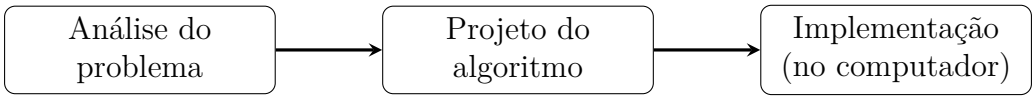
UnB Departamento de Ciência da Computação

2016/1

Resolução de Problemas com o Computador

Prof. Guilherme N. Ramos

A resolução de problemas utilizando um computador geralmente envole três etapas:



1 Análise do Problema

É essencial que haja uma definição *clara* do que se se deseja para que seja possível elaborar e implementar uma solução [1].

Entenda o problema. É tolice responder uma pergunta que você não entendeu, é preciso que esteja claro o que é *desconhecido* (o que se deseja obter?). Também é preciso saber o que é *conhecido*, para verificar se estes dados são suficientes para resolver a questão. Por exemplo, considere o problema *qual é a raiz quadrada de 1764?*

O desconhecido é o valor da raiz. São conhecidos o número em questão, que sua raiz é um número r tal que $r^2 = 1764$, e que há uma forma de de calcular o valor de r. Estas informações são suficientes para resolver a questão, e há uma metodologia recomendada para isso [1].

Elabore um plano. Qual a ligação entre o conhecido e o desconhecido? Se não há uma ligação direta entre eles, há algum problema relacionado que pode ser útil na resolução? Se sim, este conhecimento é útil para o problema em questão? Pode ser necessário considerar problemas auxiliares se não houver conexão imediata. Já viu este problema antes? Ou algo parecido? É possível aproveitar algo conhecido neste caso? Se não, o problema não poderia ser apresentado de outra forma?

Por exemplo, considere o problema *qual é a raiz cúbica de 74088?* Não se sabe um método eficiente para computar a raiz cúbica de um número, mas sabe-se que a raiz é o número r tal que $r \cdot r^2 = 74088$. Então é possível adaptar o método de calcular a raiz quadrada para encontrar a raiz cúbica.

Execute o plano. Verifique cada passo do plano. Está claro que o passo está correto? É possível provar que o passo está correto? Esta análise visa garantir que a implementação dos passos planejados está de acordo com o esperado.

"*As vezes a melhor forma de aprender algo é fazer errado e olhar para o que foi que você fez.*"

Neil Gaiman

Examine a solução. É possível verificar o resultado? É possível obter o resultado de outra forma? É possível utilizar a solução ou o método em outro problema?

Por exemplo, suponha que se queira a soma de todos os números da sequência de números inteiros consecutivos de 0 a 100. O valor da soma destes números é o desconhecido, mas o intervalo é conhecido, [0,100], assim como a execução de uma operação de soma. Então o conhecido é suficiente para resolver a questão. O plano é simples, definir o resultado como o primeiro número do intervalo, e ir somando a este cada um dos demais números. Cada passo executado pode ser demonstrado como correto. Após realizar as operações, a solução pode ser verificada (deveria ser 5050).

"*Uma análise cuidadosa de um problema pode levar a enormes benefícios práticos.*"

Jon Bentley

2 Projeto Do Algoritmo

"*Antes de existirem computadores, já havia algoritmos. Mas agora que os computadores existem, há ainda mais algoritmos, e os algoritmos são a base da computação.*"

Thomas Cormen

A realização da solução para o problema analisado é definira pelo projeto de do algoritmo, que pode ser visto como uma *sequência finita de instruções bem definidas e não ambíguas para executar uma tarefa.* Na prática, este deve considerar quem ou o que executará as instruções, no caso do computador, devem ser executáveis com uma quantidade finita de memória em um período de tempo finito.

Bolo simples

```
1   tigela ← ingredientes
2   bater tigela durante 5 min
3   untar forma
4   forma ← conteudo tigela
5   colocar forma no fogão
6   esperar 40 min
```

Soma 0 a 100

```
1   total ← 0
2   total ← total + 1
3   total ← total + 2
    ...
100 total ← total + 99
101 total ← total + 100
```

O algoritmo descreve um padrão de comportamento [2] utilizando instruções sequenciais, bifurcações e repetição. Este comportamento transforma os dados de entradas em dados de saída úteis (espera-se).

"*Corretude é claramente a principal qualidade. Se um sistema não faz o que deveria fazer, então todas as outras coisas a seu respeito não têm importância.*"

Bertrand Meyer

Corretude é um conceito ardiloso [3]. Por exemplo, um sistema GPS estaria correto se fornecesse a rota mais curta entre dois locais. Mas e se houver engarrafamento e, na verdade, o que você quer é a rota que o leve em menos tempo ao destino? Suponha que você tenha um algoritmo para aproximar o valor de π. Se o valor obtido for $3,1$ está incorreto? A precisão necessária na aplicação do valor é o que determinaria a corretude ($3,14$ é suficiente para a maioria das pessoas, mas uma nave espacial provavelmente precisaria de mais casas decimais).

Ao projetar o algoritmo, muitas vezes começam a surgir ideias de como torná-lo mais rápido, mais genérico, mais "mais". Antes de fazer isso, é preciso verificar se esta otimização (caso funcione) é realmente necessária? Certamente que não, pelo simples fato de não haver um programa pronto e testado que indique isso. Estas considerações quanto ao desempenho geralmente direcionam o projeto para código menos legível, mais complexo, e, possivelmente, incorreto. Melhorar o desempenho é uma boa ideia, desde que as alterações ocorram no momento certo (quando forem necessárias).

"*Faça funcionar antes de fazer funcionar rápido.*"

Bruce Whiteside

2.1 Representação de Algoritmos

Existem diversas formas de representar de um algoritmo: descrição narrativa, diagramas, pseudocódigo, linguagem de programação, linguagem de máquina, etc.; e não há consenso de qual é a melhor forma. Há, contudo, consenso que o algoritmo deve ser representado da forma mais clara possível, um código legível facilita o entendimento do programa, tornando-o mais claro e fácil de interpretar. Hoje em dia, a medida mais importante da qualidade de código é sua *legibilidade*[1].

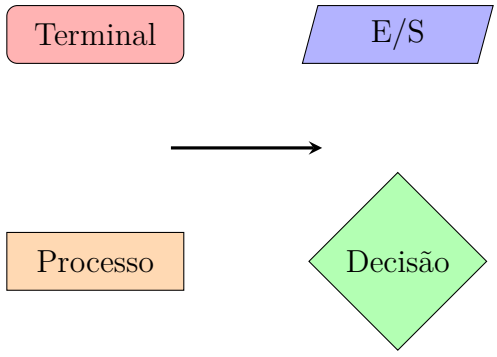
Descrição Narrativa expressa o algoritmo em linguagem natural, a forma mais intuitiva de humanos se comunicarem. Por exemplo: *Bata as claras em neve. Reserve. Bata bem as gemas com a margarina e o açúcar. Acrescente o leite e farinha aos poucos sem parar de bater. Por último agregue as claras em neve e o fermento. Coloque em forma grande de furo central untada e enfarinhada. Asse em forno médio, pré-aquecido, por aproximadamente 40 min. Quando espetar um palito e sair limpo estará assado* [4].

Parece simples, porque é a forma que estamos acostumados a usar para comunicação, mas é extremamente complexa pois considera a enorme capacidade humana de inferir informação incompleta. Para alguém que não esteja acostumado a atividades na cozinha, o algoritmo é ambíguo e impreciso.

"*Se você não consegue escrever [a ideia] em Inglês, você não consegue codificar [a ideia].*"

Peter Halpern

Fluxograma expressa o algoritmo graficamente com auxílio de formas geométricas.

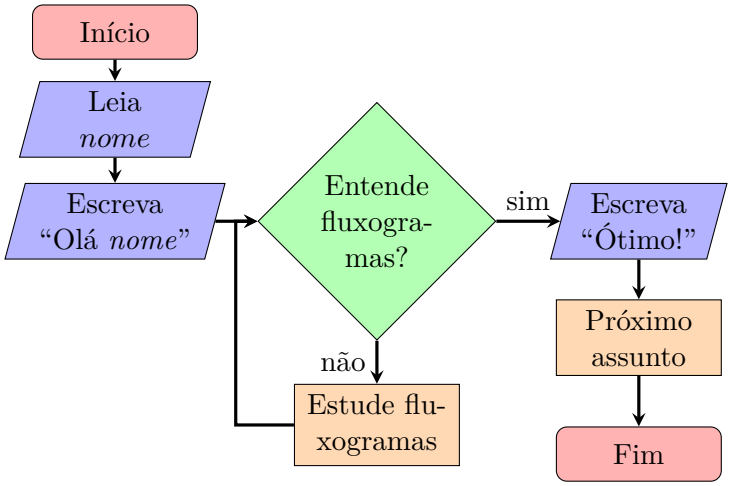


Cada forma tem indica um tipo de ação, e nesta disciplina considera-se apenas as seguintes cinco formas:

- Terminal, que indica onde o algoritmo inicia e onde termina. Só pode haver um ponto de entrada, mas é possível haver múltiplos pontos de parada.
- Entrada/Saída, que indica a comunicação de dados entre o algoritmo e outros atores (usuário, sensor, etc.).
- Processo, que indica a execução de uma instrução/tarefa.
- Decisão, que indica uma bifurcação no fluxo (diversas possíveis ações subsequentes).
- Seta, que indica a direção do fluxo.

A utilização destas formas para representar a sequência de execução das instruções também é bastante intuitiva.

[1] Há certos casos que não, mas no contexto de um curso de graduação, escreva código limpo.



Pseudocódigo expressa o algoritmo em uma linguagem simples com estruturas de linguagem de programação, visando facilitar a compreensão humana (e não da máquina).

Exemplo de Pseudocódigo

```
Leia(nome)
Escreva("Olá ", nome)
Se Entende(PSEUDOCÓDIGO) Então
    Escreva("Ótimo! Vamos para o próximo assunto.")
Senão
    Escreva("Vá estudar.")
    Enquanto Não Entende(PSEUDOCÓDIGO)
        Estude(PSEUDOCÓDIGO)
    FimEnquanto
FimSe
```

"*Pense em escrever pseudocódigo como se você fosse explicar a outra pessoa - geralmente não precisa ser conforme uma sintaxe específica desde que o que está acontecendo fique claro.*"

Paul McMillan

Pseudocódigo tem uma linguagem um pouco mais flexível que uma linguagem de programação, podendo assim relaxar a rigidez de sintaxe, mas se assemelha na estrutura, facilitando a transcrição em código fonte. Além disso, geralmente se preocupa com detalhes que o fluxograma tende a ignorar, como declaração de tipos e variáveis. A construção do algoritmo geralmente envolve explicitamente as seguintes etapas:

1. Definição dos dados a serem manipulados:
    - Quais informações serão necessárias? (variáveis/constantes)
    - Quais os tipos de cada?
2. Obtenção destes dados (entradas).
3. Definição da sequência de execução dos processos.
4. Exibição dos resultados (saídas).

Por exemplo:

```
Algoritmo Le_2_Numeros_e_Mostra_Divisao
/* O nome indica claramente o que faz! */

Variáveis
    numerador, denominador : real
    /* Nomes indicam claramente para que servem! */

```

```
Início
    Escreva("Digite o numerador: ") /* Instruções claras. */
    Leia(numerador)
    Escreva("Digite o denominador: ")
    Leia(denominador)
    Escreva("A divisão é: ", numerador / denominador)
Fim
```

Os dados são manipulados na memória em função de seus endereços, mas é muito inconveniente (para o humano) ficar lidando com rótulos como `0xA23FCB00` (que a máquina entende). Desta forma, utiliza-se *identificadores* como nomes (rótulos) que identificam variáveis, funções, etc. na construção de um algoritmo computacional. É bem mais fácil lidar com `numerador` ou `Escreva` que com `0x7CABECA5` e afins.

Entretanto, certas palavras têm significados específicos no contexto, e seus identificadores e são chamadas *palavras reservadas*. Desta forma, quem elabora o algoritmo não pode usá-las indiscriminadamente. Alguns exemplos (não exaustivos) de palavras reservadas:

1. `Algoritmo`
2. `Início/Fim`
3. `Constantes/Variáveis`
4. `Função`
5. `Retorne`
6. `Se/Senão/FimSe`
7. `Não`
8. `Para/Até/FimPara`
9. `Enquanto/FimEnquanto`

Geralmente os identificadores têm algumas regras para serem formados. Por exemplo, há distinção entre 'A' e 'a', o primeiro caractere não pode ser numérico, caracteres especiais (pontuação, de controle, etc.) não são aceitos, e outras normas arbitrárias.

Válidos	**Inválidos**
nome	3CD
Entende	minha idade
NOTA2	DA*TA
prova_1	media.final

A implementação de um programa exige que a memória seja manipulada corretamente, portanto é necessário saber o que está armazenado e onde, de modo que o processo seja realizado corretamente. É preciso separar (e identificar) cada bloco da memória necessário, e definir seu tipo (que determina como lidar com o bloco e o que pode ser feito com o dado).

A declaração de uma *constante* identifica um espaço na memória do computador que é reservado para execução do algoritmo e utilizado para armazenar um determinado tipo de dado cujo valor não pode ser alterado ao longo da execução (daí o nome *constante*). Uma constante é extremamente útil para centralizar uma informação imutável (durante a execução).

Este conceito contrasta com a declaração de uma *variável*, que identifica um espaço na memória do computador que é reservado para execução do algoritmo e utilizado para armazenar um determinado tipo de dado cujo valor pode ser alterado ao longo da execução. É irrelevante se o valor é alterado ou não, o importante é que, caso desejado, é possível alterá-lo. Uma variável é útil para armazenar resultados que são obtidos ao longo da execução.

```
Algoritmo PesoDaTurma
Constantes
    g : real ← 9.78 // m/s²
Variáveis
    massa, acumulado : real
    nome : string
Início
    acumulado ← 0
    Para Cada aluno ∈ turma
        Escreva("Digite seu nome: ")
        Leia(nome)
        Escreva("Digite sua massa: ")
        Leia(massa)
```

```
14            Escreva(nome, " seu peso é ", massa*g)
15            acumulado ← acumulado + massa
16        FimPara
17        Escreva("O peso da turma é ", acumulado*g)
18    Fim
```

A constante `g` define o valor da gravidade na Terra, mas este mesmo procedimento poderia ser utilizado para calcular o peso de uma turma de marcianos, bastaria trocar o valor da constante para 3,711 (gravidade em Marte). Já a variável `acumulado` acumula a massa de cada aluno (entrada de dados), e ao final é utilizada para calcular o valor do peso da turma.

A utilização de variáveis em algoritmos é tamanha que merece algumas sugestões:

1. uma variável deve ter uma única utilidade;
2. uma variável não deve levar um significado de um domínio para outro; e
3. uma variável não deve ter mais de um significado ao mesmo tempo.

Variáveis e constantes armazenam dados, que são classificados dentre os diversos tipos possíveis. O tipo determina:

- quais são os valores possíveis para o dado;
- quais são as operações possíveis de serem realizadas com o dado;
- o significado do dado; e
- como o dado pode ser armazenado.

Os tipos mais comuns são: numérico (inteiros, reais), lógico (booleano), e simbólico. E as operações que podem ser realizadas sobre os tipos definem a realização de um procedimento que gera um novo valor a partir de valor(es) de entrada. Para tanto, utiliza-se um *operador*, que define a ação/procedimento a ser realizada, e um ou mais *operandos*, o(s) valor(es) envolvido(s) na operação.

As operações númericas são mais familiares. Se *atribuo* o valor 1 a variável `x` ($x \leftarrow 1$), é direta a implicação sobre seu valor após a operação. Assim como calcular a soma de duas variáveis ($x + y$) ou atribuir o resultado desta operação a outra variável ($z \leftarrow x + y$). Já operações com lógica booleana podem não ser tão familiares, mas também são bastante intuitivas. Um valor que *não* é *falso* (F) tem de ser *verdadeiro* (V); a comparação ($x < y$) entre dois números só pode ter um dos dois Valores lógicos (V/F).

Ao executar operações, é preciso definir a ordem em que cada operação será realizada. Esta noção de *precedência* faz diferença no resultado conforme cada implementação do interpretador. Por exemplo, $1 + 2 \times 3$ resulta em 9 ou em 7? Depende da precedência dos operadores $+$ e $\times$ (o mais comum é que a multiplicação tenha precedência, portanto o resultado seria 7). Em alguns casos, a indefinição de predecência pode levar a *comportamento não-definido* (o que implica que não se pode garantir o padrão de comportamento do algoritmo).

Na dúvida, você pode garantir o resultado utilizando parênteses para explicitar a ordem das operações.

$$(1 + 2) - (3 * (20/5)) + (2\hat{}3) = -1$$

3 Implementação

"*Conhecimento não tem valor a não ser que seja posto em prática.*"

Anton Chekhov

Um algoritmo computacional é um algoritmo a ser executado por um computador, ou seja, uma *sequência de instruções que vai manipular dados*. As instruções são comandos que determinam a forma pela qual os dados devem ser tratados, e os dados são informações recolhidas/fornecidas por diversos meios e que serão processadas pelas das instruções.

"*O própósito de uma linguagem de programação é permitir que você expresse suas ideias em código.*"

Bjarne Stroustrup

3.1 Codificação

Codificação é a escrita do algoritmo em uma *linguagem de programação*, de modo que as instruções possam ser interpretadas pela máquina.

Exemplo de código em linguagem C

```c
scanf("%s", nome);
printf("Olá %s.\n", nome);

if(entende(LINGUAGEM_C))
    printf("Ótimo! Vamos para o próximo assunto.\n");
else {
    printf("Vá estudar.\n");
    do
        estude(LINGUAGEM_C);
    while(!entende(LINGUAGEM_C));
}
```

"*Programação de qualidade não é aprendida por generalizações, mas ao ver como programas significativos podem ser feitos de forma limpa, legível, de fácil manutenção e alteração, voltado para humanos, eficiente, e confiável, pela aplicação de bom senso e boas práticas de programação. O estudo cuidadoso e a imitação de bons prgramas leva a melhor codificação.*"

Peter Norvig

Após a escrita do código, geralmente há:

Compilação: "tradução" das intruções em uma linguagem de programação para outra linguagem.

Execução: decodificação e execução das instruções do programa.

Verificação: testar a execução do programa com uma grande variedade de dados de entrada.

Depuração: Encontrar e corrigir erros: de compilação, de execução, e de lógica de programação.

Documentação: descrição dos passos da solução, do método utilizado, etc.

Manutenção: alterações no programa.

As duas últimas atividades são de muita importância, mas fora do escopo desta disciplina.

Pode parecer contraditório, mas a linguagem de programação tende a ser mais um detalhe na resolução de um problema. Se você entender como um computador funciona e como elaborar algoritmos computacionais corretos, tem as principais ferramentas para implementar uma solução (em código). A etapa de entender o problema e propor uma solução adequada é a mais importante na resolução, a linguagem é apenas a forma de representar o algoritmo (que pode facilitar muito a sua vida).

Não existe a "melhor" linguagem de programação (embora C tenha os melhores desempenho e retorno sobre investimento). Cada uma tem suas próprias características, vantagens e desvantagens. Idealmente, você deve aprender algumas linguagens para entender melhor as diferenças entre elas e poder identificar qual seria a mais indicada para o problema em questão. Por exemplo [5]:

- abstração de classes (C++]/Java);
- abstração de funções (Lisp/Haskell);
- declaração de especificações (Prolog/C++);
- abstração sintática (Lisp);
- paralelismo (Clojure/Go.

Minha sugestão é que você aprenda, nesta ordem:

1. C (para entender como as coisas realmente funcionam);
2. Python (provavelmente a linguagem de maior "aplicabilidade" do momento - embora R seja a recomendada para análise estatística);
3. Haskell (mágica!).

Hoje em dia já se pode "programar" sem conhecer uma linguagem de programação. Bom, pelo menos brincar com os principais conceitos: light-Bot, e The Codex of Alchemical Engineering. E quando já tiver um pouco mais de experiência: Code Combat, Code Hunt, Elevator Saga, Robocode e URI.

E por falar em recursos on-line, existem excelentes oportunidades para ocupar aquele espaço entre 00:00 e 06:00 horas: Coursera, OpenCourseWare, Udacity, e edX.

4 Linguagem de Programação `C`

Em 12/2014, a linguagem de programação C era a mais popular no mundo [6] (e tem sido por muito tempo), provavelmente por [pelo menos] três boas razões: desempenho, ubiquidade, e portabilidade.

Além disso, é uma linguagem pequena e que produz código fácil de se ler e entender. No contexto de aulas introdutórias de computação, há mais uma enorme "vantagem": é relativamente próxima a linguagem de máquina, portanto você sabe como as coisas funcionam no nível mais detalhado.

"O espírito da linguagem `C`" descreve como a linguagem visa proporcionar ao programador a melhor ferramenta possível, com as seguintes diretrizes:

- Confie no programador.
- Não impeça o programador de fazer o que precisa ser feito.
- Mantenha a linguagem [de programação] pequena e simples.

Como toda linguagem, `C` tem uma lista de palavras reservadas e também regras para formação de identificadores:

1. Palavras reservadas não podem ser usadas.
2. Há distinção entre 'A' e 'a'.
3. O primeiro caractere não pode ser numérico.
4. Caracteres especiais (pontuação, de controle, etc.) não são aceitos.
5. Apenas os 31 primeiros caracteres são considerados para variáveis externas.

Válidos	**Inválidos**
nome	3CD
Entende	minha idade
NOTA2	DA*TA
prova_1	media.final

O tipo do dado faz toda a diferença nas operações que podem ser realizadas (veja `2_Operadores`) e nos valores que podem ser armazenados (veja o arquivo `2-limites.c`). Mas é interessante destacar que os limites e a precisão dos valores dependem da arquitetura do computador e que o valor lógico *falso* é equivalente ao valor numérico 0 (zero), e como *verdadeiro* é *não falso*, qualquer número diferente de zero é considerado.

Também há a questão de precedência, que pode levar a comportamento não-definido. Na dúvida, *sempre use parênteses para explicitar a ordem das operações.*

4.1 Código

Todo programa também tem uma estrutura inicial definida, que pode ser resumida da seguinte maneira:

```
1    /* Cabeçalho        */
2    /* Bibliotecas      */
3    /* Ponto de Entrada */
```

O *cabeçalho* deve identificar o arquivo, contendo informações importantes. Em tempos de versionamento de código, isso provavelmente pode ser limitado a licença/direitos autorais e comentários exigidos por ferramentas de documentação automática. Se for o caso, o cabeçalho pode também contextualizar a situação em que se faz necessário o código.

As *bibliotecas* oferecem recursos (comportamentos) que podem ser utilizados por meio de interfaces bem definidas. Isso implica que não é preciso implementar novamente certos comportamentos, basta reutilizar o código da biblioteca (possivelmente em projetos independentes). Por exemplo, uma calculadora pode *imprimir* o resultado de uma soma, assim como um programa de busca pode *imprimir* o resultado de uma pesquisa.

O *ponto de entrada* indica onde a execução é iniciada, o começo da implementação de seu algoritmo. Em C, este ponto é a função `main` (veja o arquivo `1-hello_world_detalhado.c`).

Há muitos recursos disponíveis sobre a linguagem `C` (por exemplo: C-FAQ ou The Basics of C Programming), mas a única forma de realmente aprender a programar é estudando (`exemplos`) e implementando código (`exercicios`).

Por fim, duas questões de estilo. Nesta disciplina será considerado o padrão `ANSI C`, definido para a linguagem pelo American National Standards Institute em 1989 e que garante a portabilidade dos programas gerados, independente do sistema operacional. Será considerado também o uso de comentários em código, para forçar o aluno a descrever de forma clara e breve o que seu código está fazendo (ou pelo menos indicar o que se gostaria que fosse feito).

5 Linguagem de Programação `Python`

Python é uma linguagem de programação que permite que você trabalhe rapidamente e integre sistemas mais eficientemente[2]. A linguagem foi projetada com ênfase no esforço do programador sobre o esforço computacional, priorizando a legibilidade do código sobre a velocidade ou expressividade [7].

Além das inúmeras aplicações e da crescente popularidade da linguagem [6], a maior "vantagem" é a facilidade com que pode ser rapidamente utilizada no contexto de aulas introdutórias de computação. Como o "espírito da linguagem `C`", há o Zen de Python (com exemplos).

No contexto desta disciplina, há código em Python apenas para exemplificar outra forma de implementação, o foco é a linguagem `C`.

Referências

[1] George Pólya. *How to solve it: a new aspect of mathematical method*. Princeton science library. Princeton University Press, Princeton [N.J.], expanded princeton science library ed edition, 2004.

[2] Thomas H. Cormen, Charles E. Leiserson, Ronald L. Rivest, and Clifford Stein. *Introduction to Algorithms*. The MIT Press, 2009.

[3] Thomas H. Cormen. *Algorithms unlocked*. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 2013.

[4] Maria F. N. Vechi. Bolo simples. `http://www.tudogostoso.com.br/receita/29124-bolo-simples.html`. Acessado em: 2015-02-14.

[2] `https://www.python.org/`

[5] Peter Norvig. Teach yourself programming in ten years. http://norvig.com/21-days.html. Acessado em: 2015-02-14.

[6] Tiobe index. http://www.tiobe.com, 2014. Acessado em: 2015-02-14.

[7] Naomi Hamilton. The A-Z of Programming Languages: Python - Computerworld, August 2008.