

FUNDAMENTOS PARA COMPUTAÇÃO

CAPÍTULO 1 - O COMPUTADOR É APENAS UMA CAIXA MÁGICA DE FAZER CÁLCULOS?

Arthur Francisco Lorenzon

INICIAR

Introdução

Neste capítulo, você estudará os conceitos básicos que norteiam a computação: o que são e como funcionam os computadores. De que maneira se deu a evolução dos computadores, desde o ábaco até os sistemas computacionais atuais. Além disso, será abordada a importância dos dispositivos de entrada e saída e a maneira como os dados são armazenados nas unidades de armazenamento. Por fim, serão apresentados os principais aspectos da arquitetura interna de um computador.

Para começar este estudo, você fará algumas reflexões importantes para que possa integrar as tecnologias em sala de aula de maneira crítica e reflexiva. Como se deu a evolução dos computadores? Que contribuições a computação trouxe para o mundo atual? Qual a importância dos dispositivos de entrada, saída e armazenamento? Como a arquitetura interna de um computador está organizada?

A partir dessas reflexões, neste capítulo, você estudará conceitos preliminares e apresentação, os dispositivos de entrada e saída, medidas de armazenamento e tópicos de arquitetura de computadores.

1.1 Conceitos preliminares e apresentação

Neste tópico, são apresentados os principais dados históricos relacionados à evolução e às gerações dos computadores e quais suas principais características. Ao final, será capaz de reconhecer as principais características da computação; interpretar a computação existente no mundo real; e reconhecer sobre a história dos computadores.

Quando se pensa em computação, logo imagina-se um sistema computacional com seus principais componentes: processador, dispositivos de armazenamento, de *interface* de entrada e saída, entre outros componentes. No entanto, a história da computação é mais antiga do que os componentes físicos que estamos acostumados a usar. Ela é utilizada desde a antiguidade para armazenar informações, efetuar contagens e desenvolver maneiras de resolver problemas complexos.

A computação pode ser definida como uma tarefa de processamento automatizada que, a partir de um conjunto de dados de entrada, a computação processa estes dados através de cálculos e modelos com a finalidade de obter o resultado desses cálculos (BROOKSHEAR, 2013). Conforme veremos adiante, esse processo foi evoluindo com o passar dos anos, tornando-o mais rápido e menos propenso a erros.

Um sistema computacional é composto de dois componentes principais: o *hardware* e o *software*. O primeiro é considerado o conjunto de periféricos eletrônicos e elétricos que englobam o processador, memória e demais dispositivos (circuitos integrados, cabos, memórias, impressoras etc.). Por outro lado, o segundo consiste dos algoritmos e as suas representações, ou seja, os programas.

1.1.1 Dados históricos da computação

A história da computação tem início datado na época da mesopotâmia, com a criação do ábaco (PERES, 2013). Ele é considerado o instrumento de cálculo mais antigo e também uma extensão do ato de se contar nos dedos. Com ele, as operações matemáticas básicas e complexas (extração da raiz quadrada e cúbica) passaram a ser realizadas de maneira mais eficiente. Conforme mostrado na figura a seguir, seu modelo mais básico é composto de uma moldura externa com bastões paralelos (dispostos no sentido vertical), no qual cada um representa uma posição digital (unidade, dezena, centena e assim por diante). Cada bastão possui elementos de contagem, que podem ser representados por bolas, fichas etc.



Figura 1 - O ábaco foi o primeiro computador desenvolvido e amplamente utilizado em operações matemáticas básicas e complexas. Fonte: kirpmun, Shutterstock, 2018.

Conforme Stallings (2009), em meados do século XVII, surgiram as primeiras máquinas de calcular, as quais funcionavam através da força mecânica. A primeira calculadora capaz de realizar operações de adição e subtração foi criada pelo matemático Blaise Pascal, próximo ao ano de 1642. Porém, foi apenas em 1671 que

o matemático Gottfried Leibniz propôs uma calculadora capaz de realizar operações de multiplicação e divisão, através de adições e subtrações sucessivas. Por fim, apenas em 1820 surgiu a primeira calculadora comercializada com sucesso. Ela foi desenvolvida por Charles Thomas e foi baseada no mesmo princípio da calculadora proposta por Leibniz.

O século XIX traz ainda uma importante contribuição para a computação moderna: o nascimento da primeira programadora da história: Ada Lovelace (1815 – 1852). Ada ajudou seu colega Charles Babbage na criação da primeira máquina de cálculo e foi a responsável pelo desenvolvimento do primeiro algoritmo da história, usado para calcular funções matemáticas na máquina desenvolvida por ela e seu colega.

VOCÊ O CONHECE?

Você já ouviu falar da história de Alan Turing, que foi o desenvolvedor de técnicas capazes de decifrar mensagens codificadas usadas pelos alemães durante a Segunda Guerra Mundial? Ele desenvolveu uma máquina capaz de decifrar a máquina usada pelos alemães e, com isso, mudou os rumos da guerra. Ficou curioso para conhecer mais sobre a história de Turing? Assista ao filme *O Jogo da Imitação*.

Já no século XX, um dos personagens mais importantes da computação nasceu: o britânico Alan Turing (1912 – 1954). Conhecido como o pai da ciência da computação e da inteligência artificial, ele foi matemático, lógico, criptoanalista e cientista da computação. Turing teve um papel decisivo nos rumos da computação, sendo o responsável por desenvolver uma máquina hipotética (máquina de Turing) que pudesse realizar todo e qualquer tipo de computação, estabelecendo assim o conceito de algoritmo. (BROOKSHEAR, 2013)

1.1.2 Gerações de computadores e os tipos de computadores

A evolução dos computadores compreende quatro distintas gerações, cada uma caracterizada pela tecnologia utilizada na concepção dos processadores.

Com o surgimento de tecnologias capazes de substituir os componentes mecânicos utilizados nas calculadoras até então, iniciou-se a primeira geração dos computadores, os quais operavam com válvulas, o que predominou durante o período de 1945 e 1955. Diferentes componentes eram utilizados no

desenvolvimento desses computadores. No entanto, os mais comuns eram os relés, os capacitores e as válvulas. Com elas, era possível efetuar cálculos matemáticos milhares de vezes mais rápidos que os realizados pelas calculadoras mecânicas.

Um dos principais representantes dessa geração é o ENIAC (Computador e Integrador Numérico Eletrônico - *Electrical Numerical Integrator and Calculator*). Fabricado em 1946, na Universidade da Pensilvânia, foi o primeiro computador eletrônico de propósito geral. A figura a seguir apresenta o ENIAC, que possuía mais de 18 mil válvulas, tinha 140 m² de área construída, pesava cerca de 30 toneladas, operava numa frequência de 100 kHz e continha apenas 200 bits de memória RAM. Com essa máquina, a grande maioria das operações era realizada sem a necessidade de movimentação de peças de maneira manual. Ao invés disso, as operações eram realizadas pela entrada de dados no painel de controle. (STALLINGS, 2009)

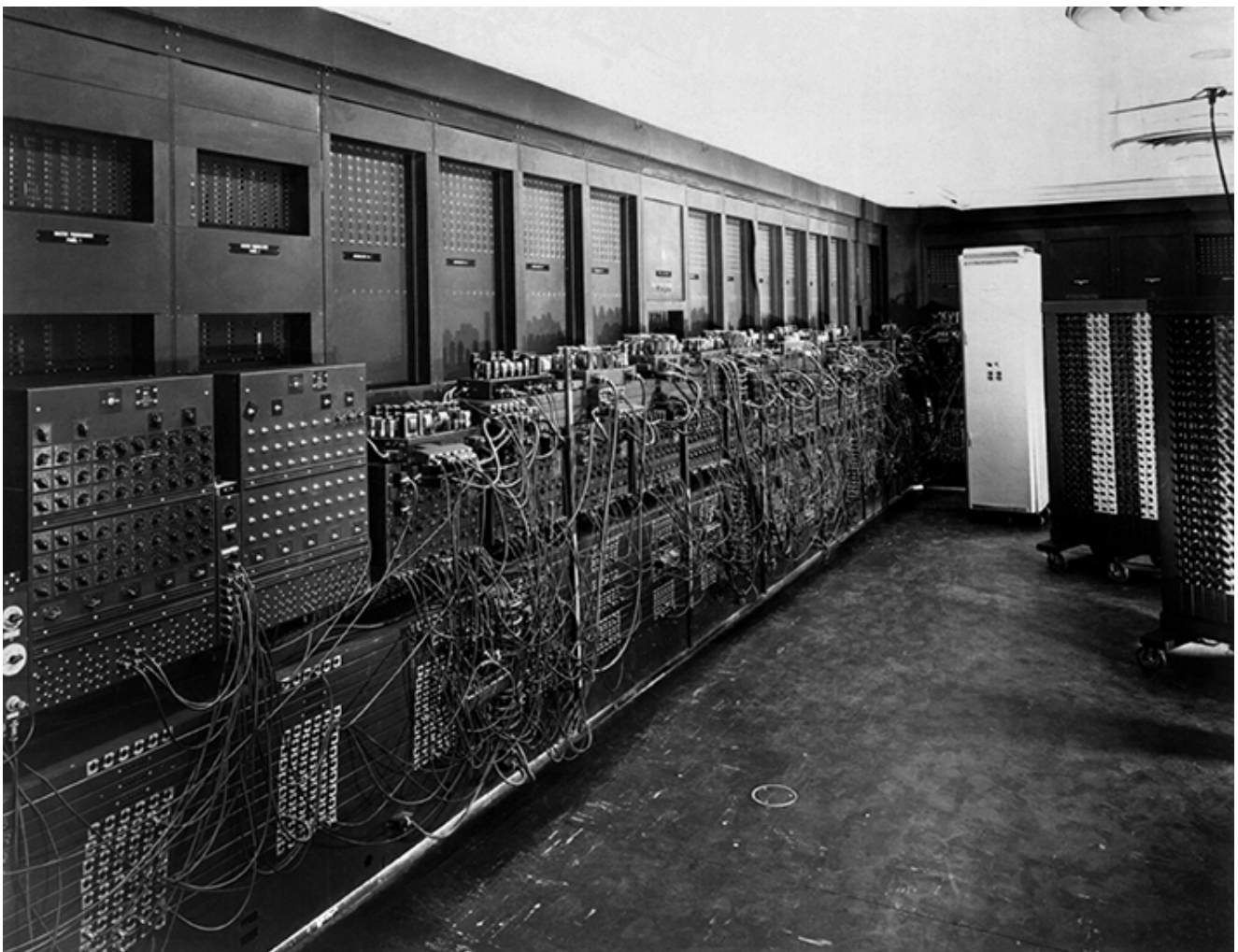


Figura 2 - ENIAC foi o primeiro computador de propósito geral, que operava por válvulas e ocupava um galpão inteiro. Fonte: Everett Historical, Shutterstock, 2018.

Podemos imaginar o quão tedioso era carregar e modificar programas no ENIAC, visto que era tarefa do programador inserir os dados de entrada e controlar as válvulas. Assim, para reduzir o esforço de programação e facilitar o carregamento de dados pelo computador, John Von Neumann, propôs uma nova arquitetura de computador, ilustrada na figura a seguir. Ela consiste em: **uma memória principal** (responsável por armazenar as instruções e dados); **uma unidade lógica e aritmética** (ULA) (responsável por realizar operações lógicas e aritméticas); **uma unidade de controle** (responsável por interpretar e determinar a sequência das instruções a serem executadas); **dispositivos de entrada e saída** (corresponde a comunicação externa). (STALLINGS, 2009)

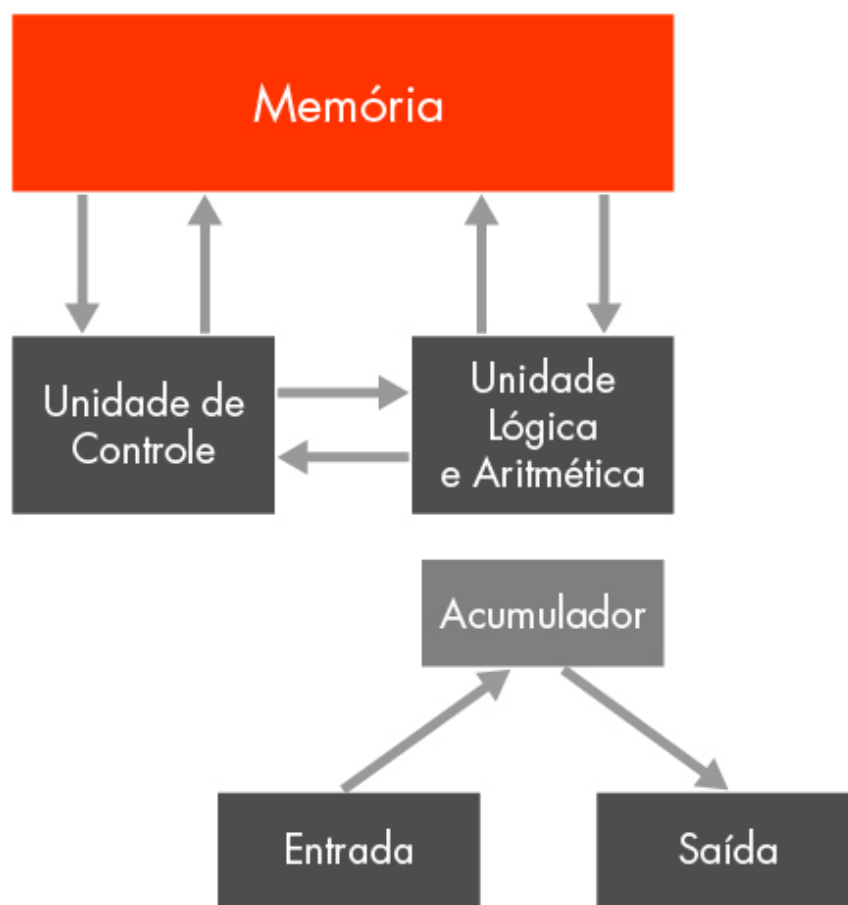


Figura 3 - Representação da

Arquitetura proposta por von Neumann. Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

Stallings (2009) explica que, com o objetivo de reduzir o tamanho dos computadores e aumentar a capacidade de armazenamento, a segunda geração de computadores traz a substituição das válvulas pelos transistores. Isso solucionou dois grandes problemas: o aquecimento e o alto consumo de energia. Por exemplo, o transistor utilizado na época consumia 100 vezes menos energia do que uma válvula e conseguia executar 5 vezes mais operações por segundo.

A segunda geração de computadores traz também a definição e desenvolvimento dos conceitos de unidade central de processamento (CPU), que integrou a unidade de controle e a ULA; memória; linguagem de programação e entrada e saída. Adicionalmente, o **multiplexador**, que é o ponto central de conexão entre os canais de dados, CPU e memória, foi desenvolvido.

Durante a década de 1950 e meados dos anos 1960, os computadores eram basicamente compostos por transistores, resistores e capacitores. Tais componentes eram fabricados separadamente, encapsulados e soldados a placas de circuitos. No entanto, esse processo de fabricação começou a criar problemas para a indústria de computadores, uma vez que o número de transistores ultrapassava os 100 mil, tornando difícil a fabricação de máquinas mais rápidas.

VOCÊ QUER VER?

A história por trás de grandes empresas é bem mais complexa do que imaginamos. No entanto, a corrida para o sucesso falou mais alto que a amizade existente entre os amigos e donos das respectivas empresas. Ficou curioso para saber mais sobre a história da Apple e da Microsoft? Assista ao filme *Piratas da informática*.

Stallings (2009) afirma que, dessa maneira, surgiu o circuito integrado (CI), que incorpora os transistores e demais componentes de *hardware* em um único *chip*. A utilização do CI na concepção dos computadores caracteriza a terceira geração. O uso de CIs trouxe diversas vantagens para o processo de fabricação de computadores: confiabilidade, equipamentos menores, baixo consumo de energia e baixo custo de fabricação, tornando os computadores mais acessíveis.

Adicionalmente, essa geração trouxe uma contribuição muito importante: o desenvolvimento de dispositivos de entrada e saída. Assim, a entrada de dados passou a ser realizada por teclados e a saída em monitores, acelerando a velocidade de processamento.

A quarta geração, que começou nos anos 1970, marca o advento dos microprocessadores e computadores pessoais. Tais computadores atingiram o patamar de bilhões de operações por segundo, permitindo que diversas tarefas

fossem implementadas. Com o avanço da tecnologia, os circuitos acabaram se tornando cada vez menores e mais integrados, reduzindo o custo dos computadores e os tornando mais acessível ao consumidor final.

Nessa época, se deu o desenvolvimento das principais empresas de fabricação de processadores e sistemas computacionais: Intel, AMD, Apple, Microsoft, entre outras. Um marco importante foi o desenvolvimento do processador Intel 4004, no ano de 1971. Ele foi o primeiro *chip* a conter todos os componentes de uma CPU, sendo considerado o primeiro microprocessador. Esse processador era capaz de somar dois números de 4 bits e multiplicação através de somas repetidas. A evolução continuou até o final dos anos 1990, quando começaram a surgir os projetos de processadores *multicore*.

Com o objetivo de aumentar o desempenho, a indústria passou a investir na tecnologia *multicore*. Ela caracteriza-se por possuir múltiplas unidades de processamento, compartilhando acesso a um mesmo espaço de endereçamento (HENNESSY; PATTERSON, 2012). Tais arquiteturas permitem a execução de diferentes fluxos de instruções de forma concorrente sobre independentes unidades de processamento.

Uma representação de uma arquitetura *multicore* composta de quatro núcleos de processamento é apresentada na figura a seguir (STALLINGS, (2009). Cada núcleo possui uma memória *cache* L1 e L2 privada, o que indica que esses dois níveis de memória só poderão ser acessados pelo núcleo em questão. No entanto, quando existir a necessidade de trocar dados entre os núcleos, o terceiro nível de memória *cache* e a memória principal serão normalmente acessados, os quais possuem maior consumo de energia e tempo por acesso. (JI, 2008)

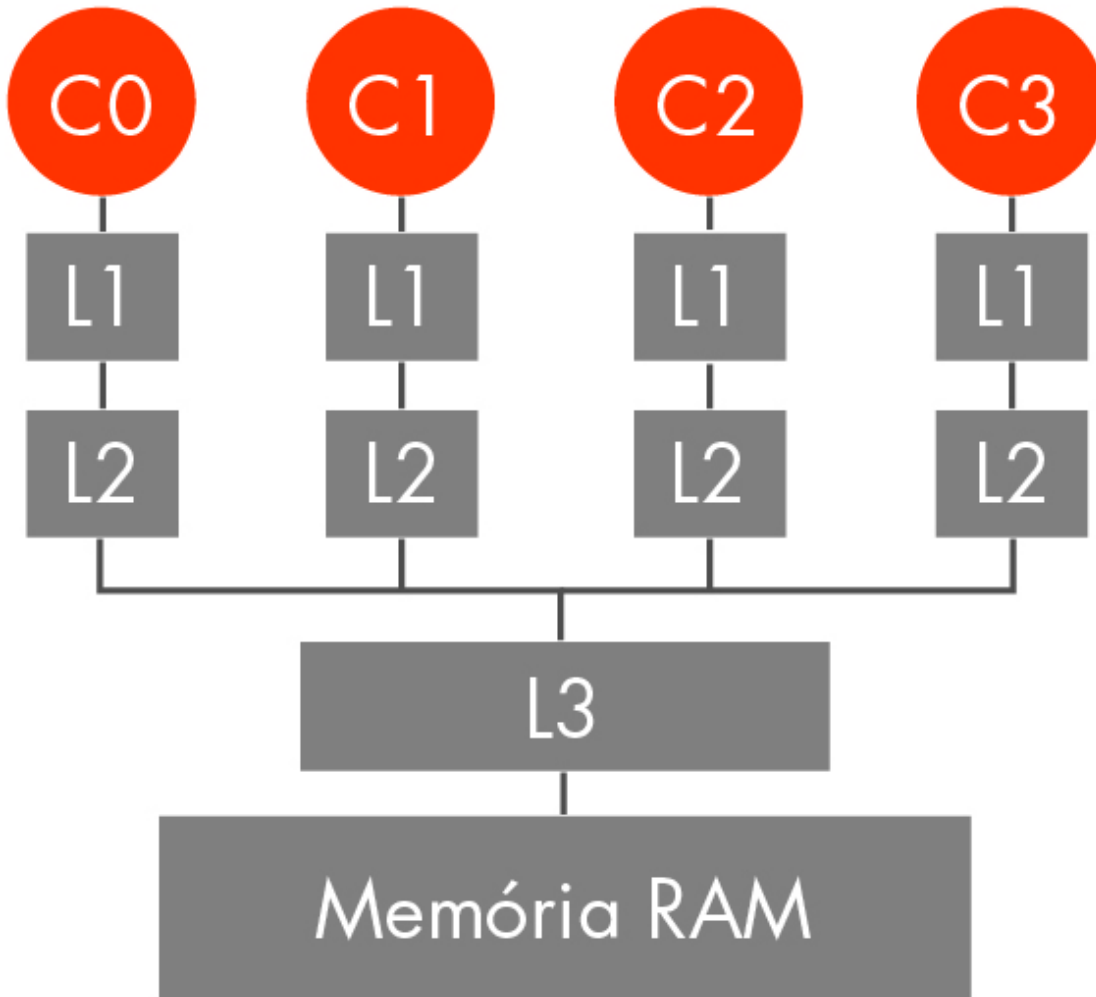


Figura 4 - As

memórias cache L1 e L2 são privadas ao núcleo, enquanto que a L3 e a memória principal pode ser acessada por qualquer núcleo, com a intenção de realizar comunicação entre diferentes núcleos. Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

Nos últimos anos, com a popularização dos sistemas embarcados *multicore*, as arquiteturas *multicore* podem ser divididas em duas grandes classes: computador tradicional, ou seja, processadores de propósito geral; e computador embarcado, isto é, sistemas embarcados. Os processadores de propósito geral são encontrados em computadores como *desktops* ou estações de trabalho. Eles são utilizados no dia a dia e desenvolvidos para manter compatibilidade de *software* sem demonstrar preocupação quanto ao consumo de energia. Esse tipo de processador é representado, principalmente, pela Intel e AMD. (LORENZON, 2016)

VOCÊ QUER LER?

Com o advento das arquiteturas *multicore* (processadores, placas de vídeo etc.), a computação paralela tem se tornado bastante comum. Nela, as tarefas de um programa são divididas para serem executadas em paralelo e reduzir o tempo de execução. Ela tem sido amplamente utilizada para acelerar o cálculo de aplicações que necessitam de grande poder computacional, como cálculos da previsão do tempo, de sequências de DNA e de genoma, entre outras diferentes aplicações. Ficou curioso e quer saber mais? Acesse: <<https://software.intel.com/en-us/articles/intel-guide-for-developing-multithreaded-applications>> (<https://software.intel.com/en-us/articles/intel-guide-for-developing-multithreaded-applications>)>.

Já os processadores de baixo consumo de energia são amplamente utilizados em sistemas embarcados, como *tablets* e *smartphones*. O principal desenvolvedor de projetos de *chip* para sistemas embarcados é a ARM (*Acorn RISC Machine*). No entanto, a Intel tem se voltado ao desenvolvimento de processadores embarcados através do Intel Atom, a partir da última década (ANDRADE, 2006).

1.2 Dispositivos de entrada e saída

No tópico anterior, vimos que o processador e a memória são dois componentes fundamentais para o sistema computacional. Um terceiro elemento fundamental para um computador funcionar adequadamente consiste do conjunto de módulos de entrada e saída. Agora vamos discutir os principais dispositivos e técnicas de armazenamento utilizados para armazenar as informações em um sistema computacional. Dessa forma, ao final deste tópico, você será capaz de identificar os principais dispositivos de entrada e saída existentes; descrever as formas de armazenamento existentes; e avaliar a importância dos dispositivos de entrada e saída mais modernos para a computação.

1.2.1 Dispositivos

Os dispositivos de entrada e saída (também chamados de periféricos) são caracterizados por definir a maneira como o computador recebe e transmite informação para o mundo exterior. Eles podem ser divididos em três grandes classes, de acordo com a sua funcionalidade: apenas entrada de dados; apenas saída de dados; e misto, que abrange operações de entrada e saída no mesmo dispositivo (CARVALHO, 2016).

Os dispositivos de **entrada** são aqueles que fornecem dados e informações para as operações de um programa de computador (CARVALHO, 2016). Eles têm a função básica de prover a interação entre o usuário com o computador. Os principais periféricos de entrada são:

- **teclado:** é um dos principais periféricos que realiza a *interface* entre usuário e computador, permitindo a entrada de dados e inserção de comandos no sistema. O teclado baseia-se no modelo feito para antigas máquinas de escrever e é composto por teclas, que representam letras, símbolos, números e outras funções. Há diversos modelos de teclados, sendo que o mais comum e utilizado no ocidente é o teclado QWERTY, que ganhou esse nome devido às seis primeiras letras do modelo do teclado. No Brasil, a Agência Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) certificou dois padrões de teclados baseados no modelo QWERTY: ABNT e ABNT-2;
- **mouse:** consiste de uma pequena peça deslizante que tem a responsabilidade de movimentar o cursor na tela. Um *mouse* é, normalmente, composto por três botões principais, cada um com suas funcionalidades: botão direito, do meio e esquerdo. Ele disponibiliza ao usuário quatro tipos de operações essenciais: movimento do cursor; clique; duplo clique; e mover e soltar objetos;
- **joystick:** utilizado para jogos, tem vários botões que são lidos e interpretados pelo computador. Diferentes modelos de *joystick* podem ser encontrados, variando o design e a quantidade de operações que podem ser realizadas por eles. *Joysticks* podem, ainda, ser utilizados para controlar outros tipos de máquinas, como, por exemplo, elevadores, guindastes e caminhões;
- **digitalizador:** ou *scanners*, consiste de um aparelho que realiza a leitura ótica de textos, imagens, fotos e ilustrações que estão num papel, convertendo-os para o formato digital, o qual pode ser manipulado no computador. Existem diversos tipos de digitalizadores, onde o mais comum é o de mesa, muito similar a uma máquina copiadora. Já outros tipos encontrados são *scanner* de tambor, de mão, de leitor de código de barras e cartão de visita;
- **webcam e microfone:** são dois periféricos que possibilitam a transmissão de áudio e vídeo em tempo real em serviços da internet, como por exemplo, videoconferência.

Diferentemente dos dispositivos de entrada, os periféricos de **saída** são os responsáveis por decodificar os dados em informação que pode ser entendida e lida pelo usuário (CARVALHO, 2016). Assim, os dispositivos mais comuns são:

- **monitores de vídeo:** consiste de um equipamento semelhante a uma TV, sendo responsável por transmitir as informações visuais ao usuário. A imagem exibida na tela do monitor é composta por diferentes pontos (*pixels*), o que representa a resolução da imagem: quanto maior o número de pontos, melhor será a resolução;
- **impressoras:** têm a função de imprimir trabalhos (textos, imagens, figuras, desenhos, fotos etc.) armazenados no computador em uma folha de papel. Assim como nos monitores de vídeo, a resolução de impressão é medida em pontos (*pixels*). Existem diferentes tipos de impressoras, sendo as mais comuns a matricial (baixa resolução e impressão lenta), que é utilizada na impressão de notas fiscais; a jato de tinta (alta resolução, impressão intermediária), usada na maioria das casas; e a *laser* (altíssima resolução e impressão rápida), que é principalmente utilizada nos escritórios, escolas e faculdades;
- **caixas de som:** são os dispositivos responsáveis por transmitir o som de músicas, vídeos, jogos e demais atividades para o usuário.

Por fim, os periféricos **mistos** são todos aqueles que possuem função tanto de entrada e saída (CARVALHO, 2016). Os dispositivos mais comuns são:

- **monitor *touch-screen*:** também conhecido como tela sensível ao toque, ele dispensa a necessidade de periféricos de entrada de dados (teclado, mouse etc.), uma vez que a entrada dos dados é realizada diretamente na tela. Ele é considerado dispositivo misto, pois além de exibir as informações para o usuário na tela, funciona como dispositivo de entrada. Existem diferentes tipos de telas *touch-screen*, as quais são classificadas de acordo com o tipo de tecnologia usada na sua fabricação, como resistivo (composto de várias camadas, com a mudança de corrente elétrica decorrente da pressão na tela indica onde o toque está sendo realizado) e capacitivo (consiste de sensor feito de microfios laminados entre duas camadas de vidro). Essas telas podem, ainda, reconhecer múltiplos pontos de interação simultaneamente, permitindo uma melhor utilização do sistema de entrada de dados;
- **leitor/gravador de CD e DVD:** são periféricos que podem ler informações que já estão armazenadas em CDs e DVDs e, também, gravar informações (textos, músicas, vídeos, jogos etc.) nas mídias digitais.

Ainda conforme Carvalho (2016), existem também outros periféricos mistos, como modem de internet, *drive* de disquete (em desuso atualmente) e mídias de armazenamento de dados (discos rígidos, *pen drives*, entre outros). Esses

dispositivos, que compõe a classe de armazenamento de dados, serão vistos no próximo tópico em maiores detalhes. Adicionalmente, podemos considerar como dispositivos mistos, os componentes de rede (placa ethernet – que realiza a conexão cabeada entre computadores, *modems* e switches; e *wifi* – que realiza a conexão sem fio entre computadores, roteadores, celulares, *tablets* etc.; e o *bluetooth*, utilizados para realizar a comunicação entre os computadores).

1.2.2 Técnicas de armazenamento

Na computação, os sistemas de armazenamento são definidos como qualquer dispositivo interno ou externo capaz de armazenar dados (CARVALHO, 2016). Eles diferem entre si em várias características: tamanho (capacidade), forma, uso e velocidade de transferência de dados. Os dispositivos de armazenamento podem ser classificados em dois grandes grupos: memórias voláteis e não voláteis. As memórias voláteis são aquelas que precisam de uma fonte de energia para manter o conteúdo, isto é, só armazena informações enquanto o computador está ligado. Por outro lado, as memórias não voláteis são aquelas que mantêm a informação mesmo quando o computador é desligado. Este tópico aborda as memórias não voláteis.

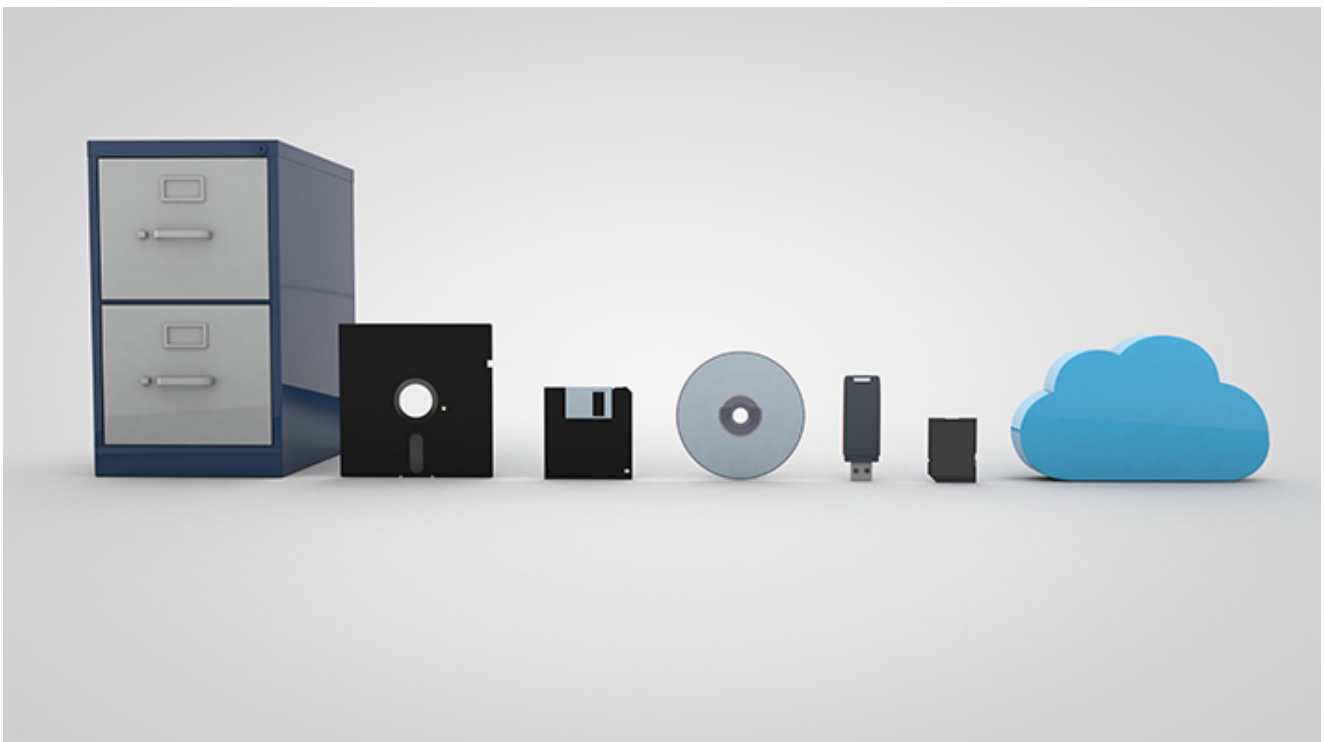


Figura 5 - Inicialmente, guardávamos processos e documentos em fichários, depois passamos a fazer isso em disquete, CD, DVD, até chegar ao pen drive e ao cartão de memória. Fonte: vexworldwide, Shutterstock, 2018.

A classificação mais utilizada para as memórias não voláteis considera o tipo de dispositivo de armazenamento: por meios magnéticos, ópticos e eletrônicos. (BROOKSHEAR, 2013; CARVALHO, 2016).

Considerados os dispositivos mais antigos, os **meios magnéticos** permitem armazenar uma grande quantidade de dados em um pequeno espaço físico e de maneira permanente, pois os dados não são apagados quando o computador é desligado. Esses dispositivos utilizam uma cabeça magnética para ler e gravar dados de um meio magnetizado. Durante a gravação de informações, um campo magnético é gerado pela cabeça de leitura e gravação do dispositivo, representando os bits de acordo com a polaridade usada. Por outro lado, a leitura dos dados se dá através da interpretação das informações da molécula (dipolo positivo ou negativo).

Um dos principais exemplos de dispositivos de armazenamento que utiliza meio magnético para gravar e ler informações é o disco rígido (conhecido como HD – *Hard Drive*). Eles são constituídos por discos, que são divididos em trilhas, que, por sua vez, são formadas por diferentes setores. Os HDs são reconhecidos e conectados ao computador através de uma IDE (*Integrated Drive Electronics*), SCSI (*Small Computer System Interface*) ou SATA (*Serial ATA*), esta última mais rápida e eficiente.

Os dispositivos que compõem os **meios ópticos** são utilizados para armazenar pequenas quantidades de informação, geralmente arquivos multimídia (filmes, músicas etc.). Os principais dispositivos dessa classe correspondem aos CD-ROMs e DVD-ROMs. A leitura dos dados se dá através de um feixe de *laser* que é projetado na superfície da mídia. Por outro lado, a escrita de dados na mídia se dá através de sulcos microscópios. No entanto, com exceção da classe dos dispositivos regraváveis, a maioria permite gravar os dados apenas uma única vez. Isto é, uma vez utilizado, novas informações não podem ser adicionadas a ele. Adicionalmente, existe a necessidade de um periférico especial para inserir informações nesses dispositivos.

Considerando que as mídias de armazenamento por meio magnético estavam se tornando um gargalo no desempenho dos sistemas computacionais, devido ao demorado tempo de acesso, surgiram os dispositivos de armazenamento por **meio eletrônico**. Esta tecnologia, conhecida como disco de estado sólido (SSD – *solid state drive*), é composta de circuitos eletrônicos, os quais, diferentemente de meios magnéticos, não há a necessidade de movimento de parte móvel/mecânico para realizar leitura e escrita.

VOCÊ SABIA?

Que todos os componentes computacionais abordados neste capítulo são conectados a uma placa principal? Para este componente, dá-se o nome de “placa mãe”. Nela, o processador, memória principal, memórias secundárias e demais periféricos de entrada e saída são conectados. Também é ela que recebe a fonte de energia para manter os componentes de *hardware* ligados (memória principal, processador etc.).

Os dispositivos dessa categoria têm a principal vantagem de possuir um tempo de acesso muito menor quando comparado aos dispositivos dos outros dois tipos de armazenamento vistos anteriormente. No entanto, o custo de fabricação ainda é alto, impossibilitando a fabricação de mídias com grandes capacidades de armazenamento. (HENNESSY; PATTERSON, 2012)

Diversos periféricos que utilizamos no dia a dia implementam o armazenamento por meio eletrônico, como por exemplo: *pen drives* e cartões de memória para câmeras digitais e *smartphones*.

Recentemente, um novo padrão foi criado para acelerar o acesso aos dados que estão armazenados em discos de estado sólido, através do barramento PCI Express da placa-mãe do computador. Trata-se da interface *NVMe* (*Non-Volatile Memory Express* – Memória expressa não volátil), desenvolvida por um consórcio que engloba gigantes empresas, tais como Intel, Microsoft e Samsung. Testes experimentais realizados pela Intel mostram que ele reduz o tempo de processamento (leitura e escrita) em pouco mais de quatro vezes quando comparado ao SSD. Adicionalmente, ele possibilita reduzir o consumo de energia de todo o sistema computacional.

1.3 Medidas de armazenamento

No dia a dia, utilizamos diferentes tipos de medidas relacionadas ao Sistema Internacional de Unidades (SI) que nos permitem calcular, pesar e/ou medir o que nos rodeia. Por exemplo, quando vamos ao supermercado comprar produtos hortifrutigranjeiros, utilizamos a medida do quilograma (kg) para pesar a massa do

produto. Por outro lado, quando estamos querendo medir o tamanho (altura, comprimento) de algum objeto ou pessoa, utilizamos a medida de altura do sistema métrico: centímetro, metro etc.

Os sistemas computacionais também possuem seu próprio sistema de unidade de medida, o qual permite calcular o tamanho dos arquivos (dados, músicas, textos etc.), a capacidade de armazenamento de informações e o processamento de dados em um computador. Você já deve ter ouvido falar em “disco rígido de 1 *terabyte*”; “*pen drive* de 32 *gigabytes*”; “memória cache de 32 *kilobytes*”, entre outras expressões.

Ao final deste tópico, você capaz de identificar as principais medidas utilizadas por um sistema computacional, entender a relação entre elas e a sua aplicação em programas de computadores.

1.3.1 Medidas

A unidade de medida responsável por definir a menor parte de um dado é o *bit*, que representa os dígitos binários. Esses dígitos correspondem aos valores “0” e “1”, e apenas um valor pode ser representado num único *bit*. No entanto, apenas um dígito em separado não nos dizem muita informação. Por outro lado, o conjunto deles é que forma os dados e informações que conseguimos interpretar e entender. O menor conjunto de *bits* é denominado *byte*, e contém 8 *bits*. Dessa maneira, existem 255 combinações possíveis de zeros e uns, ao invés de apenas duas. Um *byte* consegue representar apenas um caractere, que pode ser uma letra ou um número. (BROOKSHEAR, 2013)

Muito provavelmente a menor unidade que o usuário tenha conhecimento é o *kilobyte* (KB), que é composto por um conjunto de 1.024 bytes (8.192 *bits*). Essa unidade pode ser encontrada no armazenamento de arquivos de pequenos documentos de texto e fotografias com baixa resolução. Já a maioria dos arquivos multimídias (músicas, vídeos, imagens de alta definição etc.) possui tamanho maior que simples arquivos de textos e utilizam outra unidade de medida para representação, o *megabyte* (MB). Um *megabyte* consiste de 1.024 KB (1.048.576 bytes e 8.388.608 *bits*). Os CDs são tipos de periféricos no qual podemos encontrar essa unidade de medida: um CD tem cerca de 700 MB de capacidade. (CARVALHO, 2016)

Uma das unidades mais utilizadas hoje em dia é o *gigabyte* (GB), que corresponde a 1.024 MB. A maioria dos HDs e SSDs possuem capacidade de armazenamento na casa dos *gigabytes*. Outro exemplo é o *pen drive*, cuja capacidade pode variar entre 2

GB e 2.048 GB. Considerando as mídias eletrônicas, os DVDs possuem 4.7 GB e os *Blu-rays*, utilizados para a gravação de vídeos de alta definição, têm 25 GB de capacidade de armazenamento.

Nos dias atuais, os discos rígidos já ultrapassaram a barreira do *gigabyte* e adentraram na unidade de medida chamada *terabyte* (TB), que corresponde a 1.024 GB. Esses discos são amplamente utilizados em sistemas que necessitam de grande capacidade de armazenamento, como, por exemplo, centro de dados, servidores, entre outros. Você consegue imaginar quantos arquivos esses dispositivos podem armazenar?

| Medida | Sigla | Quantidade de Caracteres | Representação |
|-----------|-------|-----------------------------------|---------------|
| Byte | | 1 (8 bits) | 1 bytes |
| Kilobyte | KB | 1.024 | 1.024 bytes |
| Megabyte | MB | 1.048.576 | 1.024 KB |
| Gigabyte | GB | 1.073.741.824 | 1.024 MB |
| Terabyte | TB | 1.099.511.627.776 | 1.024 GB |
| Pentabyte | PB | 1.125.899.906.842.624 | 1.024 TB |
| Exabyte | EB | 1.152.921.504.606.846.976 | 1.024 PB |
| Zettabyte | ZB | 1.180.591.620.717.411.303.424 | 1.024 EB |
| Yotabyte | YB | 1.208.925.819.614.629.174.706.176 | 1.024 ZB |

Quadro 1 - Unidades de medida de armazenamento utilizadas pelo sistema computacional. Fonte: BROOKSHEAR, 2013.

Conforme BROOKSHEAR, (2013), após o *terabyte*, existem outras quatro unidades de medida que são utilizadas: *petabyte* (PB), que corresponde a 1.024 TB; *exabyte* (EB), que corresponde a 1.024 PB; *zettabyte* (ZB), que corresponde a 1.024 EB e *yottabyte* (YB), que corresponde a 1.024 ZB. A Tabela 1 resume as principais informações de cada unidade de medida apresentada até o momento. Nela, podemos perceber a evolução da capacidade de armazenamento de informações, principalmente ao analisar a coluna “Quantidade de Caracteres”, a qual se refere à quantidade de caracteres que aquela unidade pode armazenar.

De acordo com Hennessy e Patterson (2012), uma outra importante unidade de medida é o *Hertz* (Hz), que pode ser representado de acordo com sua ordem de grandeza, seguindo a mesma organização da unidade de medida de armazenamento: por exemplo, *decaHertz* (daHz), *MegaHertz* (MHz) ou *GigaHertz* (GHz), que mede a velocidade de operação do ciclo de relógio (*clock*) do processador. A velocidade de um processador é medida com relação ao número de ciclos de relógio por segundo, e representa a quantidade de operações que o processador pode realizar em uma unidade de tempo. Os primeiros processadores fabricados operavam na faixa dos Hertz e, conforme a evolução da tecnologia, a frequência de operação dos dispositivos foi aumentando. Atualmente, os processadores com baixo consumo de energia operam na frequência de até 2 GHz enquanto que os processadores voltados para o alto desempenho, operam em até 4 GHz, em condições normais. Após esta faixa de frequência, a refrigeração do processador se torna um problema.

1.3.2 Aplicação das medidas

No tópico anterior, vimos as unidades de medidas que são utilizadas pelo computador para representar a capacidade de armazenamento e representação dos dados e informações. Neste tópico, iremos brevemente abordar como essas medidas são aplicadas no dia a dia.

Sempre que ocorrer uma operação do tipo mover um arquivo ou diretório de lugar ou de transferência de arquivos pela internet, taxas de transmissão de dados são utilizadas para determinar a velocidade de processamento da operação. Nesse contexto, dois termos são importantes: taxa de transferência e taxa de transmissão (BROOKSHEAR, 2013). O primeiro termo refere-se à quantidade de *bytes* transferida por segundo. Já a taxa de transmissão é a unidade de medida para a velocidade de transferência de dados, representada em *bits*. Por exemplo, uma taxa de transferência de 32 *kilobytes* por segundo (KB/s) representa uma velocidade de transmissão de 256 *kilobits* por segundo (Kbps), uma vez que 32 KB/seg multiplicado por 8 *bits* corresponde a 256 *kilobits*.

Adicionalmente, os discos rígidos utilizam uma unidade de medida que é responsável por definir a velocidade com que o disco interno gira, na qual, quanto maior a velocidade, menor será o tempo de acesso (leitura e escrita) aos dados armazenados nesse periférico. Essa unidade de medida é definida como rotações por minuto (RPM). (CARVALHO, 2016)

1.4 Tópicos de arquitetura de computadores

Neste tópico, são apresentados e discutidos os principais componentes que integram a arquitetura de computadores. Para tanto, será descrita a arquitetura interna e as noções de dinâmica entre os componentes, ou seja, como eles se comunicam entre si. Nesse contexto, dois termos são importantes: a arquitetura de um computador refere-se aos atributos que são visíveis ao programador (por exemplo, conjunto de instruções, mecanismos de *hardware*, entrada e saída etc.) e a maneira como esses atributos estão organizados em conjunto. No final deste tópico, você será capaz de identificar aspectos da arquitetura interna de um computador; analisar diferentes componentes de um computador, verificando seu material e utilização; e examinar o funcionamento dos componentes entre si, mostrando a funcionalidade de cada um deles.

1.4.1 Arquitetura interna

A maioria dos computadores atuais segue a arquitetura proposta por von Neumann, que é composta de três componentes principais: a unidade central de processamento, unidade de controle e a memória e dispositivos de entrada e saída. Para que eles possam se comunicar entre si e trocar informações, os componentes são conectados por um conjunto de cabos chamado de barramento.

O processador é considerado o principal componente de um computador, sendo o responsável por controlar e executar as instruções e operações. Instruções de diferentes tipos podem ser computadas por um processador. No entanto, as principais se resumem a operações lógicas e aritméticas e movimentação de dados. As operações que serão executadas dependem das instruções de máquina que o processador busca na memória de instruções (responsável por armazenar as instruções do programa a serem executadas). Basicamente, a execução de uma instrução consiste em cinco estágios (STALLINGS, 2009):

- **busca de instrução:** toda instrução é armazenada na memória de instruções. Nessa etapa, o processador acessa essa memória e busca a próxima instrução a ser executada;
- **decodificação:** o processador interpreta a instrução e é nesse momento que o processador sabe qual o tipo de operação que será computada;

- **busca de operandos:** de posse do tipo de instrução que será executada, esse estágio é responsável por buscar os operandos (valores – dados) sob os quais a operação será realizada. Esses dados, normalmente, estão armazenados nas memórias próximas ao processador e de acesso rápido (registradores e memória cache L1);
- **execução:** quando o processador tem todos os dados necessários para a execução da instrução, a mesma é executada. Ela consiste em algum tipo de operação lógica-aritmética, como, por exemplo, somar dois números, calcular um valor lógico entre dois números. Em casos específicos, esse estágio pode não fazer nada com o dado. Isso acontece quando as operações são de leitura ou escrita de dados na memória, que é realizada no próximo estágio;
- **armazenamento de resultados:** após a instrução ser executada, o resultado da operação é armazenado na memória ou nos registradores, para posterior acesso por uma nova instrução. A operação que será realizada depende do tipo de instrução decodificada no segundo estágio. Adicionalmente, existem operações que não requerem a execução desse estágio, como, por exemplo, as instruções de desvio, onde a escrita ocorre no contador de programa do processador.

VOCÊ QUER LER?

Apenas dois tipos de componentes são necessários para desempenhar as funções básicas de um computador: as portas lógicas, que implementam uma função lógica ou booleana, e células de memória, que podem armazenar um valor binário, em um bit. Ficou curioso para saber mais? Leia mais em *Arquitetura e Organização de Computadores*, de W. Stallings, publicado pela Pearson.

Os estágios descritos acima são os básicos para a execução de qualquer tipo de instrução. No entanto, de acordo com Hennessy e Patterson (2012), os processadores atuais implementam mais estágios de execução, dividindo esses em estágios menores com o intuito de acelerar o processamento da instrução e aproveitar melhor os componentes de *hardwares* disponíveis.

Interno ao processador, encontram-se as unidades de controle e lógica/aritmética. A unidade de controle é responsável por interpretar as instruções e pela transferência de dados entre CPU e memórias próximas (registradores e memória cache L1). Basicamente, ela controla a execução de instruções, garantindo a manipulação correta dos dados e execução do programa. Por outro lado, a unidade lógica e aritmética é responsável por computar os dados.

1.4.2 Noções da dinâmica entre os componentes

A dinâmica entre os componentes de *hardware* determina como os dados são transferidos da memória para o processador e como os dados e instruções são executados.

A memória pode ser definida como uma lista de células, em que cada uma possui um endereço sequencialmente numerado capaz de armazenar uma determinada quantidade de informação. Tal informação pode ser uma instrução a ser executada ou dados utilizados na execução das instruções e programas. Conforme vimos, a memória pode ser classificada em volátil e não volátil (STALLINGS, 2009).

As memórias são organizadas de acordo com seu tamanho e velocidade de acesso, onde, quanto menor for a sua capacidade e mais rápida ela for, mais próxima do processador estará situada. Essa organização é conhecida como hierarquia de memória e é representada como uma tabela ou pirâmide que faz relação entre os tipos de memória encontrados no computador, conforme mostrado na figura a seguir.

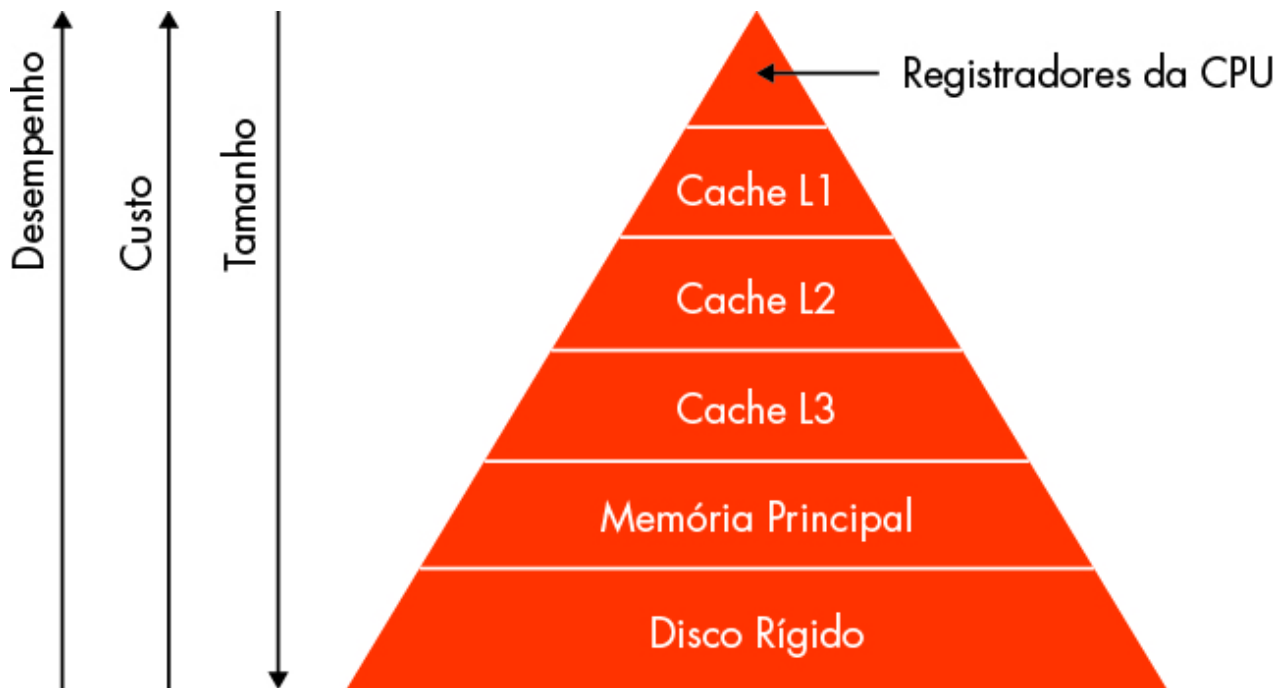


Figura 6 - Quanto mais próxima da base da pirâmide, mais lento será o acesso aos dados e maior será a capacidade de armazenamento. Fonte: Elaborada pelo autor, baseado em JACOB, 2007.

Os componentes apresentados na figura são abordados em profundidade a seguir.

- **Registradores:** são memórias internas ao processador, com a função de armazenar os dados que estão sendo utilizados pela ULA durante a execução das instruções. É considerada o primeiro nível de armazenamento no sistema de memória. Os dados presentes nos registradores são acessados de maneira instantânea pelo processador.
- **Memória *cache*:** localizada entre a memória principal e o processador, sua principal função é otimizar o acesso aos dados e instruções provenientes dos dispositivos de armazenamento e memória principal. Com o objetivo de ser rápida e passar a impressão de possuir grande espaço de armazenamento de dados, as memórias *caches* baseiam-se em dois princípios básicos: localidade espacial e temporal. No primeiro, considera-se que, quando um dado for acessado, os itens contíguos na memória também venham a ser acessados. Já na localidade temporal, quando um item de memória é acessado, há a possibilidade de que esse item possa ser novamente acessado dentro de um curto período de tempo. Conforme (HENESSY, 2012), o sistema de memória *cache* é, ainda, dividido em níveis: a *cache L1* é o primeiro nível, que recebe requisições diretamente do núcleo do processador. Ela tem por objetivo armazenar os dados/instruções da janela atual de execução da aplicação para que possam ser acessados rapidamente. Por outro lado, as *caches L2* e *L3*, que

representam o segundo e terceiro nível, respectivamente, permitem aumentar a disponibilidade dos dados/instruções sem comprometer o desempenho da aplicação.

CASO

Para entendermos melhor a importância da organização hierárquica de memória no sistema computacional, vamos considerar a execução de um programa qualquer. Inicialmente, os dados relacionados ao programa (instruções e informações) estão armazenadas na memória secundária (SSD, HD etc.). Quando o usuário inicia a execução do programa, as instruções e dados necessários não estão armazenados nos níveis de memória *cache* e principal, e sim na memória secundária. Portanto, o primeiro passo é “buscar” esses dados na memória secundária e “trazê-los” para memórias mais próximas do processador: as instruções são copiadas para a memória *cache* de instruções e os dados para a memória *cache* de dados. Enquanto o programa está executando, as instruções e dados relacionados a ele, tendem a ficar armazenadas nos níveis da memória *cache*, seguindo os princípios de localidade espacial e temporal. Quando o programa é finalizado, as informações que estão nos primeiros níveis da hierarquia são substituídos por dados de outros programas. Obviamente, o processo acima é bem mais complexo e demanda um conhecimento aprofundado em arquitetura de computadores para entendê-lo a fundo.

- **Memória Principal:** conhecida como memória RAM (*Random Access Memory* – memória de acesso aleatório), é a responsável pelo armazenamento temporário dos programas e respectivos dados que estão em execução. A quantidade de memória RAM disponível num sistema tem grande influência no desempenho do computador, já que, quanto maior for o seu tamanho, mais dados temporários podem ser armazenados, sem a necessidade de acessar as mídias de armazenamento permanente. O tempo de acesso aos dados presentes na memória principal depende de vários fatores (tecnologia, frequência de operação, tamanho etc.). No entanto, ela é aproximadamente 50 vezes mais lenta que a memória *cache L1*, na média.
- **Memória Secundária (disco rígido, SSD):** o último nível da hierarquia é composto por mídias de armazenamento permanente (não volátil).

VOCÊ SABIA?

Que a memória é considerada uma das principais limitadoras de desempenho dos sistemas computacionais? Isso acontece porque, enquanto a velocidade dos processadores tende a dobrar a cada 18 meses conforme a Lei de *Moore*, a velocidade de acesso aos dados presentes na memória não aumenta na mesma proporção. Assim, a hierarquia de memória é utilizada para reduzir esse impacto no desempenho de aplicações.

Vimos as características e funcionalidades dos principais componentes internos de um computador. No entanto, os componentes não funcionam de maneira solitária, isto é, eles devem se comunicar entre si, trocando informações (dados e instruções). Essa comunicação é realizada através dos barramentos (unidirecionais ou bidirecionais), definidos como linhas de comunicações, que podem ser um condutor elétrico ou uma fibra óptica.

Os barramentos são categorizados de acordo com o tipo de componente que ele conecta: o barramento do **processador** conecta as unidades internas do processador e envia sinais para outros componentes; o barramento da **memória cache** é responsável por proporcionar ao processador o rápido acesso aos dados contidos na *cache*; o barramento da **memória principal** liga a memória principal ao processador; o barramento de **entrada e saída** é responsável pela comunicação das *interfaces* e periféricos conectados a placa-mãe (PCI, VGA, AGP, USB, entre outros) com o processador; e, por fim, o barramento de **dados**, que transporta informação das instruções, dados de processamento e informação de periféricos de entrada e saída. (BROOKSHEAR, 2013)

Síntese

Concluimos este capítulo de introdução aos principais componentes da computação e sua história. Agora, você já conhece como os computadores estão organizados internamente e sabe características importantes dos principais componentes encontrados nos computadores.

Neste capítulo, você teve a oportunidade de:

- acompanhar a evolução histórica dos sistemas computacionais, desde a era medieval até os dias atuais;
- aprender os conceitos básicos da computação e o objetivo de cada componente de um computador;
- identificar a utilização dos dispositivos de entrada e saída;
- relacionar as unidades de armazenamento com a quantidade de dados e informações que elas podem armazenar;
- identificar os principais componentes da arquitetura interna de um computador e compreender a importância de cada um para um sistema computacional;
- aprender que o sistema de memória é um dos principais limitadores de desempenho dos computadores atuais.

Referências bibliográficas

AKYIL, L., BRESHEARS, C., CORDEN, M., et. al. **The Intel Guide for Developing Multithreaded Applications**. Intel, Junho, 2015.

ANDRADE, F. S.; OLIVEIRA, A. S. **Sistemas Embarcados – Hardware e Firmware na Prática**. São Paulo: Érica, 2006.

BROOKSHEAR, J. G. **Ciência da computação: uma visão abrangente**. 11. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

BURKE, M. Piratas da informática [filme]. Direção e roteiro Martyn Burke. Produção TNT. 1h37min. Estados Unidos, 1999.

CARVALHO, A. C. P. L. de; LORENA, A. C. **Introdução à computação - hardware, software e dados**. São Paulo: LTC, 2016.

HENNESSY, J. L; PATTERSON, D. A.: **Arquitetura de computadores: uma abordagem quantitativa**. 5. ed. Oxford: Morgan Kaufmann, 2012.

JACOB, B. et al. **Memory systems: cache, dram, disk**. Oxford: Morgan Kaufmann, 2007.

JI, J.; WANG, C.; ZHOU, X.. System-Level Early Power Estimation for Memory Subsystem in Embedded Systems. **Fifth IEEE International Symposium on Embedded Computing**, Beijing, China, out. 2008.

LORENZON, A. F., BECK, M.. R.; BECK, A. C. S. **Desafios de Sistemas Embarcados Multicore Modernos:** da Plataforma de Hardware à Programação. Escola Regional de Alto Desempenho, Sociedade Brasileira de Computação, 2016.

PERES, R. D. F.; Enrico Giulio Franco Polloni; Fernando E. **Introdução à Ciência da Computação.** 2. ed. Cengage Learning Editores, 06/2013.

STALLINGS, W. **Arquitetura e Organização de Computadores.** 8. ed. São Paulo: Pearson, 2009.

