

# Variáveis e Memória

## Revisão

---

Estudamos, na Introdução, que programas de computador implementam algoritmos, os quais manipulam um conjunto de dados para produzir um resultado. O algoritmo é formado por uma seqüência de instruções que são executadas na ordem especificada, salvo por instruções de desvio. Para executar cada instrução, exceto instruções de desvio, o algoritmo consulta dados armazenados na memória, realiza algum processamento sobre alguns dados e, por fim, armazena novamente o resultado na memória. No caso de instruções de desvio, o algoritmo consulta dados armazenados na memória e determina qual deve ser a nova instrução a executar.

Este funcionamento dos programas motiva o estudo da memória do computador, na qual é realizado o armazenamento dos dados manipulados pelo algoritmo.

## Conceitos

---

A memória pode ser entendida como uma seqüência de células nas quais se pode armazenar um valor correspondente a um dado. Para fins didáticos, consideramos memórias com um número ilimitado de células. Na prática, os computadores atuais costumam apresentar algumas centenas de milhões de células, ou mesmo bilhões de células.

Como as células estão organizadas seqüencialmente, atribui-se à elas um número correspondente a sua **posição** na seqüência, contando a partir do zero. Este número denomina-se **endereço da célula**. A manipulação dos endereços de memória será estudada mais para o final do curso.

Cada <b>célula de memória</b> é caracterizada pelo seu <b>endereço</b> e seu <b>conteúdo</b> .
--

Uma célula de memória armazena um único valor (conteúdo), que é representado por uma seqüência de bits. Um *bit* nada mais é que um dos valores 0 ou 1. A uma seqüência de 8 bits dá-se o nome de *byte*. Usualmente, cada célula da memória é formada por um byte, ou 8 bits. Significa dizer que um byte é a menor quantidade de bits que podem ser endereçados individualmente na memória do computador. Assim, um computador com M posições de memória vai dispor de M células, de 8 bits cada uma, onde poderá armazenar valores de dados. Numa única operação de leitura ou escrita, o computador poderá endereçar cada uma dessas M células individualmente, mas não poderá endereçar, ou acessar, apenas partes de uma delas em operações de leitura e escrita.

Um byte pode representar um número, um caractere (letra), ou outro objeto, como veremos oportunamente. Eventualmente, quando for necessário armazenar um valor relativamente grande, por exemplo, um número com muitos dígitos, poderá surgir a necessidade de se utilizar mais de uma célula consecutiva da memória para armazenar o dado.

O armazenamento nas células é volátil (não permanente). Se ocorrer alguma falha no computador ou cessar a alimentação elétrica, o seu conteúdo é perdido.

## Operações sobre a memória

A memória permite dois tipos de operações: **leitura** e **escrita**. Sempre precisamos indicar o endereço da célula sobre qual desejamos realizar a operação.

A primeira delas, a **leitura**, localiza a célula correspondente ao endereço desejado e consulta o valor armazenado nesta célula. Após a leitura, a célula continua com o valor original que estava armazenado antes de se executar esta operação. Note que a leitura retorna o conteúdo de uma cela de memória. Se o dado estiver contido em mais de uma célula, então todas as células onde está armazenado o dado devem ser consultadas para que se possa recuperar o valor correto do dado.

A **escrita** trabalha com um endereço e um valor. De forma semelhante à leitura, a escrita localiza a célula no endereço desejado, e em seguida substitui o conteúdo da mesma pelo novo valor. Durante este processo, o conteúdo anterior da célula é perdido de forma irreversível. De forma semelhante à leitura, se o dado ocupar mais de uma célula, então todas as celas associadas a ele devem ser adequadamente escritas para que o novo valor do dado seja corretamente armazenado na memória.

### Processamento de um programa

Essencialmente, para executar um algoritmo, o computador repete o seguinte ciclo:

- 1) Decodifica a instrução a ser executada.
- 2) Obtém um ou mais valores da memória, utilizando operações de leitura.
- 3) Realiza algum tipo de processamento sobre os dados consultados na memória. Como consequência, é gerado um novo valor.
- 4) Efetua uma escrita para armazenar o resultado em uma célula da memória.

Quando se tratar de uma operação de desvio, mais raras, no passo 3 o computador determina qual é a próxima instrução a ser executada e passa a executá-la, iniciando novamente no passo 1. Se não for uma instrução de desvio, o computador simplesmente repete a partir do passo 1 com a próxima instrução na seqüência dada.

Um programa nada mais faz que **manipular valores** que estão **armazenados nas células da memória**. O efeito final do programa é dado pelo **conteúdo final** das células de memória que ele manipula.

### Exemplo

Vamos relembrar o algoritmo de Euclides que calcula o MDC (máximo divisor comum), apresentado na Introdução. Veja ao lado. No início, temos dois números, que são dados como entrada para o algoritmo. Portanto, estes dois números devem ser armazenados cada um em uma célula de memória. Assumiremos que o primeiro número será armazenado na célula de endereço 1 e o segundo número

- 1) **Leia** um número e escreva na célula 1
- 2) **Leia** um número e escreva na célula 2
- 3) **Divida** o valor da célula 1 pelo valor da célula 2. Guarde o quociente na célula 3 e o resto na célula 4.
- 4) **Se** o valor da célula 4 for 0 (zero), então **mostre** o valor da célula 2 e **PARE**.
- 5) **Escreva** na célula 1 o valor da célula 2.
- 6) **Escreva** na célula 2 o valor da célula 4.
- 7) **Retorne** ao passo 3.

**Algoritmo 1 - MDC usando endereços de células de memória**

na célula de endereço 2. A Figura 1 mostra como os valores são armazenados nas células de memória.

No terceiro passo, calculamos o quociente e o resto da divisão do primeiro número, *i.e.*, do valor armazenado no endereço 1, pelo segundo número, *i.e.*, pelo valor armazenado no endereço 2. Como não desejamos perder o valor destes dois números, precisamos escrever o quociente e o resto obtidos em novas células de memória. No exemplo, guardamos o quociente e o resto, respectivamente, nas células de endereço 3 e 4.



Finalmente, antes do algoritmo continuar a execução, note que a próxima operação de divisão espera que os números estejam nas células de endereço 1 e 2. Por este motivo, precisamos copiar, respectivamente, o quociente (que está na célula de endereço 3) para a célula de endereço 1 e o resto (que está na célula de endereço 4) para a célula de endereço 2.

**Desafio:** É possível reescrever este algoritmo de forma a utilizar menos células de memória durante o processamento? Quais seriam as vantagens e desvantagens de reduzir o número de células utilizadas por um algoritmo?

## Discussão sobre células de memória

A princípio, qualquer algoritmo poderia ser descrito utilizando-se apenas operações sobre células da memória. Para isso, basta associar cada um dos valores manipulados pelo algoritmo a uma célula de memória. Cada instrução do algoritmo é acompanhada pelos endereços das células onde estão localizados os dados, conforme foi exemplificado no Algoritmo 1.

Esta forma complicada introduz um nível desnecessário de complexidade referente à tecnologia de armazenamento de dados no computador, mas não enriquece a descrição do algoritmo. Em particular, essa descrição só vai funcionar quando esse algoritmo, ao executar, puder dispor exatamente das células de memória cujos endereços referencia em seu código. E, se na próxima execução desse algoritmo essas células não estiverem todas disponíveis, *i.e.*, estiverem sendo utilizadas por algum outro programa? Durante o desenvolvimento de um programa, é praticamente impossível prever quais posições de memória estarão disponíveis no início da execução do programa. Além disso, existem outros programas em execução simultânea, e eles poderiam potencialmente acessar as mesmas células de memória que queremos também usar, gerando conflitos.

O uso de endereços fixos de memória também torna-se impraticável para algoritmos mais longos, pois será muito difícil para o programador associar manualmente cada dado a uma célula de memória. Muito menos ainda para uma equipe de programadores. Erros comuns ocorrem quando um programador acidentalmente confunde o significado de duas células de memória. Além disso, introduzir modificações em um algoritmo ou realizar alguma manutenção no código torna-se uma tarefa muito penosa.

Ademais, nem todos os dados podem ser acomodados em uma única célula de memória. Por exemplo, números muito grandes podem exigir duas ou mais células. Neste caso, o programador precisa lidar manualmente com estas situações excepcionais.

Por este motivo, as linguagens de programação criaram o conceito de **variáveis** para abstrair a complexidade do endereçamento das células de memória. Lembre-se que a motivação de utilizar linguagens de programação foi encontrar uma *forma simples* de representar algoritmos e que não dependa do funcionamento particular e específico de cada computador.

## Variáveis

---

A variável é uma abstração da noção de célula de memória.

Imagine agora que o programador, ao invés de utilizar os endereços físicos da memória para identificar as células que usa, tenha à sua disposição **rótulos simbólicos** com nomes intuitivos. Ao invés de utilizar o endereço (posição da célula na memória), o valor em questão é identificado através desse rótulo (ou nome) simbólico, escolhido com auxílio do bom senso do programador. Sempre que for necessário referir-se a algum dado, o programador utiliza o *rótulo* associado à variável correspondente.

O compilador fica responsável por criar, automaticamente, uma tabela cuja coluna 1 contém todos os rótulos usados no programa. Além disso, nas demais colunas, o compilador indica em que posições do programa cada rótulo é usado. Esta tabela permite com que o computador --- mais precisamente, o sistema operacional que controla o computador --- logo antes de executar o programa escolha livremente quais células físicas da memória estão livres e podem, portanto, ser associadas a cada um dos nomes simbólicos que estão na coluna 1 da tabela. Uma célula está livre se não foi bloqueada para uso de nenhum outro programa, nesse instante. Tendo associado células livres a cada rótulo usado pelo programa, e bloqueado estas células, o computador simplesmente percorre as demais colunas da tabela e substitui os rótulos simbólicos usados pelo programador por esses endereços físicos de memória. É claro que essas células escolhidas devem ser bloqueadas para uso apenas do nosso programa por todo o tempo que perdure sua execução. Quando nosso programa terminar, as células associadas aos nomes simbólicos que usou são liberadas pelo computador, e ficam livres para serem utilizadas por outros programas.

Todo esse trabalho de associação e bloqueio de células de memória logo antes da execução do programa, e desbloqueio ao seu término, é feito automaticamente e de forma transparente pelo compilador em conjunto com o sistema operacional (num processo conhecido como *carga do programa*). O programador fica completamente livre desses detalhes, pois usa apenas os rótulos simbólicos ao escrever seu código na linguagem de programação.

Uma célula de memória, quando identificada por um rótulo, será denominada uma **variável**. Ao invés de pensar na memória como uma seqüência longa de células, podemos entender a memória como um repositório que contém o conjunto das variáveis associadas ao nosso programa.

Cada <b>variável</b> é caracterizada pelo seu <b>rótulo</b> e seu <b>conteúdo</b> .
---

### Exemplo

Vamos rever o algoritmo de Euclides que calcula o MDC (máximo divisor comum), apresentado na Introdução, desta vez utilizando variáveis. Ele começa lendo dois números,

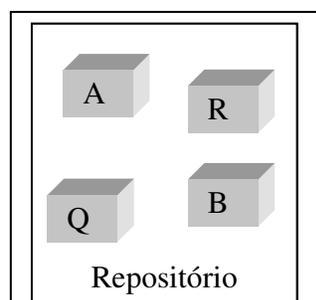
que são dados como entrada para o algoritmo. Portanto, estes dois números devem ser armazenados em duas variáveis, que decidimos chamar de A e B. Não é mais necessário nos preocuparmos com a posição exata que esses dados vão ocupar na memória. A Figura 2 mostra a representação abstrata da memória.

No terceiro passo, o algoritmo calcula o quociente e o resto da divisão dos dois números (identificados pelas variáveis A e B). Como não desejamos perder o valor destes dois números, precisamos escrever o quociente e o resto em novas variáveis, que foram chamadas, respectivamente, de Q e R. Finalmente, antes do algoritmo repetir o ciclo,

- 1) **Leia** um número e armazene na **variável A**.
- 2) **Leia** um número e armazene na **variável B**.
- 3) **Divida** o valor da variável A pelo valor da variável B. Guarde o quociente na **variável Q** e o resto na **variável R**.
- 4) **Se** o valor da variável R for 0 (zero), então **mostre** o valor da variável B e **PARE**.
- 5) **Copie** o conteúdo da variável B para a variável A.
- 6) **Copie** o conteúdo da variável R para a variável B.
- 7) **Retorne** ao passo 3.

**Algoritmo 2 - MDC usando variáveis**

note que a próxima divisão espera que os dois números sobre os quais vai novamente operar estejam nas variáveis A e B. Por este motivo, precisamos copiar, respectivamente, o quociente (que está na variável Q) para a variável A e o resto (que está na variável R) para a variável B.



**Figura 2 - Variáveis na memória**

**Desafio:** É possível reescrever este algoritmo de forma a utilizar menos variáveis. Como? Quais seriam as vantagens e desvantagens de reduzir o número de variáveis? Compare a importância e a dificuldade da redução do número de células de memória com a redução do número de variáveis.