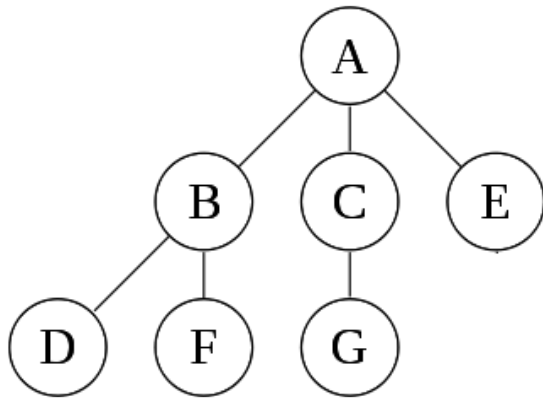


Árvore (estrutura de dados)



Representação simples de uma árvore. O nodo A, a raiz, tem como filhos diretos: B, C, E e filhos indiretos: D, F e G. B, C e E são irmãos, assim como D e F.

Árvore, no contexto da programação, engenharia de software e ciência da computação, é uma das mais importantes estruturas de dados não lineares^[1]. Herda as características das topologia em árvore. Conceitualmente diferente das listas, em que os dados se encontram numa sequência, nas árvores os dados estão dispostos de forma hierárquica^[2], seus elementos se encontram “acima” ou “abaixo” de outros elementos da árvore^[1].

São estruturas eficientes e simples em relação ao tratamento computacional, diferentemente dos grafos^[3]. Há inúmeros problemas no mundo real que podem ser modelados e resolvidos através das árvores. Estruturas de pastas de um sistema operacional, interfaces gráficas, bancos de dados e sites da internet são exemplos de aplicações de árvores^[1].

Uma árvore é formada por um conjunto de elementos que armazenam informações chamados **nodos** (ou **nós**)^{[2][4]}. Toda a árvore possui o elemento chamado **raiz**, que possui ligações para outros elementos denominados ramos ou filhos. Estes ramos podem estar ligados a outros elementos que também podem possuir outros ramos. O elemento que não possui ramos é conhecido como **nó folha**, nó terminal ou nó externo^[2].

Uma terminologia muito utilizada nas estruturas de árvores tem origem das árvores genealógicas. O relacionamento entre nodos é descrito com os termos “pai” (ou “mãe”) para os antecessores diretos de um nodo, “filhos” (ou “filhas”) para os descendentes diretos e “irmãos” (ou “irmãs”) para todos os nodos com mesmo pai^{[1][2]}.

1 Definições básicas

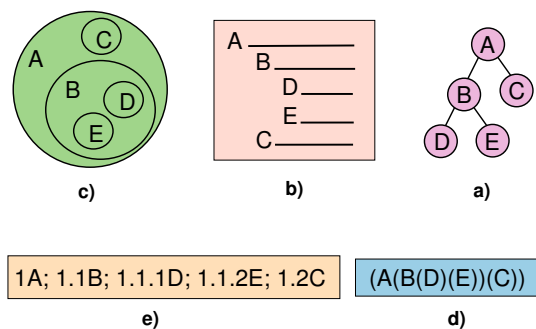
1.1 Definição formal de árvore

Formalmente, definimos uma árvore T como um conjunto finito de zero ou mais nodos tal que^[3]:

- se o número de nodos = 0, temos uma árvore vazia, ou
- se o número de nodos > 0
 - existe um nó especialmente denominado raiz de T
 - os nós restantes formam $m \geq 0$ conjuntos disjuntos p_1, p_2, \dots, p_m , cada um desses conjuntos é uma árvore em si, chamada subárvore da raiz de T , ou simplesmente subárvore.

O número máximo de filhos em um nodo é chamado *ordem* da árvore. Uma **árvore binária** é aquela de ordem 2, i.e., em que cada elemento possui no máximo 2 filhos.

2 Representação



Diferentes representações de uma árvore: a) hierárquica, b) diagrama de barras, c) diagrama de inclusão, d) aninhamento e e) numeração por níveis

Há diversas formas de representação de uma árvore: hierárquica, diagrama de inclusão, diagrama de barras, numeração por níveis, por aninhamento.

A **hierárquica** é parecida com um **organograma** de uma empresa, linhas unem dois nodos e indicam o relacionamento lógico entre eles. Tradicionalmente desenha-se a raiz na parte superior e todos os nodos subordinados na parte inferior, mas o contrário também é possível^[4]. Na figura ao lado, o item (a) é um exemplo desta representação.

Diagrama de inclusão, um círculo representa cada nodo e seus nodos descendentes são inseridos dentro do círculo de seus pais. Também conhecida como **diagrama de Venn**, é muito utilizada na representação de conjuntos^[3]. O item (c) da figura ao lado mostra a árvore do item (a) usando diagrama de inclusão.

Em um **diagrama de barras**, linhas são usadas para mostrar a hierarquia dos nodos. A raiz possui a linha de maior tamanho e os nodos irmãos possuem linhas de tamanhos iguais. Método bastante utilizado na criação de índices de livros^[3]. É similar à **indentação** usada em linguagens de programação^[2]. O item (b) da imagem ao lado indica como seria a árvore do item (a) usando essa representação.

Usando **numeração por níveis** o nodo raiz recebe o número um e todos os nodos seguintes recebem uma numeração sequencial, sempre antecidos pela numeração de seus nodos superiores^[3]. Item (e) da figura à direita representa a árvore (a) com representação por níveis.

Na representação por **aninhamento**, também conhecida por “representação por parênteses aninhados”, a sucessão de parênteses reproduz as relações entre os nodos, aninhando um nodo filho ao seu pai^[2]. Como exemplo temos o item (d) da imagem ao lado representando a árvore (a).

3 Algoritmos

Uma das operações importantes consiste em percorrer cada elemento da árvore uma única vez. Esse percurso, também chamado de **travessia** da árvore, pode ser feito em **pré-ordem** (os filhos de um nó são processados após o nó) ou em **pós-ordem** (os filhos são processados antes do nó). Em **árvores binárias** é possível ainda fazer uma travessia **em-ordem**, em que se processa o filho à esquerda, o nó, e finalmente o filho à direita.

O **algoritmo** abaixo descreve uma travessia *pré-ordem*:
 PercursoPreordem(nó): Processa nó Para cada filho de nó (se houver) Executa recursivamente PercursoPreordem(filho)

Outra operação utilizada nas **árvores de pesquisa** é a travessia da raiz até uma das folhas. Essa operação tem um custo computacional proporcional ao número de níveis da árvore. O *pior caso* é a travessia de todos os elementos até a folha de nível mais baixo. Árvores balanceadas apresentam o melhor *pior caso* possível, para um certo número de nós. O *pior caso* apresenta-se na **árvore degenerada** em

que cada nó possui exatamente um filho, e a árvore tem o mesmo número de níveis que de nós, assemelhando-se a uma **lista ligada**.

4 Referências

- [1] Goodrich, Michael T.; Tamassia, Roberto (2013). *Estruturas de Dados e Algoritmos em Java 5ª ed.* (Porto Alegre: Bookman). ISBN 978-85-8260-018-4.
- [2] Edelweiss, Nina; Galante, Renata (2009). *Estruturas de Dados*. Série Livros Didáticos Informática UFRGS **18** (Porto Alegre: Bookman). ISBN 978-85-7780-381-1.
- [3] Szwarcfiter, Jayme Luiz; Markenzon, Lilian (2014). *Estruturas de Dados e seus Algoritmos 3ª ed.* (Rio de Janeiro: LTC). ISBN 978-85-216-1750-1.
- [4] Celes, Waldemar; Cerqueira, Renato; Rangel, José L. (2004). *Introdução a estruturas de dados: com técnicas de programação em C* (Rio de Janeiro: Elsevier). ISBN 85-352-1228-0.

5 Ver também

- **Árvore binária**
- **Árvore de busca binária**
- **Árvore AVL**
- **Árvore ordenada**
- **Árvore rubro-negra**
- **Árvore 2-3**
- **Árvore 2-3-4**
- **Árvore B**
- **Árvore B+**
- **Árvore hiperbólica**
- **Topologia em árvore**

6 Ligações externas

- **QMatica.com** (em inglês) - Site interativo sobre AVL (árvores balanceadas por altura)

7 Fontes dos textos e imagens, contribuidores e licenças

7.1 Texto

- **Árvore (estrutura de dados)** *Fonte:* [https://pt.wikipedia.org/wiki/%C3%81rvore_\(estrutura_de_dados\)?oldid=46456294](https://pt.wikipedia.org/wiki/%C3%81rvore_(estrutura_de_dados)?oldid=46456294) *Contribuidores:* LeonardoG, LeonardoRob0t, Alexg, Nuno Tavares, Fabiogramos, Nabla, Luís Felipe Braga, LijeBot, Dpc01, Luiz Jr, SaintCahier, JAnDbot, Wbrito, Maxtremus, Lcharallo, Ricvelozo, TXiKiBoT, Gunnex, AlleborgoBot, Firmo, Niteshadow, RadiX, Pietro Roveri, !Silent, Maurício I, Lucas-bot, ArthurBot, Xqbot, RibotBOT, Phillipe Israel, D'ohBot, EmausBot, MerlIwBot, Minsbot, Lu's351, JYBot, Addbot, Dewrys e Anónimo: 25

7.2 Imagens

- **Ficheiro:Commons-logo.svg** *Fonte:* <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4a/Commons-logo.svg> *Licença:* Public domain *Contribuidores:* This version created by Pumbaa, using a proper partial circle and SVG geometry features. (Former versions used to be slightly warped.) *Artista original:* SVG version was created by User:Grunt and cleaned up by 3247, based on the earlier PNG version, created by Reidab.
- **Ficheiro:Farm-Fresh_application_osx_terminal.png** *Fonte:* https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/13/Farm-Fresh_application_osx_terminal.png *Licença:* CC BY 3.0 us *Contribuidores:* <http://www.fatcow.com/free-icons/> *Artista original:* FatCow Web Hosting
- **Ficheiro:Sorting_quicksort_anim.gif** *Fonte:* https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6a/Sorting_quicksort_anim.gif *Licença:* CC-BY-SA-3.0 *Contribuidores:* originally upload on the English Wikipedia *Artista original:* Wikipedia:en>User:RolandH
- **Ficheiro:Symbol_question.svg** *Fonte:* https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e0/Symbol_question.svg *Licença:* Public domain *Contribuidores:* ? *Artista original:* ?
- **Ficheiro:Tree.example.png** *Fonte:* <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/93/Tree.example.png> *Licença:* CC BY 3.0 *Contribuidores:* Remix of `` *Artista original:* user Miles
- **Ficheiro:Tree_structure_representation.svg** *Fonte:* https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/54/Tree_structure_representation.svg *Licença:* CC BY-SA 4.0 *Contribuidores:* Obra do próprio *Artista original:* Dewrys
- **Ficheiro:Wikibooks-logo.svg** *Fonte:* <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fa/Wikibooks-logo.svg> *Licença:* CC BY-SA 3.0 *Contribuidores:* Obra do próprio *Artista original:* User:Bastique, User:Ramac et al.
- **Ficheiro:Wikiversity-logo.svg** *Fonte:* <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/91/Wikiversity-logo.svg> *Licença:* CC BY-SA 3.0 *Contribuidores:* Snorky (optimized and cleaned up by verdyp) *Artista original:* Snorky (optimized and cleaned up by verdyp)

7.3 Licença

- Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0