conjunto de predicados* que estabelecem relações entre objetos (axiomas), e uma *meta* (teorema) a ser provada usando os predicados.
- Diferentes linguagens de programação propõem diferentes paradigmas de programação.
- Algumas linguagens foram desenvolvidas para suportar um paradigma específico.
- Por exemplo:
  - Smalltalk, Eiffel e Java suportam o paradigma orientado a objetos.
  - Haskell e Clean suportam o paradigma funcional.
  - OCaml, LISP, Scala, Perl, Python e C++ suportam múltiplos paradigmas.

Técnicas e paradigmas de programação

- Geralmente os paradigmas de programação são diferenciados pelas técnicas de programação que **permitem** ou **proíbem**.
- Por exemplo, a programação estruturada não permite o uso de *goto*.
- Esse é um dos motivos pelos quais novos paradigmas são considerados mais rígidos que estilos tradicionais.
- Apesar disso, evitar certos tipos de técnicas pode facilitar a prova de correção de um sistema, podendo até mesmo facilitar o desenvolvimento de algoritmos.
- O relacionamento entre paradigmas de programação e linguagens de programação pode ser complexo pelo fato de linguagens de programação poderem suportar mais de um paradigma.

Técnicas e paradigmas de programação

- Geralmente os paradigmas de programação são diferenciados pelas técnicas de programação que **permitem** ou **proíbem**.
- Por exemplo, a programação estruturada não permite o uso de *goto*.
- Esse é um dos motivos pelos quais novos paradigmas são considerados mais rígidos que estilos tradicionais.
- Apesar disso, evitar certos tipos de técnicas pode facilitar a prova de correção de um sistema, podendo até mesmo facilitar o desenvolvimento de algoritmos.
- O relacionamento entre paradigmas de programação e linguagens de programação pode ser complexo pelo fato de linguagens de programação poderem suportar mais de um paradigma.

Técnicas e paradigmas de programação

- Geralmente os paradigmas de programação são diferenciados pelas técnicas de programação que **permitem** ou **proíbem**.
- Por exemplo, a programação estruturada não permite o uso de *goto*.
- Esse é um dos motivos pelos quais novos paradigmas são considerados mais rígidos que estilos tradicionais.
- Apesar disso, evitar certos tipos de técnicas pode facilitar a prova de correção de um sistema, podendo até mesmo facilitar o desenvolvimento de algoritmos.
- O relacionamento entre paradigmas de programação e linguagens de programação pode ser complexo pelo fato de linguagens de programação poderem suportar mais de um paradigma.

Técnicas e paradigmas de programação

- Geralmente os paradigmas de programação são diferenciados pelas técnicas de programação que **permitem** ou **proíbem**.
- Por exemplo, a programação estruturada não permite o uso de *goto*.
- Esse é um dos motivos pelos quais novos paradigmas são considerados mais rígidos que estilos tradicionais.
- Apesar disso, evitar certos tipos de técnicas pode facilitar a prova de correção de um sistema, podendo até mesmo facilitar o desenvolvimento de algoritmos.
- O relacionamento entre paradigmas de programação e linguagens de programação pode ser complexo pelo fato de linguagens de programação poderem suportar mais de um paradigma.

Técnicas e paradigmas de programação

- Geralmente os paradigmas de programação são diferenciados pelas técnicas de programação que **permitem** ou **proíbem**.
- Por exemplo, a programação estruturada não permite o uso de *goto*.
- Esse é um dos motivos pelos quais novos paradigmas são considerados mais rígidos que estilos tradicionais.
- Apesar disso, evitar certos tipos de técnicas pode facilitar a prova de correção de um sistema, podendo até mesmo facilitar o desenvolvimento de algoritmos.
- O relacionamento entre paradigmas de programação e linguagens de programação pode ser complexo pelo fato de linguagens de programação poderem suportar mais de um paradigma.

Categorias: programação imperativa e declarativa

Programação imperativa

- Descreve a computação como ações, enunciados ou comandos que mudam o **estado** (**variáveis**) de um programa, enfatizando *como* resolver um problema.
- Muito parecidos com o comportamento imperativo das linguagens naturais que expressam ordens, programas imperativos são uma sequência de comandos para o computador executar.
- O nome do paradigma, imperativo, está ligado ao tempo verbal imperativo, onde o programador diz ao computador: faça isso, depois isso, depois aquilo...
- Exemplos: paradigmas
  - procedimental: C, Pascal, etc, e
  - orientado a objetos: Smalltalk, Java, etc

Programação declarativa

- Descreve o que o programa faz e não *como* seus procedimentos funcionam.
- Ênfase nos resultados, no que se deseja obter.
- Exemplos: paradigmas
  - funcional: Haskell, OCaml, LISP, etc, e
  - lógica: Prolog, etc.

Categorias: programação imperativa e declarativa

Programação imperativa

- Descreve a computação como ações, enunciados ou comandos que mudam o **estado** (**variáveis**) de um programa, enfatizando *como* resolver um problema.
- Muito parecidos com o comportamento imperativo das linguagens naturais que expressam ordens, programas imperativos são uma sequência de comandos para o computador executar.
- O nome do paradigma, imperativo, está ligado ao tempo verbal imperativo, onde o programador diz ao computador: faça isso, depois isso, depois aquilo...
- Exemplos: paradigmas
  - procedimental: C, Pascal, etc, e
  - orientado a objetos: Smalltalk, Java, etc

Programação declarativa

- Descreve o que o programa faz e não *como* seus procedimentos funcionam.
- Ênfase nos resultados, no que se deseja obter.
- Exemplos: paradigmas
  - funcional: Haskell, OCaml, LISP, etc, e
  - lógico: Prolog, etc.

Categorias: programação imperativa e declarativa

Programação imperativa

- Descreve a computação como ações, enunciados ou comandos que mudam o **estado** (**variáveis**) de um programa, enfatizando *como* resolver um problema.
- Muito parecidos com o comportamento imperativo das linguagens naturais que expressam ordens, programas imperativos são uma sequência de comandos para o computador executar.
- O nome do paradigma, imperativo, está ligado ao tempo verbal imperativo, onde o programador diz ao computador: faça isso, depois isso, depois aquilo...
- Exemplos: paradigmas
  - procedimental: C, Pascal, etc, e
  - orientado a objetos: Smalltalk, Java, etc

Programação declarativa

- Descreve o que o programa faz e não *como* seus procedimentos funcionam.
- Ênfase nos resultados, no que se deseja obter.
- Exemplos: paradigmas
  - funcional: Haskell, OCaml, LISP, etc, e
  - lógico: Prolog, etc.

Categorias: programação imperativa e declarativa

Programação imperativa

- Descreve a computação como ações, enunciados ou comandos que mudam o **estado** (**variáveis**) de um programa, enfatizando *como* resolver um problema.
- Muito parecidos com o comportamento imperativo das linguagens naturais que expressam ordens, programas imperativos são uma sequência de comandos para o computador executar.
- O nome do paradigma, imperativo, está ligado ao tempo verbal imperativo, onde o programador diz ao computador: faça isso, depois isso, depois aquilo...
- Exemplos: paradigmas
  - procedimental: C, Pascal, etc, e
  - orientado a objetos: Smalltalk, Java, etc

Programação declarativa

- Descreve o que o programa faz e não *como* seus procedimentos funcionam.
- Ênfase nos resultados, no que se deseja obter.
- Exemplos: paradigmas
  - funcional: Haskell, OCaml, LISP, etc, e
  - lógico: Prolog, etc.

Categorias: programação imperativa e declarativa

Programação imperativa

- Descreve a computação como ações, enunciados ou comandos que mudam o **estado** (**variáveis**) de um programa, enfatizando *como* resolver um problema.
- Muito parecidos com o comportamento imperativo das linguagens naturais que expressam ordens, programas imperativos são uma sequência de comandos para o computador executar.
- O nome do paradigma, imperativo, está ligado ao tempo verbal imperativo, onde o programador diz ao computador: faça isso, depois isso, depois aquilo...
- Exemplos: paradigmas
  - procedimental: C, Pascal, etc, e
  - orientado a objetos: Smalltalk, Java, etc

Programação declarativa

- Descreve o que o programa faz e não *como* seus procedimentos funcionam.
- Ênfase nos resultados, no que se deseja obter.
- Exemplos: paradigmas
  - funcional: Haskell, OCaml, LISP, etc, e
  - lógico: Prolog, etc.

Categorias: programação imperativa e declarativa

Programação imperativa

- Descreve a computação como ações, enunciados ou comandos que mudam o **estado** (**variáveis**) de um programa, enfatizando *como* resolver um problema.
- Muito parecidos com o comportamento imperativo das linguagens naturais que expressam ordens, programas imperativos são uma sequência de comandos para o computador executar.
- O nome do paradigma, imperativo, está ligado ao tempo verbal imperativo, onde o programador diz ao computador: faça isso, depois isso, depois aquilo...
- Exemplos: paradigmas
  - procedimental: C, Pascal, etc, e
  - orientado a objetos: Smalltalk, Java, etc

Programação declarativa

- Descreve o que o programa faz e não *como* seus procedimentos funcionam.
- Ênfase nos resultados, no que se deseja obter.
- Exemplos: paradigmas
  - funcional: Haskell, OCaml, LISP, etc, e
  - lógico: Prolog, etc.

Categorias: programação imperativa e declarativa

Programação imperativa

- Descreve a computação como ações, enunciados ou comandos que mudam o **estado** (**variáveis**) de um programa, enfatizando *como* resolver um problema.
- Muito parecidos com o comportamento imperativo das linguagens naturais que expressam ordens, programas imperativos são uma sequência de comandos para o computador executar.
- O nome do paradigma, imperativo, está ligado ao tempo verbal imperativo, onde o programador diz ao computador: faça isso, depois isso, depois aquilo...
- Exemplos: paradigmas
  - procedimental: C, Pascal, etc, e
  - orientado a objetos: Smalltalk, Java, etc

Programação declarativa

- Descreve o que o programa faz e não *como* seus procedimentos funcionam.
- Ênfase nos resultados, no que se deseja obter.
- Exemplos: paradigmas
  - funcional: Haskell, OCaml, LISP, etc.
  - lógico: Prolog, etc.

Categorias: programação imperativa e declarativa

Programação imperativa

- Descreve a computação como ações, enunciados ou comandos que mudam o **estado** (**variáveis**) de um programa, enfatizando *como* resolver um problema.
- Muito parecidos com o comportamento imperativo das linguagens naturais que expressam ordens, programas imperativos são uma sequência de comandos para o computador executar.
- O nome do paradigma, imperativo, está ligado ao tempo verbal imperativo, onde o programador diz ao computador: faça isso, depois isso, depois aquilo...
- Exemplos: paradigmas
  - procedimental: C, Pascal, etc, e
  - orientado a objetos: Smalltalk, Java, etc

Programação declarativa

- Descreve o que o programa faz e não *como* seus procedimentos funcionam.
- Ênfase nos resultados, no que se deseja obter.
- Exemplos: paradigmas
  - funcional: Haskell, OCaml, LISP, etc, e
  - lógico: Prolog, etc.

Categorias: programação imperativa e declarativa

Programação imperativa

- Descreve a computação como ações, enunciados ou comandos que mudam o **estado** (**variáveis**) de um programa, enfatizando *como* resolver um problema.
- Muito parecidos com o comportamento imperativo das linguagens naturais que expressam ordens, programas imperativos são uma sequência de comandos para o computador executar.
- O nome do paradigma, imperativo, está ligado ao tempo verbal imperativo, onde o programador diz ao computador: faça isso, depois isso, depois aquilo...
- Exemplos: paradigmas
  - procedimental: C, Pascal, etc, e
  - orientado a objetos: Smalltalk, Java, etc

Programação declarativa

- Descreve o que o programa faz e não *como* seus procedimentos funcionam.
- Ênfase nos resultados, no que se deseja obter.
- Exemplos: paradigmas
  - funcional: Haskell, OCaml, LISP, etc, e
  - lógico: Prolog, etc.

Categorias: programação imperativa e declarativa

Programação imperativa

- Descreve a computação como ações, enunciados ou comandos que mudam o **estado** (**variáveis**) de um programa, enfatizando *como* resolver um problema.
- Muito parecidos com o comportamento imperativo das linguagens naturais que expressam ordens, programas imperativos são uma sequência de comandos para o computador executar.
- O nome do paradigma, imperativo, está ligado ao tempo verbal imperativo, onde o programador diz ao computador: faça isso, depois isso, depois aquilo...
- Exemplos: paradigmas
  - procedimental: C, Pascal, etc, e
  - orientado a objetos: Smalltalk, Java, etc

Programação declarativa

- Descreve o que o programa faz e não *como* seus procedimentos funcionam.
- Ênfase nos resultados, no que se deseja obter.
- Exemplos: paradigmas
  - funcional: Haskell, OCaml, LISP, etc, e
  - lógico: Prolog, etc.

Categorias: programação imperativa e declarativa

Programação imperativa

- Descreve a computação como ações, enunciados ou comandos que mudam o **estado** (**variáveis**) de um programa, enfatizando *como* resolver um problema.
- Muito parecidos com o comportamento imperativo das linguagens naturais que expressam ordens, programas imperativos são uma sequência de comandos para o computador executar.
- O nome do paradigma, imperativo, está ligado ao tempo verbal imperativo, onde o programador diz ao computador: faça isso, depois isso, depois aquilo...
- Exemplos: paradigmas
  - procedimental: C, Pascal, etc, e
  - orientado a objetos: Smalltalk, Java, etc

Programação declarativa

- Descreve o que o programa faz e não *como* seus procedimentos funcionam.
- Ênfase nos resultados, no que se deseja obter.
- Exemplos: paradigmas
  - funcional: Haskell, OCaml, LISP, etc, e
  - lógico: Prolog, etc.

Categorias: programação imperativa e declarativa

Programação imperativa

- Descreve a computação como ações, enunciados ou comandos que mudam o **estado** (**variáveis**) de um programa, enfatizando *como* resolver um problema.
- Muito parecidos com o comportamento imperativo das linguagens naturais que expressam ordens, programas imperativos são uma sequência de comandos para o computador executar.
- O nome do paradigma, imperativo, está ligado ao tempo verbal imperativo, onde o programador diz ao computador: faça isso, depois isso, depois aquilo...
- Exemplos: paradigmas
  - procedimental: C, Pascal, etc, e
  - orientado a objetos: Smalltalk, Java, etc

Programação declarativa

- Descreve o que o programa faz e não *como* seus procedimentos funcionam.
- Ênfase nos resultados, no que se deseja obter.
- Exemplos: paradigmas
  - funcional: Haskell, OCaml, LISP, etc, e
  - lógico: Prolog, etc.

Categorias: programação imperativa e declarativa

Programação imperativa

- Descreve a computação como ações, enunciados ou comandos que mudam o **estado** (**variáveis**) de um programa, enfatizando *como* resolver um problema.
- Muito parecidos com o comportamento imperativo das linguagens naturais que expressam ordens, programas imperativos são uma sequência de comandos para o computador executar.
- O nome do paradigma, imperativo, está ligado ao tempo verbal imperativo, onde o programador diz ao computador: faça isso, depois isso, depois aquilo...
- Exemplos: paradigmas
  - procedimental: C, Pascal, etc, e
  - orientado a objetos: Smalltalk, Java, etc

Programação declarativa

- Descreve o que o programa faz e não *como* seus procedimentos funcionam.
- Ênfase nos resultados, no que se deseja obter.
- Exemplos: paradigmas
  - funcional: Haskell, OCaml, LISP, etc, e
  - lógico: Prolog, etc.

Tópicos

Programação funcional

- **Programação funcional** é um paradigma de programação que descreve uma computação como uma expressão a ser avaliada.
- A principal forma de estruturar o programa é pela definição e aplicação de funções.

Exemplo: quick sort em C

```c
// To sort array a[] of size n: qsort(a,0,n-1)

void qsort(int a[], int lo, int hi) {
  int h, l, p, t;

  if (lo < hi) {
    l = lo;
    h = hi;
    p = a[hi];

    do {
      while ((l < h) && (a[l] <= p))
          l = l+1;
      while ((h > l) && (a[h] >= p))
          h = h-1;
      if (l < h) {
          t = a[l];
          a[l] = a[h];
          a[h] = t;
      }
    } while (l < h);

    a[hi] = a[l];
    a[l] = p;

    qsort(a, lo, l-1);
    qsort(a, l+1, hi);
  }
}
```

Exemplo: quick sort em Haskell

```
qs []     = []
qs (x:xs) = qs (filter (<x) xs) ++
            [x] ++
            qs (filter (>x) xs)
```

Observações:

- `[]` denota a lista vazia.
- `x:xs` denota uma lista não vazia cuja cabeça é `x` e cuja cauda é `xs`.
- Uma lista pode ser escrita enumerando os seus elementos separados por vírgula e colocados entre colchetes.
- A sintaxe para aplicação de função consiste em escrever a função seguida dos argumentos, separados por espaços, como em `max 10 (2+x)`.
- A função `filter` seleciona os elementos de uma lista que satisfazem uma determinada propriedade.
- `(<x)` e `(>x)` são funções que verificam se o seu argumento é menor ou maior, respectivamente, do que `x`. São funções anônimas construídas pela aplicação parcial dos operadores `<` e `>`.
- O operador `++` concatena duas listas.

Tópicos

A Crise do Software

- *Linguagens declarativas* (incluindo linguagens funcionais):
  - permitem que programas sejam escritos de forma clara, concisa, e com um alto nível de abstração;
  - suportam componentes de software reutilizáveis;
  - incentivam o uso de verificação formal;
  - permitem prototipagem rápida;
  - fornecem poderosas ferramentas de resolução de problemas.
- Estas características podem ser úteis na abordagem de dificuldades encontradas no desenvolvimento de software:
  - o tamanho e a complexidade dos programas de computador modernos
  - o tempo e o custo de desenvolvimento do programas
  - confiança de que os programas já concluídos funcionam corretamente

As linguagens funcionais oferecem um quadro particularmente elegante para abordar estes objetivos.

A Crise do Software

- *Linguagens declarativas* (incluindo linguagens funcionais):
  - permitem que programas sejam escritos de forma clara, concisa, e com um alto nível de abstração;
  - suportam componentes de software reutilizáveis;
  - incentivam o uso de verificação formal;
  - permitem prototipagem rápida;
  - fornecem poderosas ferramentas de resolução de problemas.
- Estas características podem ser úteis na abordagem de dificuldades encontradas no desenvolvimento de software:
  - o tamanho e a complexidade dos programas de computador modernos
  - o tempo e o custo de desenvolvimento do programas
  - confiança de que os programas já concluídos funcionam corretamente

As linguagens funcionais oferecem um quadro particularmente elegante para abordar estes objetivos.

A Crise do Software

- *Linguagens declarativas* (incluindo linguagens funcionais):
  - permitem que programas sejam escritos de forma clara, concisa, e com um alto nível de abstração;
  - suportam componentes de software reutilizáveis;
  - incentivam o uso de verificação formal;
  - permitem prototipagem rápida;
  - fornecem poderosas ferramentas de resolução de problemas.
- Estas características podem ser úteis na abordagem de dificuldades encontradas no desenvolvimento de software:
  - o tamanho e a complexidade dos programas de computador modernos
  - o tempo e o custo de desenvolvimento do programas
  - confiança de que os programas já concluídos funcionam corretamente

As linguagens funcionais oferecem um quadro particularmente elegante para abordar estes objetivos.

A Crise do Software

- *Linguagens declarativas* (incluindo linguagens funcionais):
  - permitem que programas sejam escritos de forma clara, concisa, e com um alto nível de abstração;
  - suportam componentes de software reutilizáveis;
  - incentivam o uso de verificação formal;
  - permitem prototipagem rápida;
  - fornecem poderosas ferramentas de resolução de problemas.
- Estas características podem ser úteis na abordagem de dificuldades encontradas no desenvolvimento de software:
  - o tamanho e a complexidade dos programas de computador modernos
  - o tempo e o custo de desenvolvimento do programas
  - confiança de que os programas já concluídos funcionam corretamente

As linguagens funcionais oferecem um quadro particularmente elegante para abordar estes objetivos.

A Crise do Software

- *Linguagens declarativas* (incluindo linguagens funcionais):
  - permitem que programas sejam escritos de forma clara, concisa, e com um alto nível de abstração;
  - suportam componentes de software reutilizáveis;
  - incentivam o uso de verificação formal;
  - permitem prototipagem rápida;
  - fornecem poderosas ferramentas de resolução de problemas.
- Estas características podem ser úteis na abordagem de dificuldades encontradas no desenvolvimento de software:
  - o tamanho e a complexidade dos programas de computador modernos
  - o tempo e o custo de desenvolvimento do programas
  - confiança de que os programas já concluídos funcionam corretamente

As linguagens funcionais oferecem um quadro particularmente elegante para abordar estes objetivos.

A Crise do Software

- *Linguagens declarativas* (incluindo linguagens funcionais):
  - permitem que programas sejam escritos de forma clara, concisa, e com um alto nível de abstração;
  - suportam componentes de software reutilizáveis;
  - incentivam o uso de verificação formal;
  - permitem prototipagem rápida;
  - fornecem poderosas ferramentas de resolução de problemas.
- Estas características podem ser úteis na abordagem de dificuldades encontradas no desenvolvimento de software:
  - o tamanho e a complexidade dos programas de computador modernos
  - o tempo e o custo de desenvolvimento do programas
  - confiança de que os programas já concluídos funcionam corretamente

As linguagens funcionais oferecem um quadro particularmente elegante para abordar estes objetivos.

A Crise do Software

- *Linguagens declarativas* (incluindo linguagens funcionais):
  - permitem que programas sejam escritos de forma clara, concisa, e com um alto nível de abstração;
  - suportam componentes de software reutilizáveis;
  - incentivam o uso de verificação formal;
  - permitem prototipagem rápida;
  - fornecem poderosas ferramentas de resolução de problemas.
- Estas características podem ser úteis na abordagem de dificuldades encontradas no desenvolvimento de software:
  - o tamanho e a complexidade dos programas de computador modernos
  - o tempo e o custo de desenvolvimento do programas
  - confiança de que os programas já concluídos funcionam corretamente

As linguagens funcionais oferecem um quadro particularmente elegante para abordar estes objetivos.

A Crise do Software

- *Linguagens declarativas* (incluindo linguagens funcionais):
  - permitem que programas sejam escritos de forma clara, concisa, e com um alto nível de abstração;
  - suportam componentes de software reutilizáveis;
  - incentivam o uso de verificação formal;
  - permitem prototipagem rápida;
  - fornecem poderosas ferramentas de resolução de problemas.
- Estas características podem ser úteis na abordagem de dificuldades encontradas no desenvolvimento de software:
  - o tamanho e a complexidade dos programas de computador modernos
  - o tempo e o custo de desenvolvimento do programas
  - confiança de que os programas já concluídos funcionam corretamente

As linguagens funcionais oferecem um quadro particularmente elegante para abordar estes objetivos.

A Crise do Software

- *Linguagens declarativas* (incluindo linguagens funcionais):
  - permitem que programas sejam escritos de forma clara, concisa, e com um alto nível de abstração;
  - suportam componentes de software reutilizáveis;
  - incentivam o uso de verificação formal;
  - permitem prototipagem rápida;
  - fornecem poderosas ferramentas de resolução de problemas.
- Estas características podem ser úteis na abordagem de dificuldades encontradas no desenvolvimento de software:
  - o tamanho e a complexidade dos programas de computador modernos
  - o tempo e o custo de desenvolvimento do programas
  - confiança de que os programas já concluídos funcionam corretamente

As linguagens funcionais oferecem um quadro particularmente elegante para abordar estes objetivos.

A Crise do Software

- *Linguagens declarativas* (incluindo linguagens funcionais):
  - permitem que programas sejam escritos de forma clara, concisa, e com um alto nível de abstração;
  - suportam componentes de software reutilizáveis;
  - incentivam o uso de verificação formal;
  - permitem prototipagem rápida;
  - fornecem poderosas ferramentas de resolução de problemas.
- Estas características podem ser úteis na abordagem de dificuldades encontradas no desenvolvimento de software:
  - o tamanho e a complexidade dos programas de computador modernos
  - o tempo e o custo de desenvolvimento do programas
  - confiança de que os programas já concluídos funcionam corretamente

As linguagens funcionais oferecem um quadro particularmente elegante para abordar estes objetivos.

Tópicos

Algumas características de Haskell

- Programas são concisos
- Tipagem estática
- Sistema de tipos poderoso
- Tipos e funções recursivas
- Funções de ordem superior
- Linguagem pura (declarativa)
- Avaliação *lazy*
- Maior facilidade de raciocínio sobre programas

Tópicos

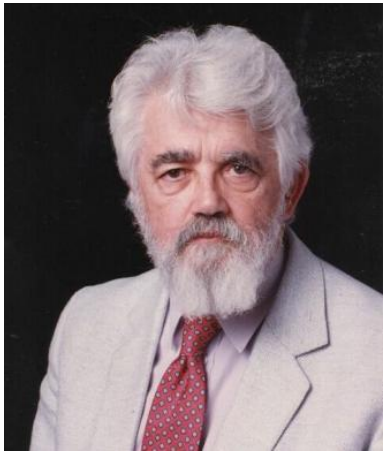
Antecedentes históricos

- Década de 1930:

Alonzo Church desenvolve o **cálculo lambda**, uma teoria de funções simples, mas poderosa.

Antecedentes históricos (cont.)

- Década de 1950:



John McCarthy desenvolve **Lisp**, a primeira linguagem funcional, com algumas influências do **cálculo lambda**, mas mantendo as atribuições de variáveis.

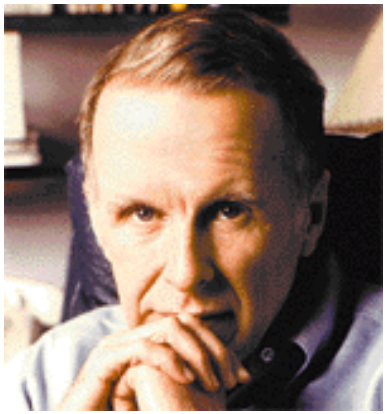
Antecedentes históricos (cont.)

- Década de 1960:

Peter Landin desenvolve **ISWIM**, a primeira linguagem funcional pura, baseada fortemente no **cálculo lambda**, sem atribuições.

Antecedentes históricos (cont.)

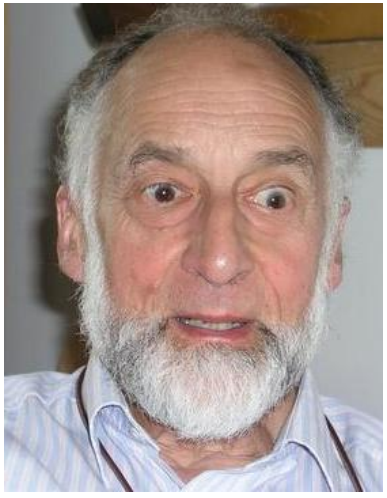
- Década de 1970:



John Backus desenvolve **FP**, uma linguagem funcional que enfatiza funções de ordem superior e raciocínio sobre programas.

Antecedentes históricos (cont.)

- Década de 1970:



Robin Milner e outros desenvolvem **ML**, a primeira linguagem funcional moderna, que introduziu a inferência de tipos e tipos polimórficos.

Antecedentes históricos (cont.)

- Décadas de 1970 e 1980:

David Turner desenvolve uma série de linguagens funcionais com *avaliação lazy*, culminando com o sistema **Miranda**.

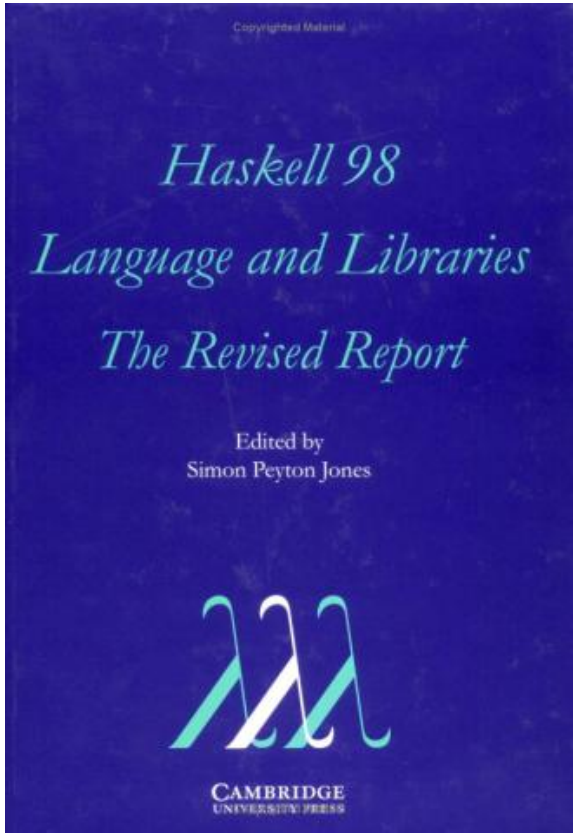
Antecedentes históricos (cont.)

- 1987:

Um comitê internacional de pesquisadores inicia o desenvolvimento de **Haskell**, uma linguagem funcional *lazy* padrão.

Antecedentes históricos (cont.)

- 2003:



O comitê publica o relatório **Haskell 98**, a definição de uma versão estável da linguagem Haskell.

Antecedentes históricos (cont.)

- 2009:

O comitê publica o relatório **Haskell 2010**, uma revisão da definição da linguagem Haskell.

Tópicos

Quem usa Haskell?

- Exemplos de empresas que usam Haskell:
  - **ABN AMRO** análise de riscos financeiros
  - **AT&T** automatização de processamento de formulários
  - **Bank of America Merril Lynch** transformação de dados
  - **Bump** servidores baseados em Haskell
  - **Facebook** manipulação da base de código PHP
  - **Google** infra-estrutura interna de TI
  - **MITRE** análise de protocolos de criptografia
  - **NVIDIA** ferramentas usadas internamente
  - **Qualcomm, Inc** geração de interfaces de programação para Lua
  - **The New York Times** processamento de imagens
- Para maiores detalhes visite a página *Haskell na indústria* em `http://www.haskell.org/haskellwiki/Haskell_in_industry`.

Tópicos

Curso online de Haskell

- Functional Programming in Haskell
- Universidade de Glasgow
- Início: 19 de setembro de 2016
- Duração: 6 semanas
- Dedicação: 4 horas por semana
- https://www.futurelearn.com/courses/functional-programming-haskell
- Quem apresentar o certificado de participação no final do semestre poderá ganhar 1 ponto extra!

Fim