



# Anhanguera

*Aqui o seu esforço  
ganha força.*



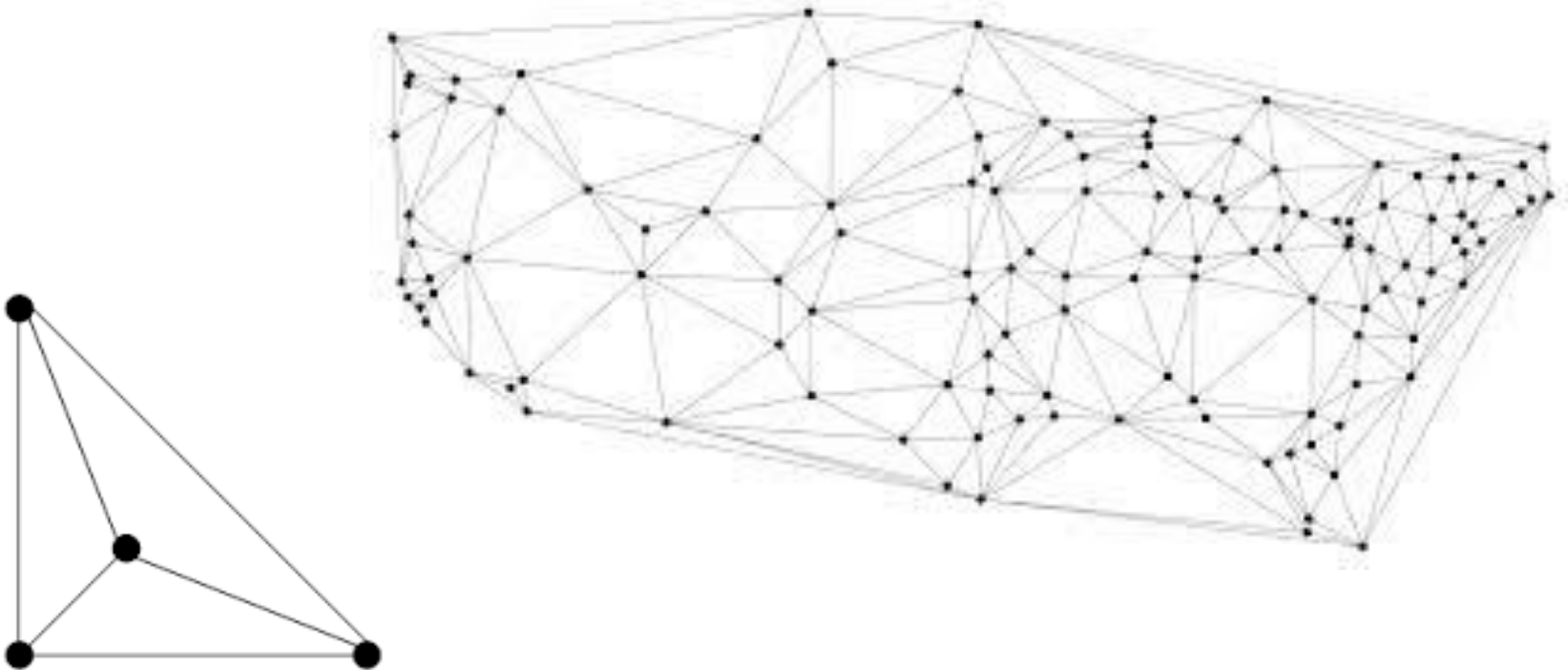
Anhanguera

# Grafos

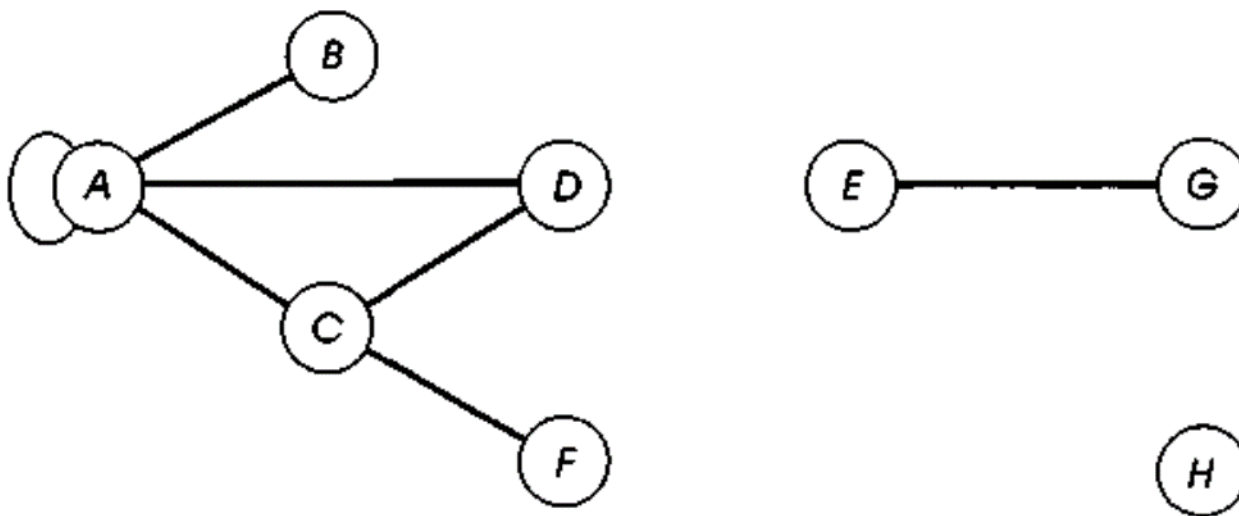
Prof. Esp. Rodrigo Hentz



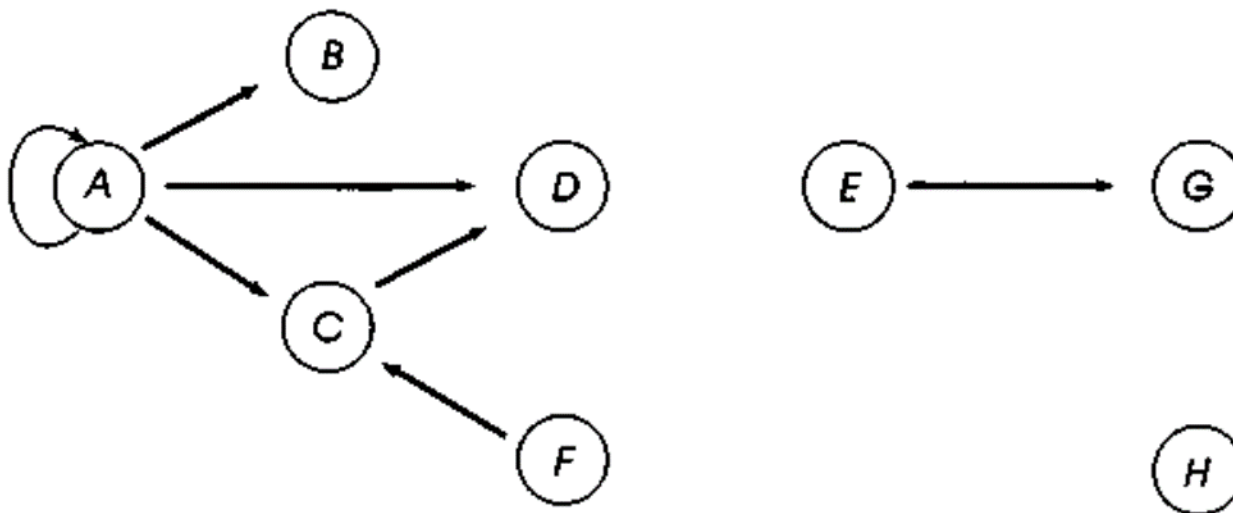
- Nesta aula examinaremos uma nova estrutura de dados: o grafo.
- Definiremos alguns dos termos associados aos grafos e mostraremos como implementá-los em C.



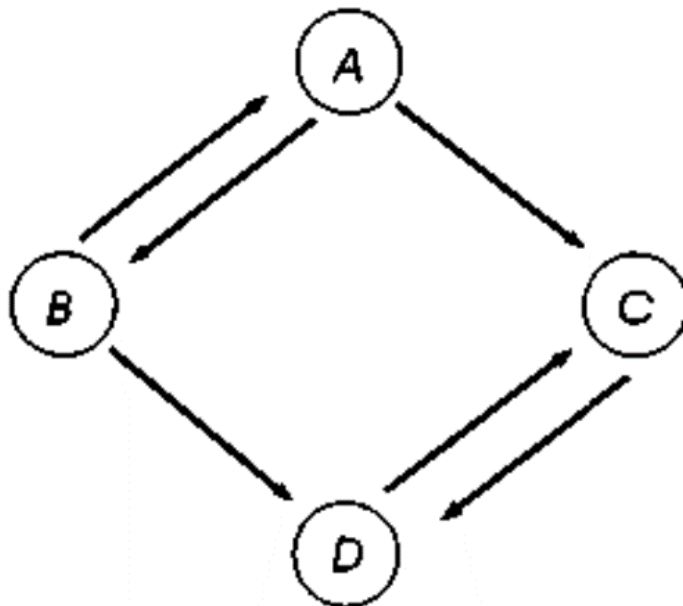
- Um grafo é a representação gráfica de um determinado problema e consiste em um conjunto de **nós** (ou **vértices**) e em um conjunto de **arcos** (ou **arestas**). Cada **arco** em um grafo é especificado por um **par de nós**.
- Em uma sequência de nós  $\{A,B,C,D,E,F,G,H\}$ , o conjunto de **arcos** é  $\{(A,B), (A,D), (A,C), (C,D), (C,F), (E,G), (A,A)\}$ .



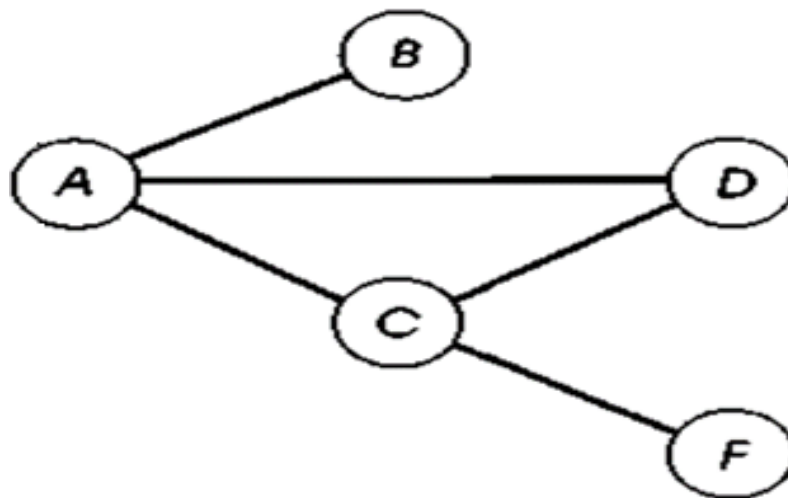
- Se os **pares de nós** que formam os **arcos** forem pares ordenados, diz-se que o grafo é um **grafo orientado** (ou **dígrafo**). As setas entre os nós representam arcos. O conjunto de arcos do grafo abaixo é  $\{ \langle A, B \rangle, \langle A, C \rangle, \langle A, D \rangle, \langle C, D \rangle, \langle F, C \rangle, \langle E, G \rangle, \langle A, A \rangle \}$ .



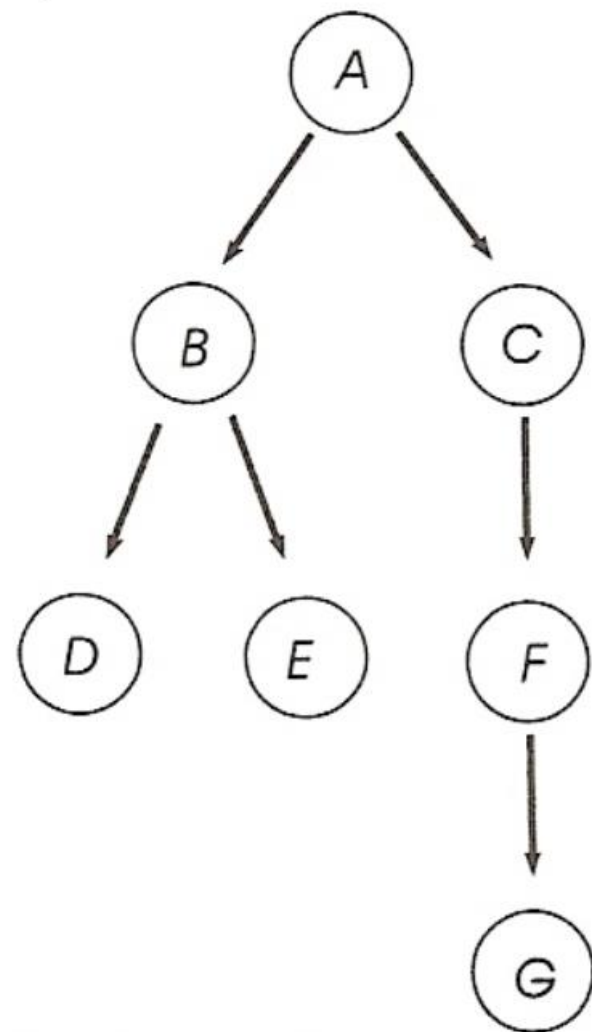
- O **grau** de um nó é o número de arcos incidentes nesse nó. O **grau de entrada** de um nó  $n$  é o número de arcos que têm  $n$  como ponto de destino, e o **grau de saída** de  $n$  é o número de arcos que têm  $n$  como ponto de saída.
- No grafo abaixo o nó  $A$  tem **grau 3**, **grau de entrada 1** e **grau de saída 2**.



- Um nó  $n$  será **adjacente** a um nó  $m$  se existir um arco de  $m$  até  $n$ . Se  $n$  for adjacente a  $m$ ,  $n$  será chamado de **sucessor** de  $m$  e  $m$  será um **predecessor** de  $n$ .
- Abaixo o nó  $A$  é **adjacente** de  $B$ ,  $C$  e  $D$ .  $\{(A,B), (A,D), (A,C)\}$
- O nó  $A$  é chamado de **sucessor**.
- Os nós  $B$ ,  $C$  e  $D$  são **predecessores**.



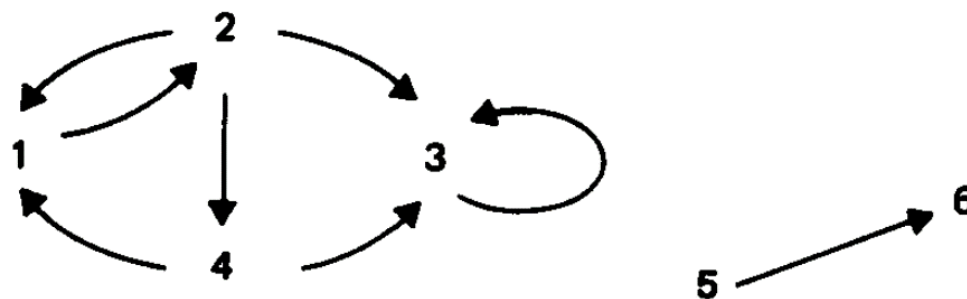
- Um caminho é a **sequência de arcos e nós** percorridos com o objetivo de ligar dois nós não adjacentes.
- No grafo ao lado (A,B), (B,D) é o **caminho** que liga o nó **A** ao nó **D**.
- No grafo ao lado (A,C), (C,F), (F,G) é o **caminho** que liga o nó **A** ao nó **G**.



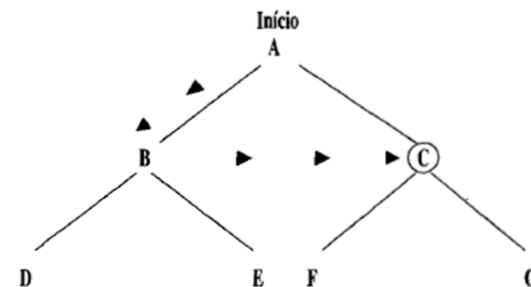
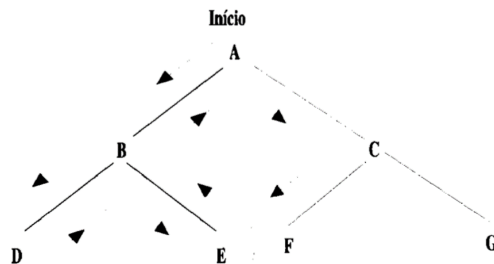


- Uma forma de se representar grafos é através de uma matriz de adjacência. Um grafo pode ser representado pela matriz de adjacência  $A$ , tal que, **se existir aresta de  $i$  a  $j$ , então:  $A[i, j] = 1$  e 0 caso contrário.** Levar em consideração o número de vértices (nós) para a matriz.

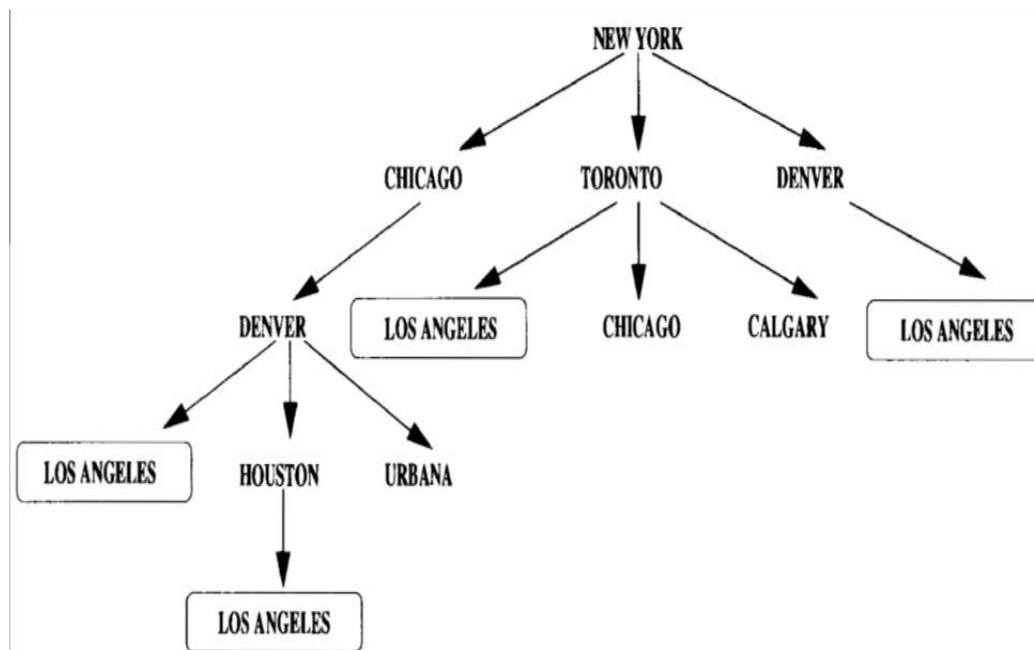
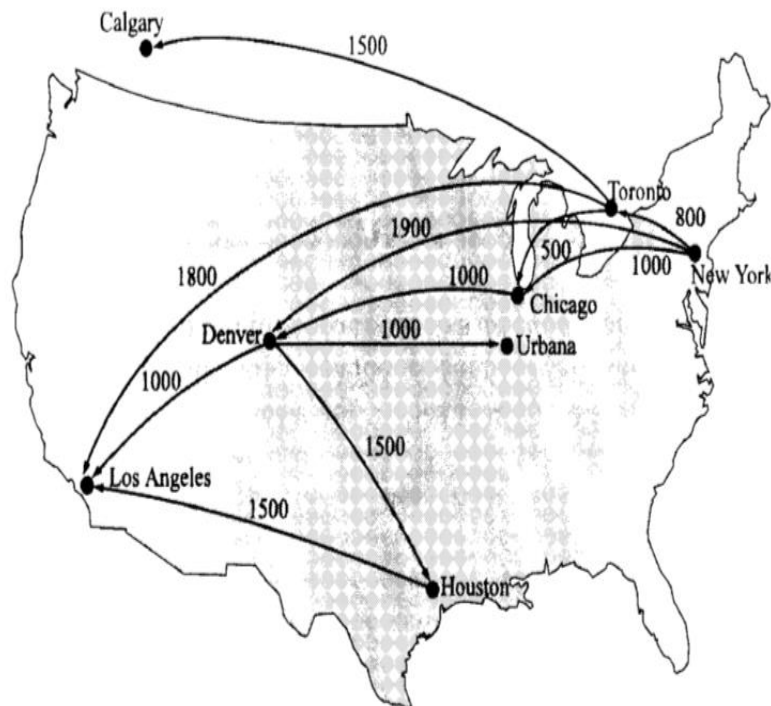
	1	2	3	4	5	6
1	0	1	0	0	0	0
2	0	0	1	1	0	0
3	0	0	1	0	0	0
4	1	0	1	0	0	0
5	0	0	0	0	0	1
6	0	0	0	0	0	0



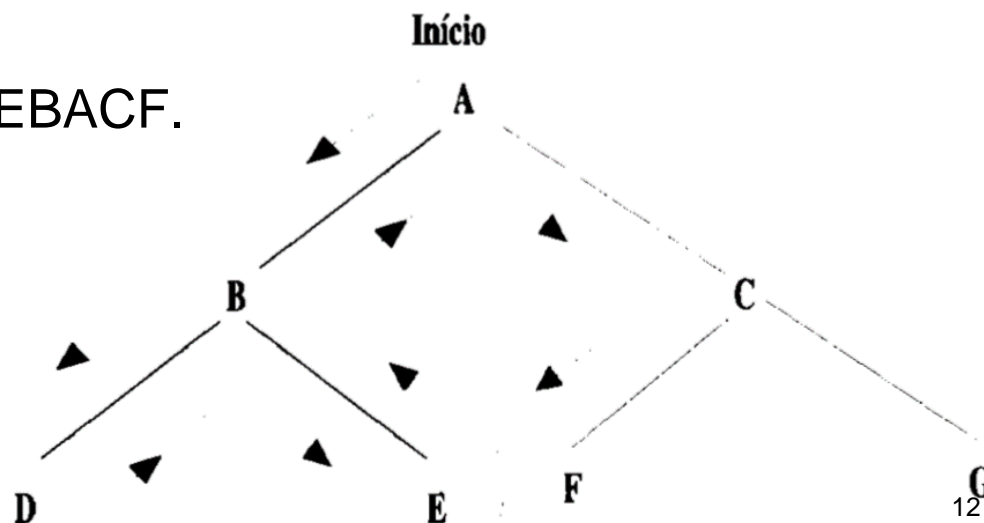
- As mais comuns e as mais importantes técnicas de pesquisa em grafos são:
  - Pesquisa de profundidade primeiro (ou caminhamento em profundidade)
  - Pesquisa de extensão primeiro (ou caminhamento em amplitude)
  - Pesquisa de menor custo (ou menor caminho)



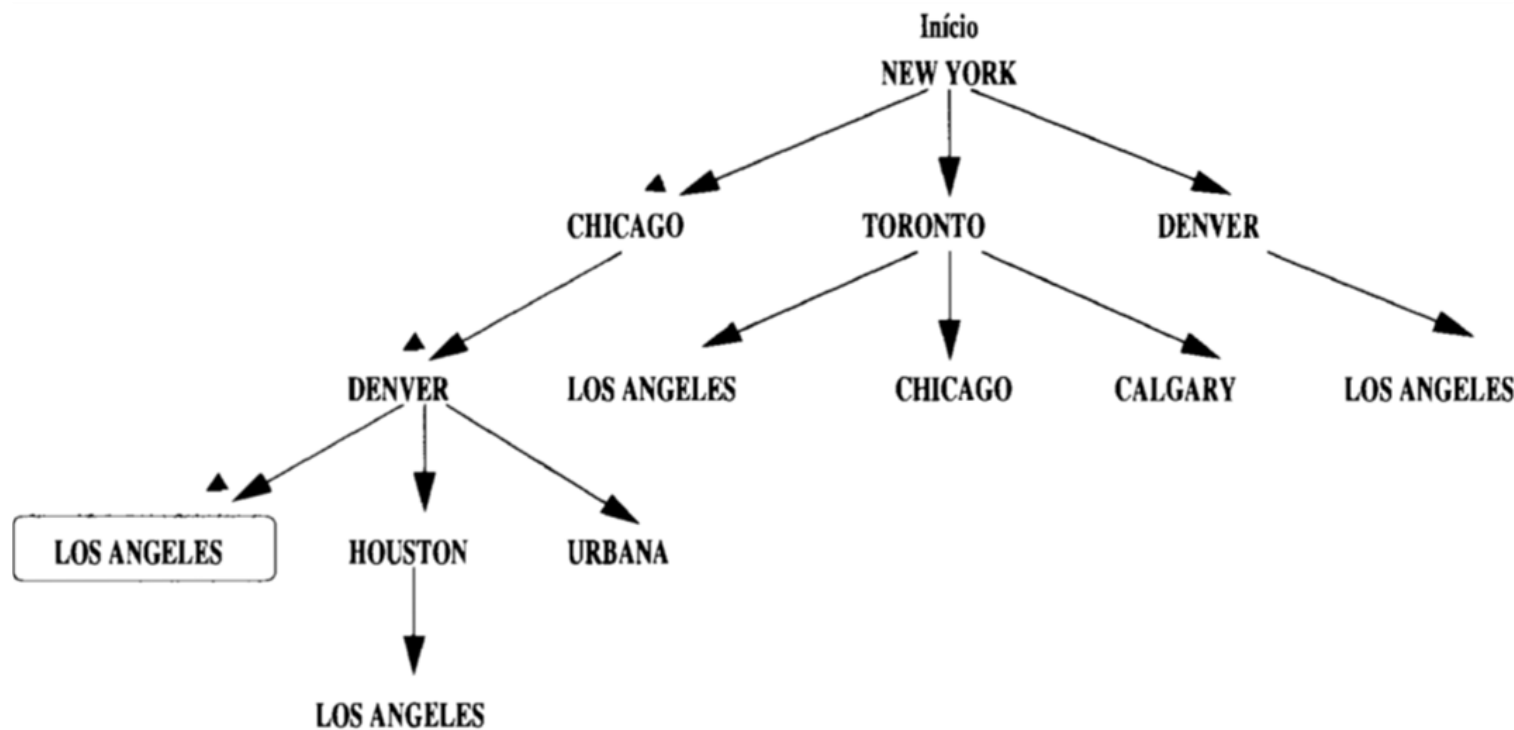
- Utilizaremos como exemplo um grafo para determinarmos o melhor caminho para um voo utilizando a representação abaixo, utilizando como meta o destino Los Angeles.



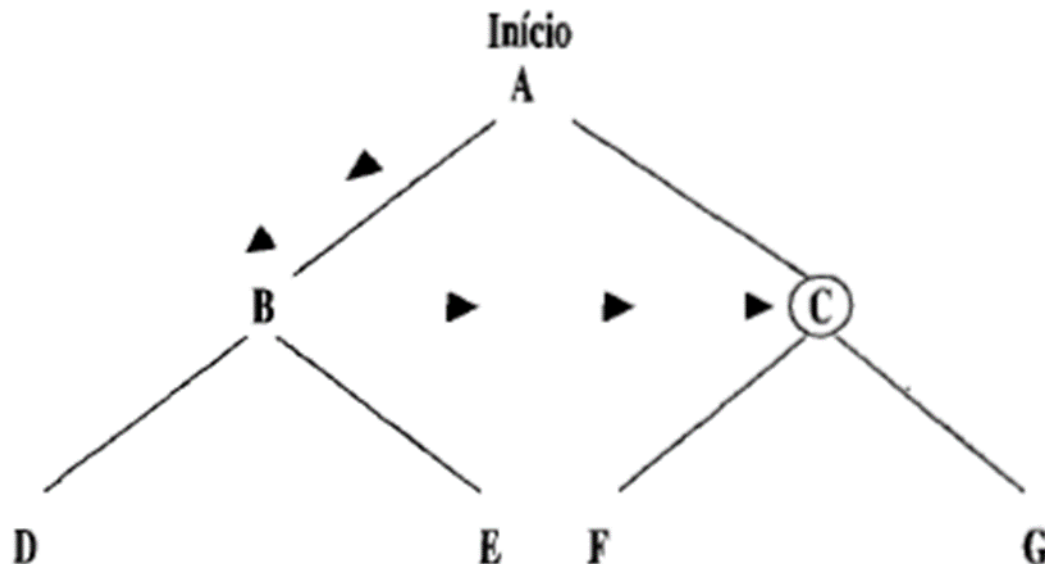
- A pesquisa de profundidade primeiro explora cada caminho possível até a conclusão antes que outro caminho seja tentado. Para exemplificar considere a árvore a seguir onde F é a meta. O percurso vai pela esquerda até que um nó terminal seja encontrado. Se for encontrado o percurso volta um nível, vai a direita, em seguida a esquerda e continua até que a meta ou um nó terminal seja encontrado.
- Caminho percorrido ABDBEBACF.



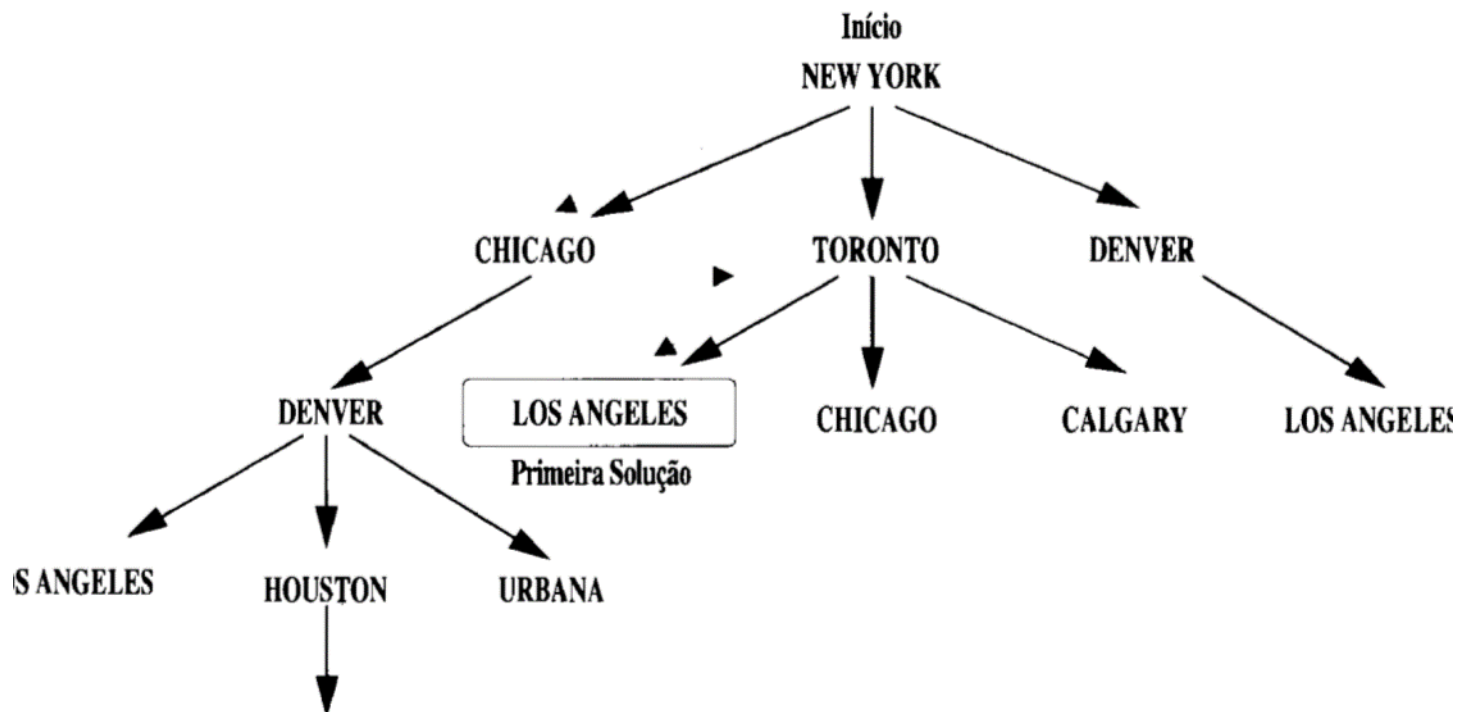
- No exemplo da rota para Los Angeles o caminho percorrido por esta forma de pesquisa seria: New York para Chicago, depois para Denver e depois para Los Angeles.



- Neste método cada nó pertencente ao mesmo nível é verificado antes que a pesquisa prossiga para o próximo nível.
- No caso do grafo abaixo tendo como meta o nó C o percurso seria:  
ABC



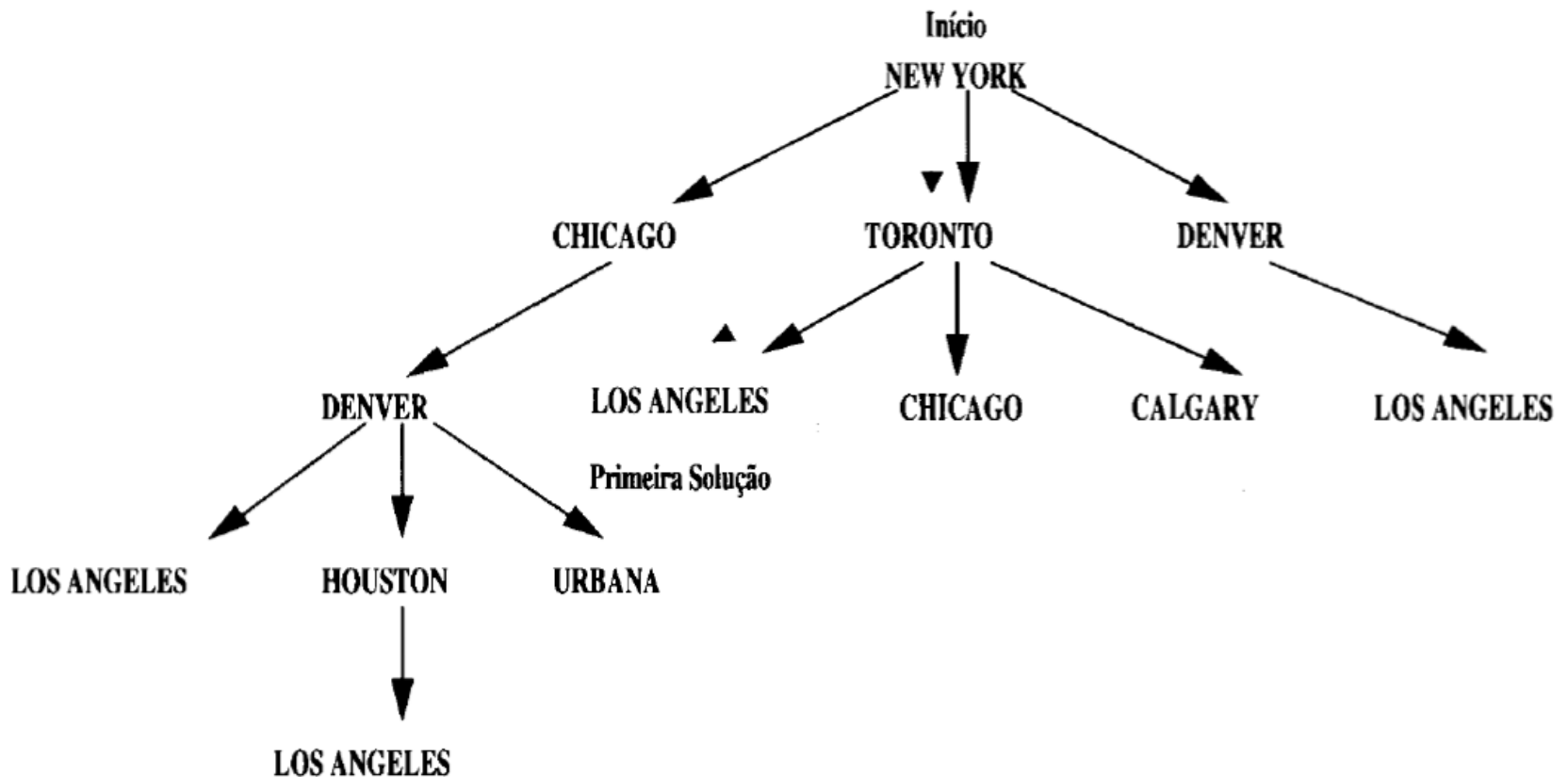
- No exemplo da rota para Los Angeles o caminho percorrido por esta forma de pesquisa seria: New York para Chicago, depois para Toronto e finalmente para Los Angeles.



- A pesquisa de menor custo toma o caminho de menor resistência para chegar a meta. No nosso exemplo dos voos implica o voo de conexão mais curto, de forma que a rota encontrada tem uma boa chance de cobrir a menor distância.



- No exemplo da rota para Los Angeles o caminho percorrido por esta forma de pesquisa seria: New York para Toronto e depois para Los Angeles



- Como foi demonstrado, as pesquisas podem em alguns casos ser mais eficientes do que outras, levando em consideração a ordem das informações inseridas. Neste caso é importante encontrar mais de uma solução para o problema.
- Existem diversas maneiras de gerar mais de uma solução, mas trataremos de duas delas. A primeira é a remoção de percurso e a segunda é a remoção de um nó.

- O método de remoção de percurso remove todos os nós que formam uma solução atual do banco de dados e, então, tenta encontrar outra solução. Em resumo, a remoção de percurso corta galhos da árvore.
- Solução 1: New York -> Chicago -> Denver -> Los Angeles  
3.000
- Solução 2: New York -> Toronto -> Los Angeles  
2.600
- Solução 3: New York -> Denver -> Los Angeles  
2.900

- O método de remoção de nó simplesmente remove o último nó do percurso da solução atual e tenta novamente fazer o percurso.
- Solução 1: New York -> Chicago -> Denver -> Los Angeles  
3.000
- Solução 2: New York -> Chicago -> Denver -> Houston -> Los Angeles  
5.000
- Solução 3: New York -> Toronto -> Los Angeles  
2.600



# Anhanguera

*Aqui o seu esforço  
ganha força.*