



UNIVERSIDADE
FEDERAL DO CEARÁ

CAMPUS DE RUSSAS

Algoritmos em Grafos

Aula 11: Busca em Grafos(Largura)

Professor Pablo Soares

2022.1

Sumário

1. Busca em Profundidade(**últimas aulas**)
 - a. Identificação de ciclo;
 - b. Ordenação Topológicas
 - c. Componentes Conexas
2. Busca em
 - a. Aplicações
 - b. Introdução
 - c. Algoritmo

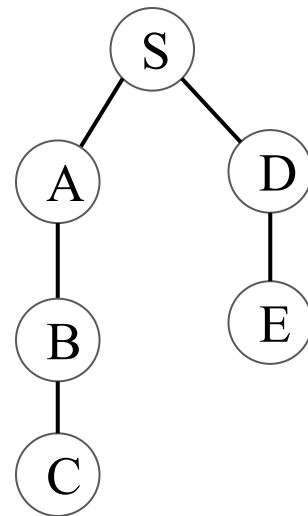
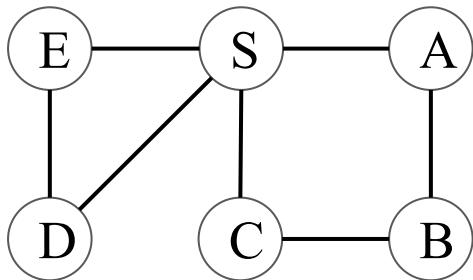
Busca em Grafos - Aplicações

1. Algoritmos Clássicos
 - a. Busca em Profundidade;
 - b. Busca em Largura;
 - i. Com adaptações
 1. Árvore geradora mínima
 - a. Prim
 - b. Kruskal
 2. Caminho mínimo
 - a. Dijkstra
 - b. Bellman-Ford

Relembrando

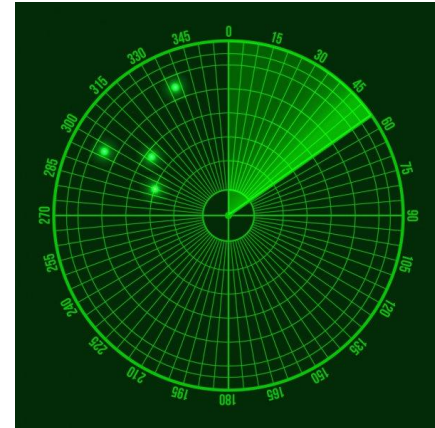
1. Busca em Profundidade

- Identifica todos os vértices que podem ser alcançados a partir de um ponto inicial;
- Encontra caminho entre vértices.



Pensamento....

*O que essas duas
figuras possuem em
comum?*



Introdução

1. Busca em Largura (*breadth-first search - BFS*)
 - a. Algoritmo simples da área de grafos;
 - b. Busca guiada de nível em nível;
 - i. Expande a fronteira entre os vértices descoberto uniformemente ao longo da extensão;
 - c. Produz uma “**Árvore Primeiro na Extensão**”.
 - i. Calcula a distância do menor número de arestas;
 - ii. De um vértice raiz até todos os vértices do grafo;
 - Ou seja, caminho mais curto.

Introdução

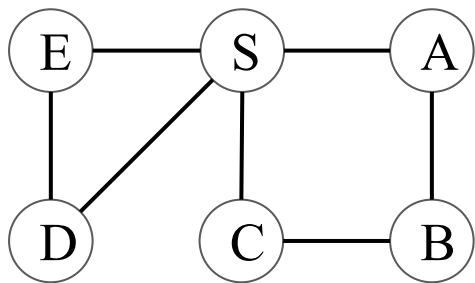
1. **Árvore Primeiro na Extensão**

- a. Contém inicialmente apenas a raiz;
- b. Ao descobrir um vértice “ v ” pela primeira vez através da lista de adjacência de um vértice “ u ” **já descoberto**;
 - i. “ v ” e (u, v) são adicionados na árvore primeiro na extensão;
 - “ u ” é **predecessor** ou **pai** de “ v ”.
 - ii. Como um vértice é descoberto **no máximo** uma vez
 - este só possui um pai.
- c. Ancestral
 - i. Se “ u ” está no caminho na árvore a partir da raiz “ s ” até o vértice “ v ”
 - “ u ” é ancestral de “ v ”, e “ v ” é um descendente de “ u ”.

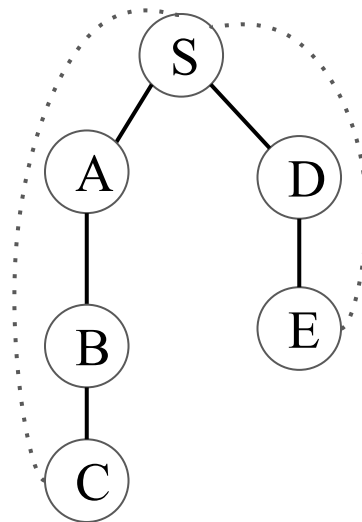
Introdução

Tanto o **DFS** quanto o **BFS** funcionam em grafos orientados e não orientados.

Grafo G

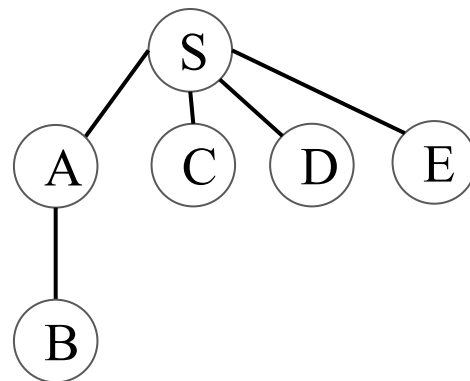


DFS



Árvore de Busca




BFS



Árvore Primeiro na Extensão

Busca em Largura

1. Vetor de cores

- a. **Vértice Branco**: Ainda não visitado.... 
- b. **Vértice Cinza**: Visitado, mas nem todos os adjacentes foram inseridos na FILA; 
- c. **Vértice Preto**: Visitado, e todos seus adjacentes já foram inseridos na FILA (não necessariamente visitados). 

Busca em Largura

Legenda para descoberta e finalização



Vértice desconhecido

a  Vértice encontrado, representa a **fronteira** entre conhecidos e desconhecidos.

c  Vértice encontrado, com fecho positivo totalmente visitado

- *vetor cor[a]*: indica atingibilidade;
- *vetor d[a]*: indica a distância desde a origem $d(s, \mathbf{a})$ em arestas;
- *vetor $\pi[a]$* : indica o vértice predecessor de **a** (pai);
- *Q*: indica da FILA (FIFO), ponto chave do algoritmo.

Busca em Largura

● Pseudocódigo

BFS(G,s)

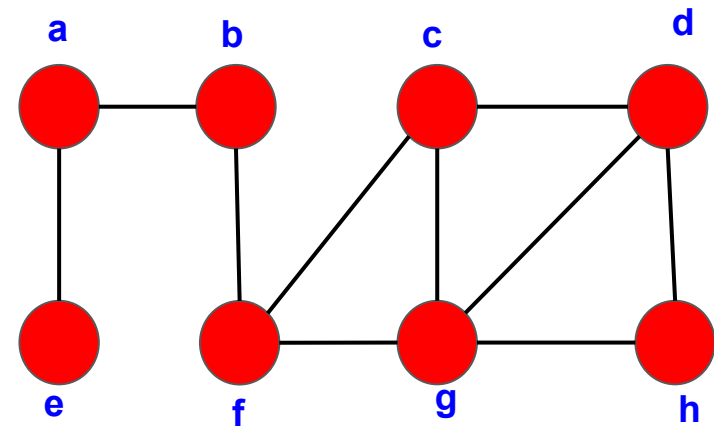
1. **para cada** vértice $u \leftarrow V[G]$
 2. $cor[u] \leftarrow \text{BRANCO}$, $d[u] \leftarrow \infty$, $\pi[u] \leftarrow \text{NULL}$
 3. **fimpara**
 4. $cor[s] \leftarrow \text{CINZA}$, $d[s] \leftarrow 0$, $\pi[s] \leftarrow \text{NULL}$
 5. $Q \leftarrow \text{novaFila}()$
 6. $\text{ENFILEIRA}(Q, s)$
 7. **enquanto** $Q \neq \text{vazio}$
 8. $u \leftarrow \text{DESENFILEIRA}(Q)$
 9. **para cada** vértice $v \in L.\text{adj}(u)$
 10. **se** $cor[v] = \text{BRANCO}$
 11. $cor[v] \leftarrow \text{CINZA}$, $\pi[v] \leftarrow u$
 12. $d[v] \leftarrow d[u] + 1$
 13. $\text{ENFILEIRA}(Q, v)$
 14. **fimse**
 15. **fimpara**
 16. $cor[u] \leftarrow \text{PRETO}$
 17. **fimenquanto**
- Fim.*

BFS(G,s)

```

1. para cada vértice  $u \leftarrow V[G]$ 
2.    $cor[u] \leftarrow \text{BRANCO}$ ,  $d[u] \leftarrow \infty$ ,  $\pi[u] \leftarrow \text{NULL}$ 
3. fimpara
4.  $cor[s] \leftarrow \text{CINZA}$ ,  $d[s] \leftarrow 0$ ,  $\pi[s] \leftarrow \text{NULL}$ 
5.  $Q \leftarrow \text{novaFila}()$ 
6. ENFILEIRA(Q, s)
7. enquanto Q  $\neq$  vazio
8.    $u \leftarrow \text{DESENFILEIRA}(Q)$ 
9.   para cada vértice  $v \in L.adj(u)$ 
10.    se  $cor[v] = \text{BRANCO}$ 
11.       $cor[v] \leftarrow \text{CINZA}$ ,  $\pi[v] \leftarrow u$ 
12.       $d[v] \leftarrow d[u] + 1$ 
13.      ENFILEIRA(Q, v)
14.    fimse
15.  fimpara
16.   $cor[u] \leftarrow \text{PRETO}$ 
17. fimenquanto
Fim.

```



	a	b	c	d	e	f	g	h
d:								
π :								

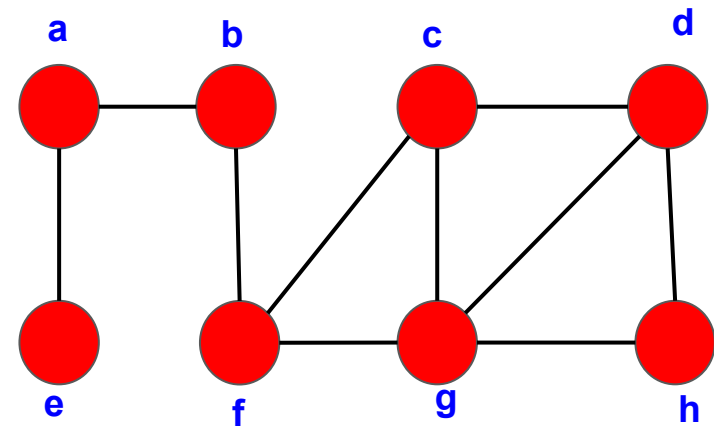
Variáveis do código:

$s \leftarrow b$

u

BFS(G, s)

```
1. para cada vértice  $u \leftarrow V[G]$ 
2.    $cor[u] \leftarrow \text{BRANCO}$ ,  $d[u] \leftarrow \infty$ ,  $\pi[u] \leftarrow \text{NULL}$ 
3. fimpara
4.  $cor[s] \leftarrow \text{CINZA}$ ,  $d[s] \leftarrow 0$ ,  $\pi[s] \leftarrow \text{NULL}$ 
5.  $Q \leftarrow \text{novaFila}()$ 
6.  $\text{ENFILEIRA}(Q, s)$ 
7. enquanto  $Q \neq \text{vazio}$ 
8.    $u \leftarrow \text{DESENFILEIRA}(Q)$ 
9.   para cada vértice  $v \in L.\text{adj}(u)$ 
10.    se  $cor[v] = \text{BRANCO}$ 
11.       $cor[v] \leftarrow \text{CINZA}$ ,  $\pi[v] \leftarrow u$ 
12.       $d[v] \leftarrow d[u] + 1$ 
13.       $\text{ENFILEIRA}(Q, v)$ 
14.    fimse
15.  fimpara
16.   $cor[u] \leftarrow \text{PRETO}$ 
17. fimenquanto
Fim.
```



	a	b	c	d	e	f	g	h
d:								
π :								

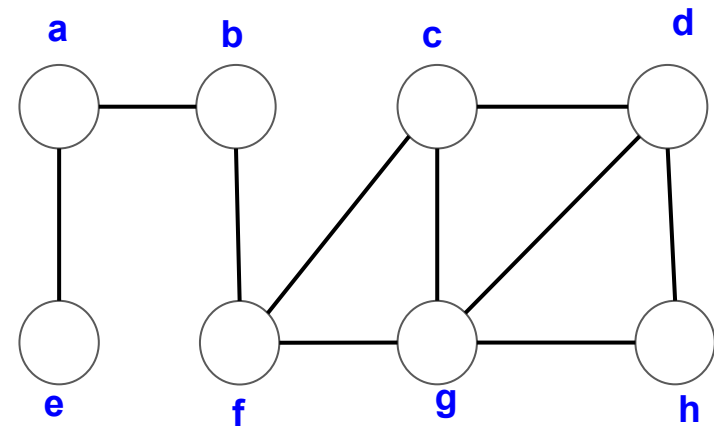
Variáveis do código:

$s \leftarrow b$

u

BFS(G, s)

```
1. para cada vértice  $u \leftarrow V[G]$ 
2.    $cor[u] \leftarrow \text{BRANCO}$ ,  $d[u] \leftarrow \infty$ ,  $\pi[u] \leftarrow \text{NULL}$ 
3. fimpara
4.  $cor[s] \leftarrow \text{CINZA}$ ,  $d[s] \leftarrow 0$ ,  $\pi[s] \leftarrow \text{NULL}$ 
5.  $Q \leftarrow \text{novaFila}()$ 
6.  $\text{ENFILEIRA}(Q, s)$ 
7. enquanto  $Q \neq \text{vazio}$ 
8.    $u \leftarrow \text{DESENFILEIRA}(Q)$ 
9.   para cada vértice  $v \in L.\text{adj}(u)$ 
10.    se  $cor[v] = \text{BRANCO}$ 
11.       $cor[v] \leftarrow \text{CINZA}$ ,  $\pi[v] \leftarrow u$ 
12.       $d[v] \leftarrow d[u] + 1$ 
13.       $\text{ENFILEIRA}(Q, v)$ 
14.    fimse
15.  fimpara
16.   $cor[u] \leftarrow \text{PRETO}$ 
17. fimenquanto
Fim.
```



	a	b	c	d	e	f	g	h
d:								
π :								

Variáveis do código:

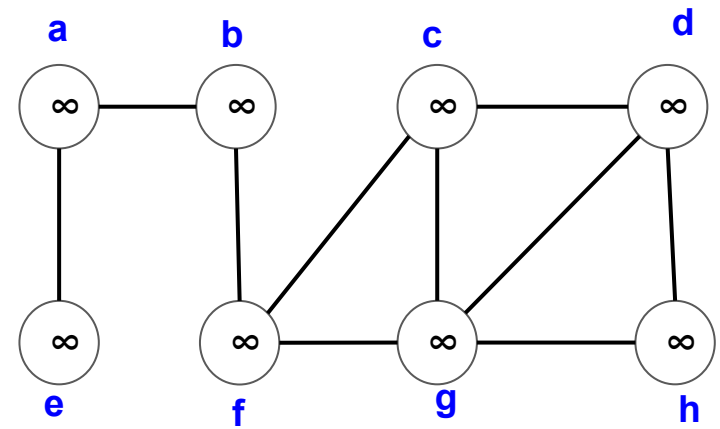
$s \leftarrow b$

u

BFS(G, s)

```

1. para cada vértice  $u \leftarrow V[G]$ 
2.    $cor[u] \leftarrow \text{BRANCO}$ ,  $d[u] \leftarrow \infty$ ,  $\pi[u] \leftarrow \text{NULL}$ 
3. fimpara
4.  $cor[s] \leftarrow \text{CINZA}$ ,  $d[s] \leftarrow 0$ ,  $\pi[s] \leftarrow \text{NULL}$ 
5.  $Q \leftarrow \text{novaFila}()$ 
6.  $\text{ENFILEIRA}(Q, s)$ 
7. enquanto  $Q \neq \text{vazio}$ 
8.    $u \leftarrow \text{DESENFILEIRA}(Q)$ 
9.   para cada vértice  $v \in L.\text{adj}(u)$ 
10.    se  $cor[v] = \text{BRANCO}$ 
11.       $cor[v] \leftarrow \text{CINZA}$ ,  $\pi[v] \leftarrow u$ 
12.       $d[v] \leftarrow d[u] + 1$ 
13.       $\text{ENFILEIRA}(Q, v)$ 
14.    fimse
15.  fimpara
16.   $cor[u] \leftarrow \text{PRETO}$ 
17. fimenquanto
  Fim.
  
```



	a	b	c	d	e	f	g	h
d:	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
π:								

Variáveis do código:

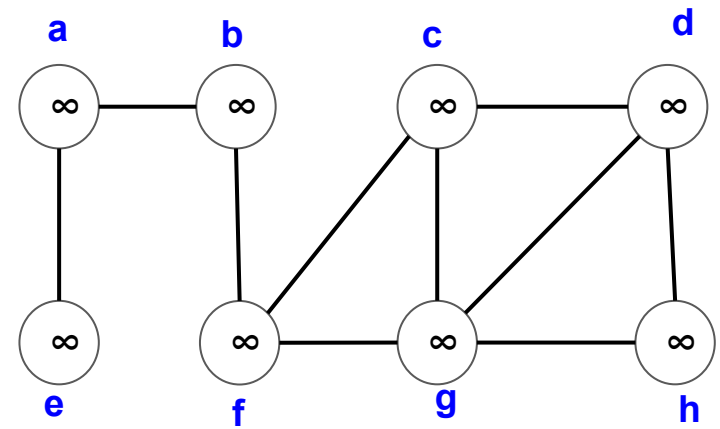
$s \leftarrow b$

u

BFS(G, s)

```

1. para cada vértice  $u \leftarrow V[G]$ 
2.    $cor[u] \leftarrow \text{BRANCO}$ ,  $d[u] \leftarrow \infty$ ,  $\pi[u] \leftarrow \text{NULL}$ 
3. fimpara
4.  $cor[s] \leftarrow \text{CINZA}$ ,  $d[s] \leftarrow 0$ ,  $\pi[s] \leftarrow \text{NULL}$ 
5.  $Q \leftarrow \text{novaFila}()$ 
6.  $\text{ENFILEIRA}(Q, s)$ 
7. enquanto  $Q \neq \text{vazio}$ 
8.    $u \leftarrow \text{DESENFILEIRA}(Q)$ 
9.   para cada vértice  $v \in L.\text{adj}(u)$ 
10.    se  $cor[v] = \text{BRANCO}$ 
11.       $cor[v] \leftarrow \text{CINZA}$ ,  $\pi[v] \leftarrow u$ 
12.       $d[v] \leftarrow d[u] + 1$ 
13.       $\text{ENFILEIRA}(Q, v)$ 
14.    fimse
15.  fimpara
16.   $cor[u] \leftarrow \text{PRETO}$ 
17. fimenquanto
  Fim.
  
```



	a	b	c	d	e	f	g	h
d:	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
π:	N	N	N	N	N	N	N	N

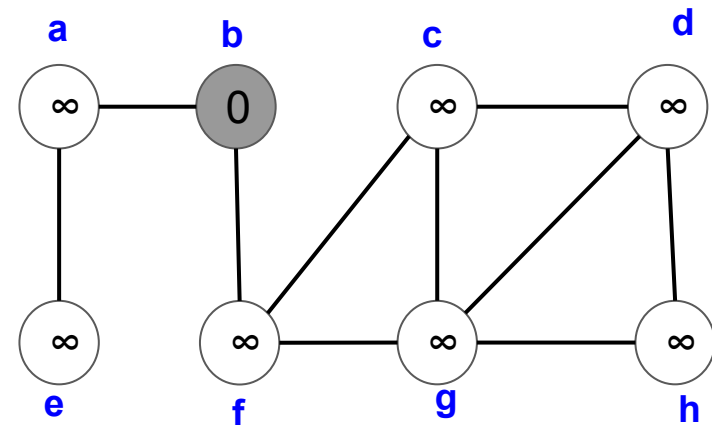
Variáveis do código:

$s \leftarrow b$

u

BFS(G,s)

1. **para cada** vértice $u \leftarrow V[G]$
 2. $cor[u] \leftarrow \text{BRANCO}$, $d[u] \leftarrow \infty$, $\pi[u] \leftarrow \text{NULL}$
 3. **fimpara**
 4. $cor[s] \leftarrow \text{CINZA}$, $d[s] \leftarrow 0$, $\pi[s] \leftarrow \text{NULL}$
 5. $Q \leftarrow \text{novaFila}()$
 6. $\text{ENFILEIRA}(Q, s)$
 7. **enquanto** $Q \neq \text{vazio}$
 8. $u \leftarrow \text{DESENFILEIRA}(Q)$
 9. **para cada** vértice $v \in L.\text{adj}(u)$
 10. **se** $cor[v] = \text{BRANCO}$
 11. $cor[v] \leftarrow \text{CINZA}$, $\pi[v] \leftarrow u$
 12. $d[v] \leftarrow d[u] + 1$
 13. $\text{ENFILEIRA}(Q, v)$
 14. **fimse**
 15. **fimpara**
 16. $cor[u] \leftarrow \text{PRETO}$
 17. **fimenquanto**
- Fim.*



	a	b	c	d	e	f	g	h
d:	∞	0	∞	∞	∞	∞	∞	∞
π:	N	N	N	N	N	N	N	N

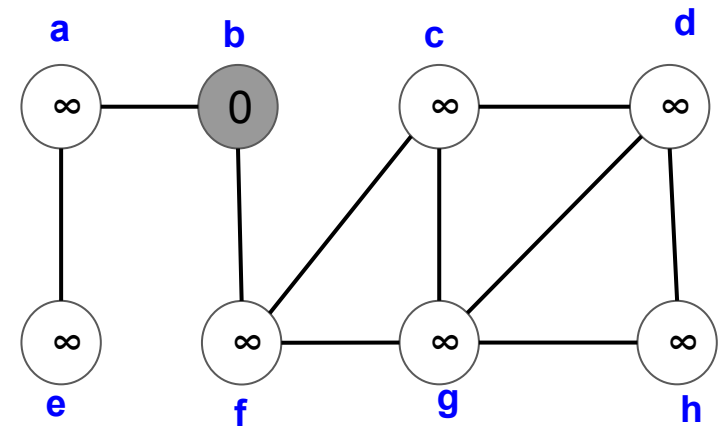
Variáveis do código:

$s \leftarrow b$

u

BFS(G,s)

1. **para cada** vértice $u \leftarrow V[G]$
 2. $cor[u] \leftarrow \text{BRANCO}$, $d[u] \leftarrow \infty$, $\pi[u] \leftarrow \text{NULL}$
 3. **fimpara**
 4. $cor[s] \leftarrow \text{CINZA}$, $d[s] \leftarrow 0$, $\pi[s] \leftarrow \text{NULL}$
 5. $Q \leftarrow \text{novaFila}()$ **FIFO** \rightarrow **First in first Out**
 6. $\text{ENFILEIRA}(Q, s)$
 7. **enquanto** $Q \neq \text{vazio}$
 8. $u \leftarrow \text{DESENFILEIRA}(Q)$
 9. **para cada** vértice $v \in L.\text{adj}(u)$
 10. **se** $cor[v] = \text{BRANCO}$
 11. $cor[v] \leftarrow \text{CINZA}$, $\pi[v] \leftarrow u$
 12. $d[v] \leftarrow d[u] + 1$
 13. $\text{ENFILEIRA}(Q, v)$
 14. **fimse**
 15. **fimpara**
 16. $cor[u] \leftarrow \text{PRETO}$
 17. **fimenquanto**
- Fim.*



	a	b	c	d	e	f	g	h
d:	∞	0	∞	∞	∞	∞	∞	∞

	a	b	c	d	e	f	g	h
π :	N	N	N	N	N	N	N	N

Q								
---	--	--	--	--	--	--	--	--

Variáveis do código:

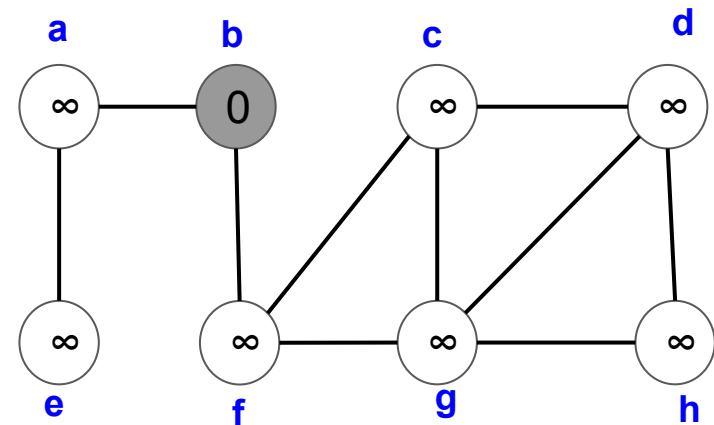
$s \leftarrow b$

u

BFS(G,s)

1. **para cada** vértice $u \leftarrow V[G]$
2. $cor[u] \leftarrow \text{BRANCO}$, $d[u] \leftarrow \infty$, $\pi[u] \leftarrow \text{NULL}$
3. **fimpara**
4. $cor[s] \leftarrow \text{CINZA}$, $d[s] \leftarrow 0$, $\pi[s] \leftarrow \text{NULL}$
5. $Q \leftarrow \text{novaFila}()$
6. **ENFILEIRA**(Q, s) **Add s em Q**
7. **enquanto** Q \neq vazio
8. $u \leftarrow \text{DESENFILEIRA}(Q)$
9. **para cada** vértice $v \in L.adj(u)$
10. **se** $cor[v] = \text{BRANCO}$
11. $cor[v] \leftarrow \text{CINZA}$, $\pi[v] \leftarrow u$
12. $d[v] \leftarrow d[u] + 1$
13. **ENFILEIRA**(Q, v)
14. **fimse**
15. **fimpara**
16. $cor[u] \leftarrow \text{PRETO}$
17. **fimenquanto**

Fim.



	a	b	c	d	e	f	g	h
d:	∞	0	∞	∞	∞	∞	∞	∞

	a	b	c	d	e	f	g	h
π :	N	N	N	N	N	N	N	N

Q	b							
---	---	--	--	--	--	--	--	--

Variáveis do código:

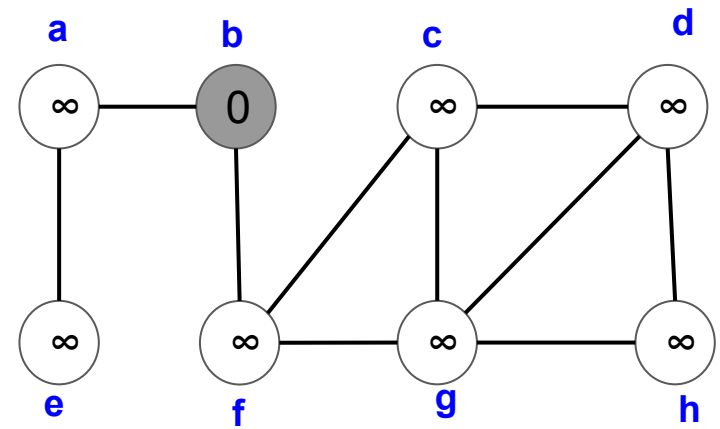
$s \leftarrow b$

u

BFS(G,s)

```

1. para cada vértice  $u \leftarrow V[G]$ 
2.    $cor[u] \leftarrow \text{BRANCO}$ ,  $d[u] \leftarrow \infty$ ,  $\pi[u] \leftarrow \text{NULL}$ 
3. fimpara
4.  $cor[s] \leftarrow \text{CINZA}$ ,  $d[s] \leftarrow 0$ ,  $\pi[s] \leftarrow \text{NULL}$ 
5.  $Q \leftarrow \text{novaFila}()$ 
6.  $\text{ENFILEIRA}(Q, s)$ 
7. enquanto  $Q \neq \text{vazio}$  Tem vértices na Fila?
8.    $u \leftarrow \text{DESENFILEIRA}(Q)$ 
9.   para cada vértice  $v \in L.\text{adj}(u)$ 
10.    se  $cor[v] = \text{BRANCO}$ 
11.       $cor[v] \leftarrow \text{CINZA}$ ,  $\pi[v] \leftarrow u$ 
12.       $d[v] \leftarrow d[u] + 1$ 
13.       $\text{ENFILEIRA}(Q, v)$ 
14.   fimse
15. fimpara
16.    $cor[u] \leftarrow \text{PRETO}$ 
17. fimenquanto
Fim.
  
```



	a	b	c	d	e	f	g	h
d:	∞	0	∞	∞	∞	∞	∞	∞
π :	N	N	N	N	N	N	N	N
Q	b							

Variáveis do código:

$s \leftarrow b$

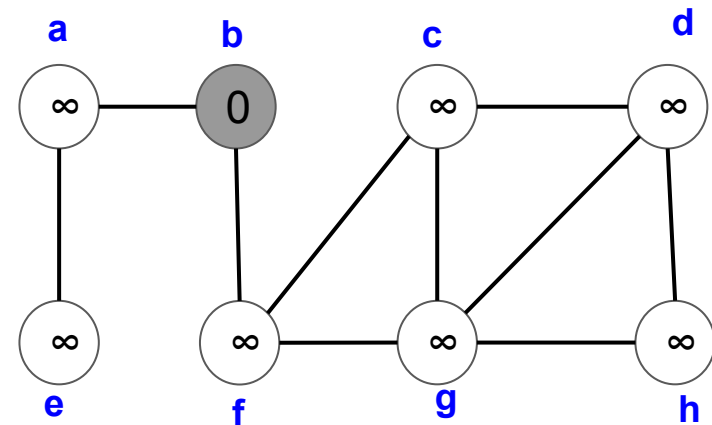
u

BFS(G,s)

```

1.  para cada vértice  $u \leftarrow V[G]$ 
2.     $cor[u] \leftarrow \text{BRANCO}$ ,  $d[u] \leftarrow \infty$ ,  $\pi[u] \leftarrow \text{NULL}$ 
3.  fimpara
4.   $cor[s] \leftarrow \text{CINZA}$ ,  $d[s] \leftarrow 0$ ,  $\pi[s] \leftarrow \text{NULL}$ 
5.   $Q \leftarrow \text{novaFila}()$ 
6.   $\text{ENFILEIRA}(Q, s)$ 
7.  enquanto  $Q \neq \text{vazio}$ 
8.     $u \leftarrow \text{DESENFILEIRA}(Q)$  Retira o primeiro da Fila
9.    para cada vértice  $v \in L.adj(u)$ 
10.     se  $cor[v] = \text{BRANCO}$ 
11.        $cor[v] \leftarrow \text{CINZA}$ ,  $\pi[v] \leftarrow u$ 
12.        $d[v] \leftarrow d[u] + 1$ 
13.        $\text{ENFILEIRA}(Q, v)$ 
14.     fimse
15.   fimpara
16.    $cor[u] \leftarrow \text{PRETO}$ 
17. fimenquanto
Fim.

```



	a	b	c	d	e	f	g	h
d:	∞	0	∞	∞	∞	∞	∞	∞

	a	b	c	d	e	f	g	h
π :	N	N	N	N	N	N	N	N

Q								
---	--	--	--	--	--	--	--	--

Variáveis do código:

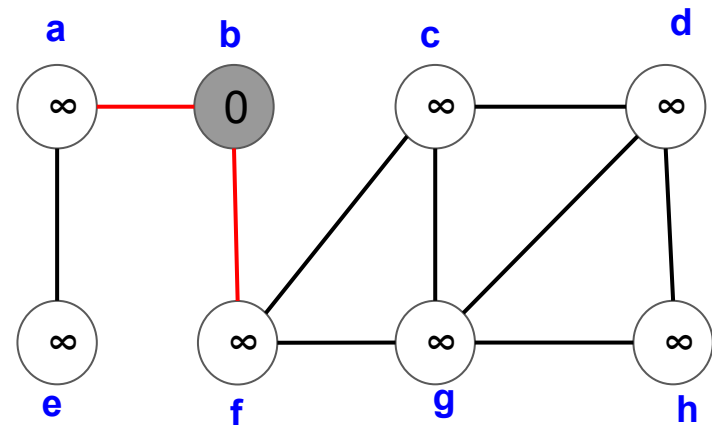
$s \leftarrow b$

$u \leftarrow b$

BFS(*G*, *s*)

```

1. para cada vértice  $u \leftarrow V[G]$ 
2.    $cor[u] \leftarrow \text{BRANCO}$ ,  $d[u] \leftarrow \infty$ ,  $\pi[u] \leftarrow \text{NULL}$ 
3. fimpara
4.  $cor[s] \leftarrow \text{CINZA}$ ,  $d[s] \leftarrow 0$ ,  $\pi[s] \leftarrow \text{NULL}$ 
5.  $Q \leftarrow \text{novaFila}()$ 
6. ENFILEIRA( $Q$ ,  $s$ )
7. enquanto  $Q \neq \text{vazio}$ 
8.    $u \leftarrow \text{DESENFILEIRA}(Q)$ 
9.   para cada vértice  $v \in L.adj(u)$ 
10.    se  $cor[v] = \text{BRANCO}$ 
11.       $cor[v] \leftarrow \text{CINZA}$ ,  $\pi[v] \leftarrow u$ 
12.       $d[v] \leftarrow d[u] + 1$ 
13.      ENFILEIRA( $Q$ ,  $v$ )
14.    fimse
15.  fimpara
16.   $cor[u] \leftarrow \text{PRETO}$ 
17. fimenquanto
Fim.
  
```



	a	b	c	d	e	f	g	h
d:	∞	0	∞	∞	∞	∞	∞	∞

	a	b	c	d	e	f	g	h
π :	N	N	N	N	N	N	N	N

Q								
---	--	--	--	--	--	--	--	--

Variáveis do código:

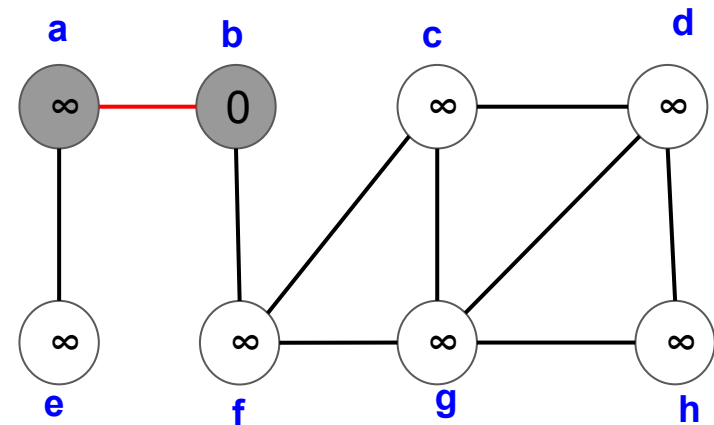
$s \leftarrow b$

$u \leftarrow b$

BFS(G, s)

1. **para cada** vértice $u \leftarrow V[G]$
2. $cor[u] \leftarrow \text{BRANCO}$, $d[u] \leftarrow \infty$, $\pi[u] \leftarrow \text{NULL}$
3. **fimpara**
4. $cor[s] \leftarrow \text{CINZA}$, $d[s] \leftarrow 0$, $\pi[s] \leftarrow \text{NULL}$
5. $Q \leftarrow \text{novaFila}()$
6. $\text{ENFILEIRA}(Q, s)$
7. **enquanto** $Q \neq \text{vazio}$
8. $u \leftarrow \text{DESENFILEIRA}(Q)$
9. **para cada** vértice $v \in L.\text{adj}(u)$
10. **se** $cor[v] = \text{BRANCO}$
11. $cor[v] \leftarrow \text{CINZA}$, $\pi[v] \leftarrow u$
12. $d[v] \leftarrow d[u] + 1$
13. $\text{ENFILEIRA}(Q, v)$
14. **fimse**
15. **fimpara**
16. $cor[u] \leftarrow \text{PRETO}$
17. **fimenquanto**

Fim.



	a	b	c	d	e	f	g	h
d:	∞	0	∞	∞	∞	∞	∞	∞

	a	b	c	d	e	f	g	h
π:	b	N	N	N	N	N	N	N

Q								
---	--	--	--	--	--	--	--	--

Variáveis do código:

$s \leftarrow b$

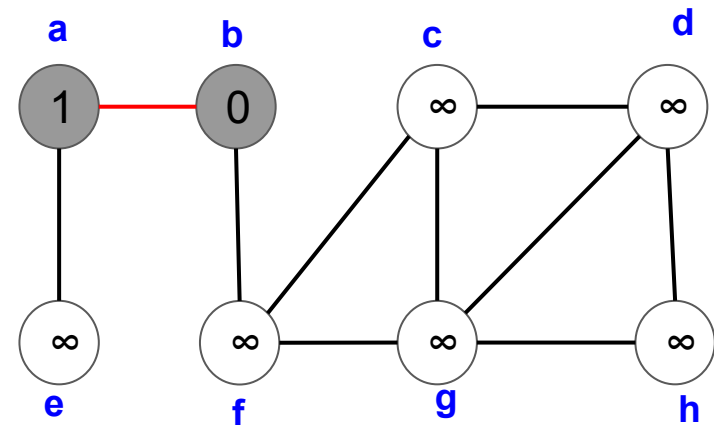
$v \leftarrow a$

$u \leftarrow b$

BFS(G,s)

1. **para cada** vértice $u \leftarrow V[G]$
2. $cor[u] \leftarrow \text{BRANCO}$, $d[u] \leftarrow \infty$, $\pi[u] \leftarrow \text{NULL}$
3. **fimpara**
4. $cor[s] \leftarrow \text{CINZA}$, $d[s] \leftarrow 0$, $\pi[s] \leftarrow \text{NULL}$
5. $Q \leftarrow \text{novaFila}()$
6. $\text{ENFILEIRA}(Q, s)$
7. **enquanto** $Q \neq \text{vazio}$
8. $u \leftarrow \text{DESENFILEIRA}(Q)$
9. **para cada** vértice $v \in L.\text{adj}(u)$
10. **se** $cor[v] = \text{BRANCO}$
11. $cor[v] \leftarrow \text{CINZA}$, $\pi[v] \leftarrow u$
12. $d[v] \leftarrow d[u] + 1$
13. $\text{ENFILEIRA}(Q, v)$
14. **fimse**
15. **fimpara**
16. $cor[u] \leftarrow \text{PRETO}$
17. **fimenquanto**

Fim.



	a	b	c	d	e	f	g	h
d:	1	0	∞	∞	∞	∞	∞	∞

	a	b	c	d	e	f	g	h
π :	b	N	N	N	N	N	N	N

Q								
---	--	--	--	--	--	--	--	--

Variáveis do código:

$s \leftarrow b$

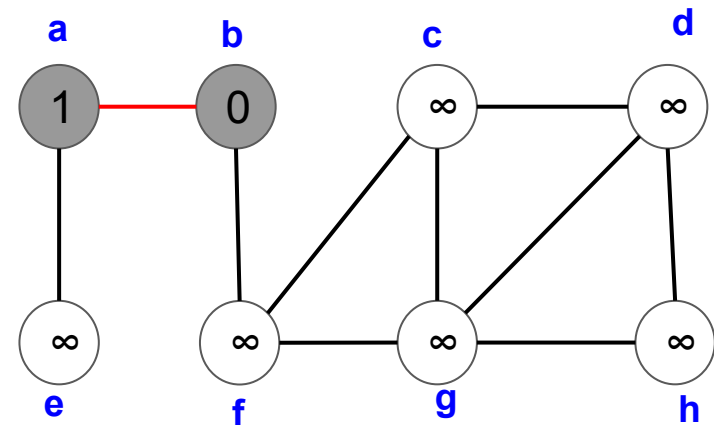
$v \leftarrow a$

$u \leftarrow b$

BFS(G,s)

```

1. para cada vértice  $u \leftarrow V[G]$ 
2.    $cor[u] \leftarrow \text{BRANCO}$ ,  $d[u] \leftarrow \infty$ ,  $\pi[u] \leftarrow \text{NULL}$ 
3. fimpara
4.  $cor[s] \leftarrow \text{CINZA}$ ,  $d[s] \leftarrow 0$ ,  $\pi[s] \leftarrow \text{NULL}$ 
5.  $Q \leftarrow \text{novaFila}()$ 
6. ENFILEIRA(Q, s)
7. enquanto Q  $\neq$  vazio
8.    $u \leftarrow \text{DESENFILEIRA}(Q)$ 
9.   para cada vértice  $v \in L.adj(u)$ 
10.    se  $cor[v] = \text{BRANCO}$ 
11.       $cor[v] \leftarrow \text{CINZA}$ ,  $\pi[v] \leftarrow u$ 
12.       $d[v] \leftarrow d[u] + 1$ 
13.      ENFILEIRA(Q, v)
14.    fimse
15.  fimpara
16.   $cor[u] \leftarrow \text{PRETO}$ 
17. fimenquanto
Fim.
  
```



	a	b	c	d	e	f	g	h
d:	1	0	∞	∞	∞	∞	∞	∞

	a	b	c	d	e	f	g	h
π :	b	N	N	N	N	N	N	N

Q	a							
---	---	--	--	--	--	--	--	--

Variáveis do código:

$s \leftarrow b$

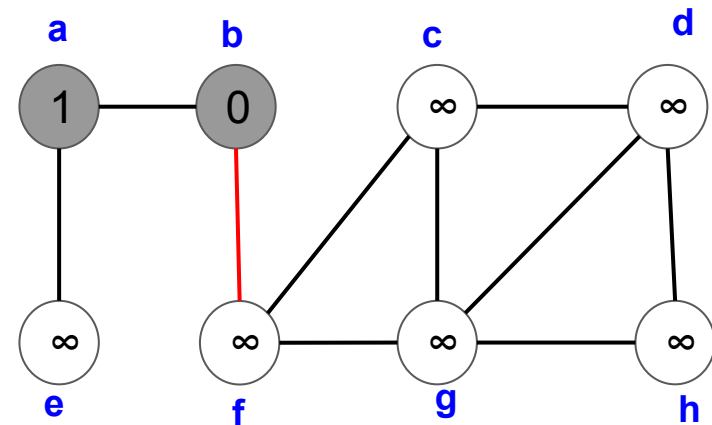
$v \leftarrow a$

$u \leftarrow b$

BFS(G, s)

```

1. para cada vértice  $u \leftarrow V[G]$ 
2.    $cor[u] \leftarrow \text{BRANCO}$ ,  $d[u] \leftarrow \infty$ ,  $\pi[u] \leftarrow \text{NULL}$ 
3. fimpara
4.  $cor[s] \leftarrow \text{CINZA}$ ,  $d[s] \leftarrow 0$ ,  $\pi[s] \leftarrow \text{NULL}$ 
5.  $Q \leftarrow \text{novaFila}()$ 
6. ENFILEIRA( $Q, s$ )
7. enquanto  $Q \neq \text{vazio}$ 
8.    $u \leftarrow \text{DESENFILEIRA}(Q)$ 
9.   para cada vértice  $v \in L.adj(u)$ 
10.    se  $cor[v] = \text{BRANCO}$ 
11.       $cor[v] \leftarrow \text{CINZA}$ ,  $\pi[v] \leftarrow u$ 
12.       $d[v] \leftarrow d[u] + 1$ 
13.      ENFILEIRA( $Q, v$ )
14.    fimse
15.  fimpara
16.   $cor[u] \leftarrow \text{PRETO}$ 
17. fimenquanto
Fim.
  
```



	a	b	c	d	e	f	g	h
d:	1	0	∞	∞	∞	∞	∞	∞

	a	b	c	d	e	f	g	h
π :	b	N	N	N	N	N	N	N

Q	a							
---	---	--	--	--	--	--	--	--

Variáveis do código:

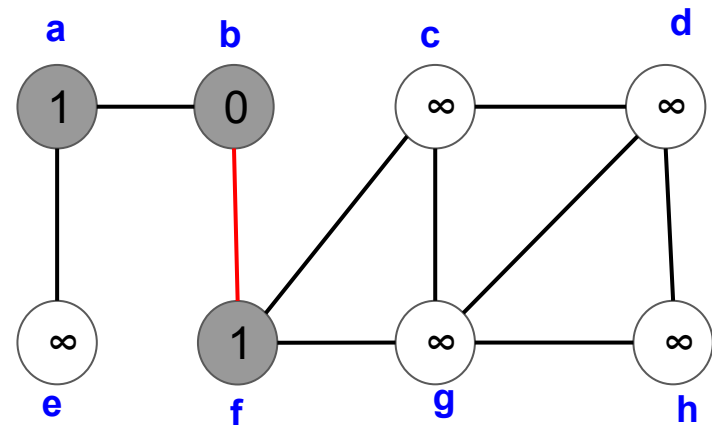
$s \leftarrow b$

$v \leftarrow f$

$u \leftarrow b$

BFS(G,s)

1. **para cada** vértice $u \leftarrow V[G]$
 2. $cor[u] \leftarrow \text{BRANCO}$, $d[u] \leftarrow \infty$, $\pi[u] \leftarrow \text{NULL}$
 3. **fimpara**
 4. $cor[s] \leftarrow \text{CINZA}$, $d[s] \leftarrow 0$, $\pi[s] \leftarrow \text{NULL}$
 5. $Q \leftarrow \text{novaFila}()$
 6. $\text{ENFILEIRA}(Q, s)$
 7. **enquanto** $Q \neq \text{vazio}$
 8. $u \leftarrow \text{DESENFILEIRA}(Q)$
 9. **para cada** vértice $v \in L.\text{adj}(u)$
 10. **se** $cor[v] = \text{BRANCO}$
 11. $cor[v] \leftarrow \text{CINZA}$, $\pi[v] \leftarrow u$
 12. $d[v] \leftarrow d[u] + 1$
 13. $\text{ENFILEIRA}(Q, v)$
 14. **fimse**
 15. **fimpara**
 16. $cor[u] \leftarrow \text{PRETO}$
 17. **fimenquanto**
- Fim.*



	a	b	c	d	e	f	g	h
d:	1	0	∞	∞	∞	1	∞	∞

	a	b	c	d	e	f	g	h
π :	b	N	N	N	N	b	N	N

Q	a							
---	---	--	--	--	--	--	--	--

Variáveis do código:

$s \leftarrow b$

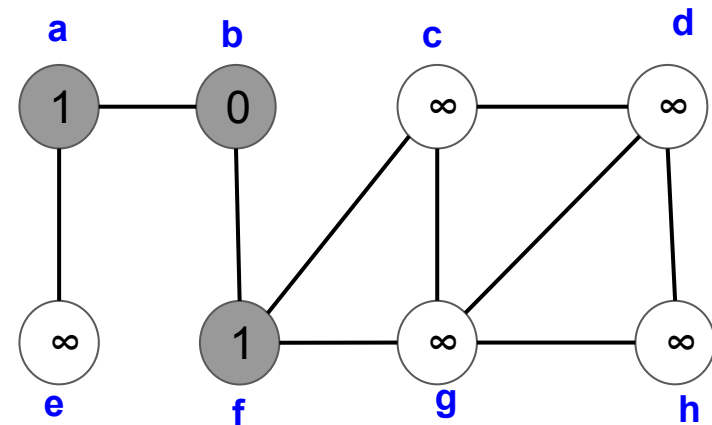
$v \leftarrow f$

$u \leftarrow b$

BFS(G,s)

1. **para cada** vértice $u \leftarrow V[G]$
2. $cor[u] \leftarrow \text{BRANCO}$, $d[u] \leftarrow \infty$, $\pi[u] \leftarrow \text{NULL}$
3. **fimpara**
4. $cor[s] \leftarrow \text{CINZA}$, $d[s] \leftarrow 0$, $\pi[s] \leftarrow \text{NULL}$
5. $Q \leftarrow \text{novaFila}()$
6. $\text{ENFILEIRA}(Q, s)$
7. **enquanto** $Q \neq \text{vazio}$
8. $u \leftarrow \text{DESENFILEIRA}(Q)$
9. **para cada** vértice $v \in L.\text{adj}(u)$
10. **se** $cor[v] = \text{BRANCO}$
11. $cor[v] \leftarrow \text{CINZA}$, $\pi[v] \leftarrow u$
12. $d[v] \leftarrow d[u] + 1$
13. $\text{ENFILEIRA}(Q, v)$
14. **fimse**
15. **fimpara**
16. $cor[u] \leftarrow \text{PRETO}$
17. **fimenquanto**

Fim.



	a	b	c	d	e	f	g	h
d:	1	0	∞	∞	∞	1	∞	∞

	a	b	c	d	e	f	g	h
π:	b	N	N	N	N	b	N	N

Q	a	f						
---	---	---	--	--	--	--	--	--

Variáveis do código:

$s \leftarrow b$

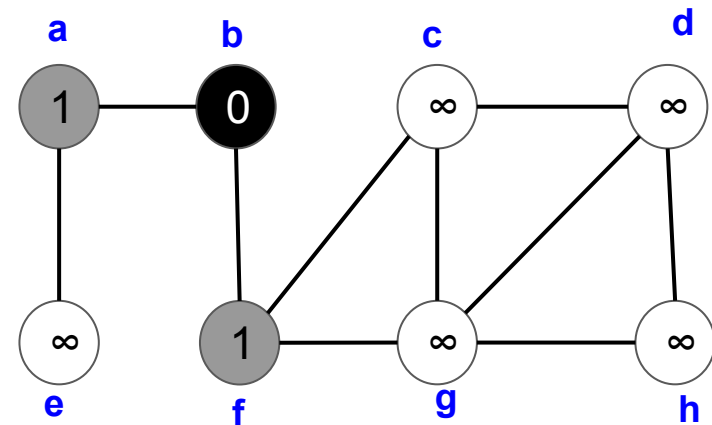
$v \leftarrow f$

$u \leftarrow b$

BFS(G,s)

```

1. para cada vértice  $u \leftarrow V[G]$ 
2.    $cor[u] \leftarrow \text{BRANCO}$ ,  $d[u] \leftarrow \infty$ ,  $\pi[u] \leftarrow \text{NULL}$ 
3. fimpara
4.  $cor[s] \leftarrow \text{CINZA}$ ,  $d[s] \leftarrow 0$ ,  $\pi[s] \leftarrow \text{NULL}$ 
5.  $Q \leftarrow \text{novaFila}()$ 
6. ENFILEIRA(Q, s)
7. enquanto Q  $\neq$  vazio
8.    $u \leftarrow \text{DESENFILEIRA}(Q)$ 
9.   para cada vértice  $v \in L.adj(u)$ 
10.    se  $cor[v] = \text{BRANCO}$ 
11.       $cor[v] \leftarrow \text{CINZA}$ ,  $\pi[v] \leftarrow u$ 
12.       $d[v] \leftarrow d[u] + 1$ 
13.      ENFILEIRA(Q, v)
14.    fimse
15.  fimpara
16.   $cor[u] \leftarrow \text{PRETO}$ 
17. fimenquanto
Fim.
  
```



	a	b	c	d	e	f	g	h
d:	1	0	∞	∞	∞	1	∞	∞

	a	b	c	d	e	f	g	h
π :	b	N	N	N	N	b	N	N

Q	a	f						
---	---	---	--	--	--	--	--	--

Variáveis do código:

$s \leftarrow b$

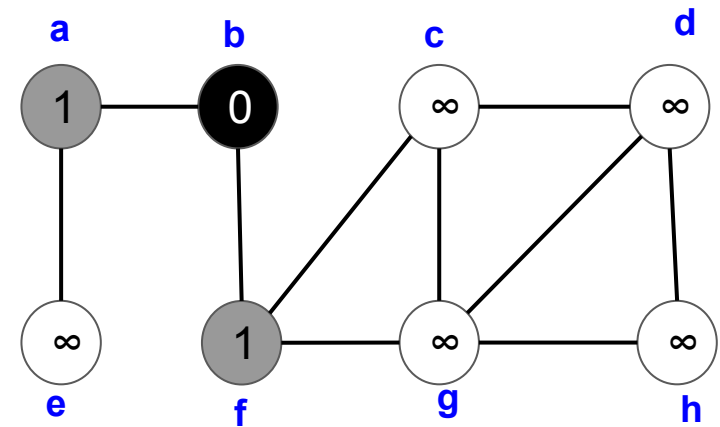
$v \leftarrow f$

$u \leftarrow b$

BFS(G,s)

1. **para cada** vértice $u \leftarrow V[G]$
2. $cor[u] \leftarrow \text{BRANCO}$, $d[u] \leftarrow \infty$, $\pi[u] \leftarrow \text{NULL}$
3. **fimpara**
4. $cor[s] \leftarrow \text{CINZA}$, $d[s] \leftarrow 0$, $\pi[s] \leftarrow \text{NULL}$
5. $Q \leftarrow \text{novaFila}()$
6. $\text{ENFILEIRA}(Q, s)$
7. **enquanto** $Q \neq \text{vazio}$ **Tem vértices na Fila?**
8. $u \leftarrow \text{DESENFILEIRA}(Q)$
9. **para cada** vértice $v \in L.\text{adj}(u)$
10. **se** $cor[v] = \text{BRANCO}$
11. $cor[v] \leftarrow \text{CINZA}$, $\pi[v] \leftarrow u$
12. $d[v] \leftarrow d[u] + 1$
13. $\text{ENFILEIRA}(Q, v)$
14. **fimse**
15. **fimpara**
16. $cor[u] \leftarrow \text{PRETO}$
17. **fimenquanto**

Fim.



	a	b	c	d	e	f	g	h
d:	1	0	∞	∞	∞	1	∞	∞
π :	b	N	N	N	N	b	N	N
Q	a	f						

Variáveis do código:

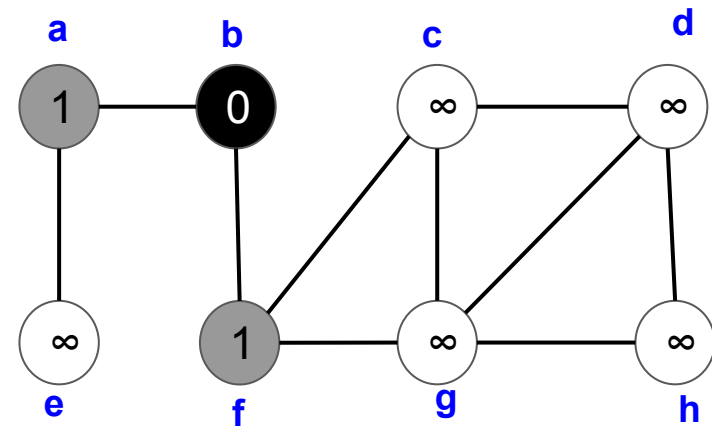
$s \leftarrow b$

$v \leftarrow f$

$u \leftarrow b$

BFS(G,s)

1. **para cada** vértice $u \leftarrow V[G]$
 2. $cor[u] \leftarrow \text{BRANCO}$, $d[u] \leftarrow \infty$, $\pi[u] \leftarrow \text{NULL}$
 3. **fimpara**
 4. $cor[s] \leftarrow \text{CINZA}$, $d[s] \leftarrow 0$, $\pi[s] \leftarrow \text{NULL}$
 5. $Q \leftarrow \text{novaFila}()$
 6. $\text{ENFILEIRA}(Q, s)$
 7. **enquanto** $Q \neq \text{vazio}$
 8. $u \leftarrow \text{DESENFILEIRA}(Q)$ **Retira o primeiro da Fila**
 9. **para cada** vértice $v \in L.adj(u)$
 10. **se** $cor[v] = \text{BRANCO}$
 11. $cor[v] \leftarrow \text{CINZA}$, $\pi[v] \leftarrow u$
 12. $d[v] \leftarrow d[u] + 1$
 13. $\text{ENFILEIRA}(Q, v)$
 14. **fimse**
 15. **fimpara**
 16. $cor[u] \leftarrow \text{PRETO}$
 17. **fimenquanto**
- Fim.*



	a	b	c	d	e	f	g	h
d:	1	0	∞	∞	∞	1	∞	∞

	a	b	c	d	e	f	g	h
π :	b	N	N	N	N	b	N	N

Q		f						
---	--	---	--	--	--	--	--	--

Variáveis do código:

$s \leftarrow b$

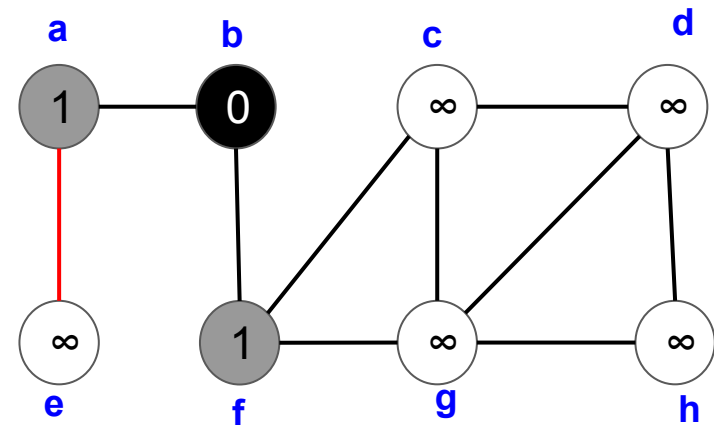
$v \leftarrow f$

$u \leftarrow a$

BFS(G, s)

1. **para cada** vértice $u \leftarrow V[G]$
2. $cor[u] \leftarrow \text{BRANCO}$, $d[u] \leftarrow \infty$, $\pi[u] \leftarrow \text{NULL}$
3. **fimpara**
4. $cor[s] \leftarrow \text{CINZA}$, $d[s] \leftarrow 0$, $\pi[s] \leftarrow \text{NULL}$
5. $Q \leftarrow \text{novaFila}()$
6. $\text{ENFILEIRA}(Q, s)$
7. **enquanto** $Q \neq \text{vazio}$
8. $u \leftarrow \text{DESENFILEIRA}(Q)$
9. **para cada** vértice $v \in L.\text{adj}(u)$
10. **se** $cor[v] = \text{BRANCO}$
11. $cor[v] \leftarrow \text{CINZA}$, $\pi[v] \leftarrow u$
12. $d[v] \leftarrow d[u] + 1$
13. $\text{ENFILEIRA}(Q, v)$
14. **fimse**
15. **fimpara**
16. $cor[u] \leftarrow \text{PRETO}$
17. **fimenquanto**

Fim.



	a	b	c	d	e	f	g	h
d:	1	0	∞	∞	∞	1	∞	∞

	a	b	c	d	e	f	g	h
π :	b	N	N	N	N	b	N	N

Q		f						
---	--	---	--	--	--	--	--	--

Variáveis do código:

$s \leftarrow b$

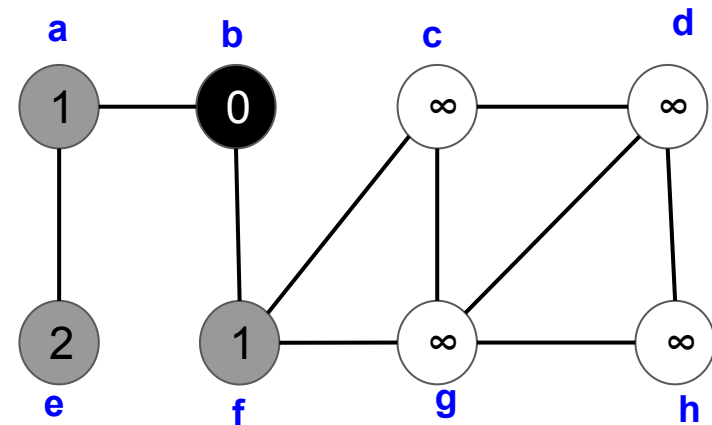
$v \leftarrow e$

$u \leftarrow a$

BFS(G,s)

```

1. para cada vértice  $u \leftarrow V[G]$ 
2.    $cor[u] \leftarrow \text{BRANCO}$ ,  $d[u] \leftarrow \infty$ ,  $\pi[u] \leftarrow \text{NULL}$ 
3. fimpara
4.  $cor[s] \leftarrow \text{CINZA}$ ,  $d[s] \leftarrow 0$ ,  $\pi[s] \leftarrow \text{NULL}$ 
5.  $Q \leftarrow \text{novaFila}()$ 
6.  $\text{ENFILEIRA}(Q, s)$ 
7. enquanto  $Q \neq \text{vazio}$ 
8.    $u \leftarrow \text{DESENFILEIRA}(Q)$ 
9.   para cada vértice  $v \in L.\text{adj}(u)$ 
10.    se  $cor[v] = \text{BRANCO}$ 
11.       $cor[v] \leftarrow \text{CINZA}$ ,  $\pi[v] \leftarrow u$ 
12.       $d[v] \leftarrow d[u] + 1$ 
13.       $\text{ENFILEIRA}(Q, v)$ 
14.    fimse
15.  fimpara
16.   $cor[u] \leftarrow \text{PRETO}$ 
17. fimenquanto
Fim.
  
```



	a	b	c	d	e	f	g	h
d:	1	0	∞	∞	2	1	∞	∞

	a	b	c	d	e	f	g	h
π :	b	N	N	N	a	b	N	N

Q		f	e					
---	--	---	---	--	--	--	--	--

Variáveis do código:

$s \leftarrow b$

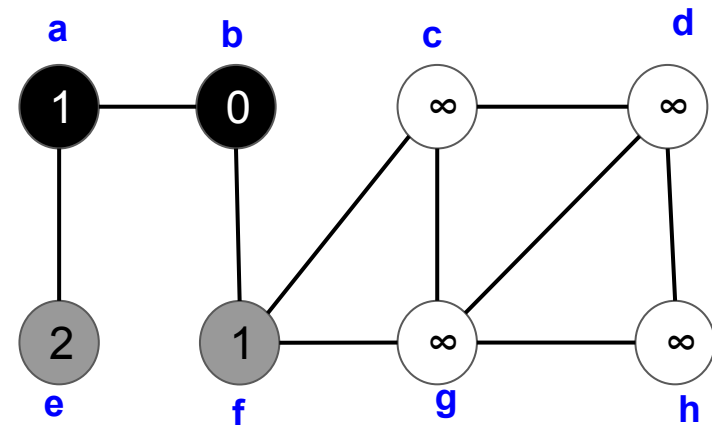
$v \leftarrow e$

$u \leftarrow a$

BFS(G,s)

```

1. para cada vértice  $u \leftarrow V[G]$ 
2.    $cor[u] \leftarrow \text{BRANCO}$ ,  $d[u] \leftarrow \infty$ ,  $\pi[u] \leftarrow \text{NULL}$ 
3. fimpara
4.  $cor[s] \leftarrow \text{CINZA}$ ,  $d[s] \leftarrow 0$ ,  $\pi[s] \leftarrow \text{NULL}$ 
5.  $Q \leftarrow \text{novaFila}()$ 
6. ENFILEIRA(Q, s)
7. enquanto Q  $\neq$  vazio
8.    $u \leftarrow \text{DESENFILEIRA}(Q)$ 
9.   para cada vértice  $v \in L.adj(u)$ 
10.    se  $cor[v] = \text{BRANCO}$ 
11.       $cor[v] \leftarrow \text{CINZA}$ ,  $\pi[v] \leftarrow u$ 
12.       $d[v] \leftarrow d[u] + 1$ 
13.      ENFILEIRA(Q, v)
14.    fimse
15.  fimpara
16.   $cor[u] \leftarrow \text{PRETO}$ 
17. fimenquanto
Fim.
  
```



	a	b	c	d	e	f	g	h
d:	1	0	∞	∞	2	1	∞	∞

	a	b	c	d	e	f	g	h
π :	b	N	N	N	a	b	N	N

Q		f	e					
---	--	---	---	--	--	--	--	--

Variáveis do código:

$s \leftarrow b$

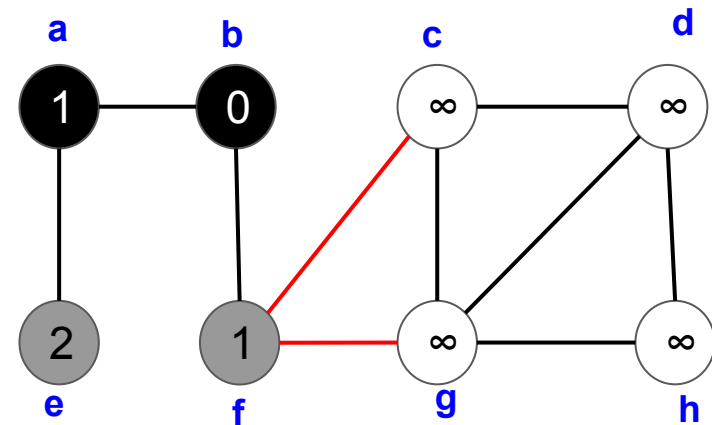
$v \leftarrow e$

$u \leftarrow a$

BFS(G,s)

```

1.  para cada vértice  $u \leftarrow V[G]$ 
2.     $cor[u] \leftarrow \text{BRANCO}$ ,  $d[u] \leftarrow \infty$ ,  $\pi[u] \leftarrow \text{NULL}$ 
3.  fimpara
4.   $cor[s] \leftarrow \text{CINZA}$ ,  $d[s] \leftarrow 0$ ,  $\pi[s] \leftarrow \text{NULL}$ 
5.   $Q \leftarrow \text{novaFila}()$ 
6.  ENFILEIRA(Q, s)
7.  enquanto Q  $\neq$  vazio
8.     $u \leftarrow \text{DESENFILEIRA}(Q)$ 
9.    para cada vértice  $v \in L.adj(u)$ 
10.     se  $cor[v] = \text{BRANCO}$ 
11.        $cor[v] \leftarrow \text{CINZA}$ ,  $\pi[v] \leftarrow u$ 
12.        $d[v] \leftarrow d[u] + 1$ 
13.       ENFILEIRA(Q, v)
14.     fimse
15.   fimpara
16.    $cor[u] \leftarrow \text{PRETO}$ 
17. fimenquanto
Fim.
  
```



	a	b	c	d	e	f	g	h
d:	1	0	∞	∞	2	1	∞	∞

	a	b	c	d	e	f	g	h
π :	b	N	N	N	a	b	N	N

Q			e					
---	--	--	---	--	--	--	--	--

Variáveis do código:

$s \leftarrow b$

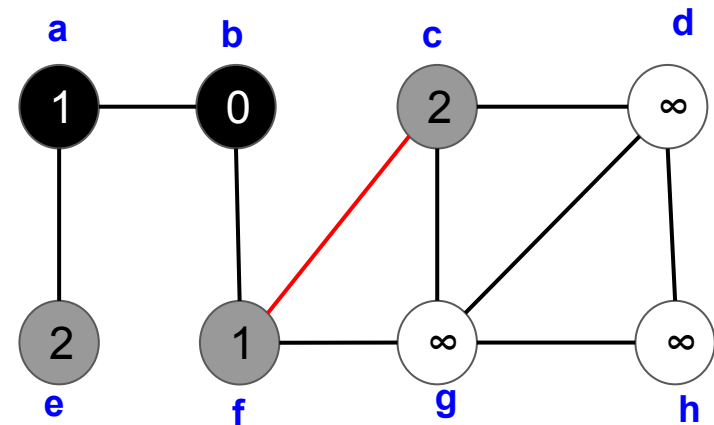
$v \leftarrow e$

$u \leftarrow f$

BFS(G,s)

```

1. para cada vértice  $u \leftarrow V[G]$ 
2.    $cor[u] \leftarrow \text{BRANCO}$ ,  $d[u] \leftarrow \infty$ ,  $\pi[u] \leftarrow \text{NULL}$ 
3. fimpara
4.  $cor[s] \leftarrow \text{CINZA}$ ,  $d[s] \leftarrow 0$ ,  $\pi[s] \leftarrow \text{NULL}$ 
5.  $Q \leftarrow \text{novaFila}()$ 
6. ENFILEIRA(Q, s)
7. enquanto Q  $\neq$  vazio
8.    $u \leftarrow \text{DESENFILEIRA}(Q)$ 
9.   para cada vértice  $v \in L.adj(u)$ 
10.    se  $cor[v] = \text{BRANCO}$ 
11.       $cor[v] \leftarrow \text{CINZA}$ ,  $\pi[v] \leftarrow u$ 
12.       $d[v] \leftarrow d[u] + 1$ 
13.      ENFILEIRA(Q, v)
14.    fimse
15.  fimpara
16.   $cor[u] \leftarrow \text{PRETO}$ 
17. fimenquanto
Fim.
  
```



	a	b	c	d	e	f	g	h
d:	1	0	2	∞	2	1	∞	∞

	a	b	c	d	e	f	g	h
π :	b	N	f	N	a	b	N	N

Q			e	c				
---	--	--	---	---	--	--	--	--

Variáveis do código:

$s \leftarrow b$

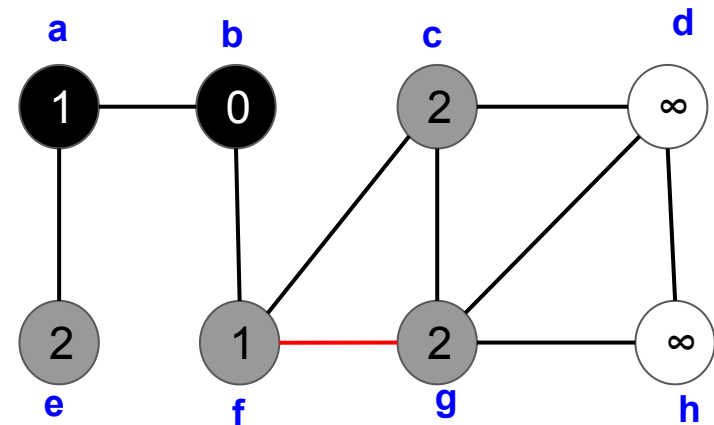
$v \leftarrow c$

$u \leftarrow f$

BFS(G,s)

1. **para cada** vértice $u \leftarrow V[G]$
2. $cor[u] \leftarrow \text{BRANCO}$, $d[u] \leftarrow \infty$, $\pi[u] \leftarrow \text{NULL}$
3. **fimpara**
4. $cor[s] \leftarrow \text{CINZA}$, $d[s] \leftarrow 0$, $\pi[s] \leftarrow \text{NULL}$
5. $Q \leftarrow \text{novaFila}()$
6. $\text{ENFILEIRA}(Q, s)$
7. **enquanto** $Q \neq \text{vazio}$
8. $u \leftarrow \text{DESENFILEIRA}(Q)$
9. **para cada** vértice $v \in L.\text{adj}(u)$
10. **se** $cor[v] = \text{BRANCO}$
11. $cor[v] \leftarrow \text{CINZA}$, $\pi[v] \leftarrow u$
12. $d[v] \leftarrow d[u] + 1$
13. $\text{ENFILEIRA}(Q, v)$
14. **fimse**
15. **fimpara**
16. $cor[u] \leftarrow \text{PRETO}$
17. **fimenquanto**

Fim.



	a	b	c	d	e	f	g	h
d:	1	0	2	∞	2	1	2	∞

	a	b	c	d	e	f	g	h
π :	b	N	f	N	a	b	f	N

Q			e	c	g			
---	--	--	---	---	---	--	--	--

Variáveis do código:

$s \leftarrow b$

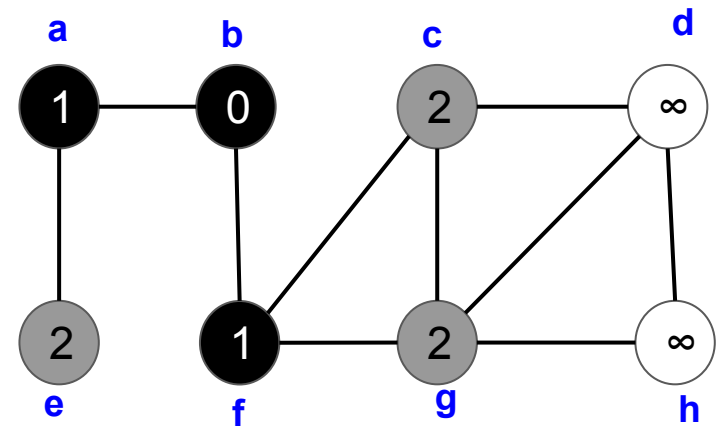
$v \leftarrow g$

$u \leftarrow f$

BFS(G,s)

```

1. para cada vértice  $u \leftarrow V[G]$ 
2.    $cor[u] \leftarrow \text{BRANCO}$ ,  $d[u] \leftarrow \infty$ ,  $\pi[u] \leftarrow \text{NULL}$ 
3. fimpara
4.  $cor[s] \leftarrow \text{CINZA}$ ,  $d[s] \leftarrow 0$ ,  $\pi[s] \leftarrow \text{NULL}$ 
5.  $Q \leftarrow \text{novaFila}()$ 
6.  $\text{ENFILEIRA}(Q, s)$ 
7. enquanto  $Q \neq \text{vazio}$ 
8.    $u \leftarrow \text{DESENFILEIRA}(Q)$ 
9.   para cada vértice  $v \in L.\text{adj}(u)$ 
10.    se  $cor[v] = \text{BRANCO}$ 
11.       $cor[v] \leftarrow \text{CINZA}$ ,  $\pi[v] \leftarrow u$ 
12.       $d[v] \leftarrow d[u] + 1$ 
13.       $\text{ENFILEIRA}(Q, v)$ 
14.    fimse
15.  fimpara
16.   $cor[u] \leftarrow \text{PRETO}$ 
17. fimenquanto
Fim.
  
```



	a	b	c	d	e	f	g	h
d:	1	0	2	∞	2	1	2	∞

	a	b	c	d	e	f	g	h
π :	b	N	f	N	a	b	f	N

Q			e	c	g			
---	--	--	---	---	---	--	--	--

Variáveis do código:

$s \leftarrow b$

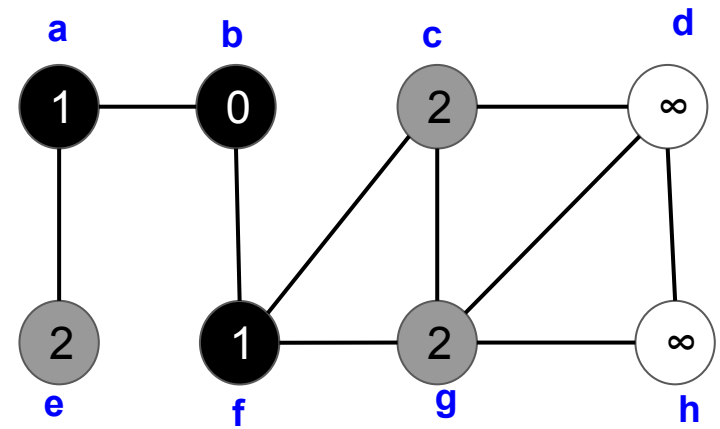
$v \leftarrow g$

$u \leftarrow f$

BFS(G,s)

1. **para cada** vértice $u \leftarrow V[G]$
2. $cor[u] \leftarrow \text{BRANCO}$, $d[u] \leftarrow \infty$, $\pi[u] \leftarrow \text{NULL}$
3. **fimpara**
4. $cor[s] \leftarrow \text{CINZA}$, $d[s] \leftarrow 0$, $\pi[s] \leftarrow \text{NULL}$
5. $Q \leftarrow \text{novaFila}()$
6. $\text{ENFILEIRA}(Q, s)$
7. **enquanto** $Q \neq \text{vazio}$
8. $u \leftarrow \text{DESENFILEIRA}(Q)$
9. **para cada** vértice $v \in L.\text{adj}(u)$
10. **se** $cor[v] = \text{BRANCO}$
11. $cor[v] \leftarrow \text{CINZA}$, $\pi[v] \leftarrow u$
12. $d[v] \leftarrow d[u] + 1$
13. $\text{ENFILEIRA}(Q, v)$
14. **fimse**
15. **fimpara**
16. $cor[u] \leftarrow \text{PRETO}$
17. **fimenquanto**

Fim.



	a	b	c	d	e	f	g	h
d:	1	0	2	∞	2	1	2	∞

	a	b	c	d	e	f	g	h
π :	b	N	f	N	a	b	f	N

Q				c	g			
---	--	--	--	---	---	--	--	--

Variáveis do código:

$s \leftarrow b$

$v \leftarrow g$

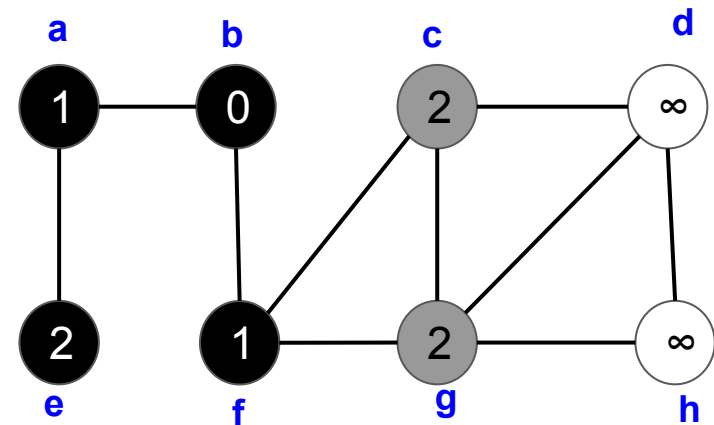
$u \leftarrow e$

BFS(G,s)

```

1. para cada vértice  $u \leftarrow V[G]$ 
2.    $cor[u] \leftarrow \text{BRANCO}$ ,  $d[u] \leftarrow \infty$ ,  $\pi[u] \leftarrow \text{NULL}$ 
3. fimpara
4.  $cor[s] \leftarrow \text{CINZA}$ ,  $d[s] \leftarrow 0$ ,  $\pi[s] \leftarrow \text{NULL}$ 
5.  $Q \leftarrow \text{novaFila}()$ 
6.  $\text{ENFILEIRA}(Q, s)$ 
7. enquanto  $Q \neq \text{vazio}$ 
8.    $u \leftarrow \text{DESENFILEIRA}(Q)$ 
9.   para cada vértice  $v \in L.\text{adj}(u)$ 
10.    se  $cor[v] = \text{BRANCO}$ 
11.       $cor[v] \leftarrow \text{CINZA}$ ,  $\pi[v] \leftarrow u$ 
12.       $d[v] \leftarrow d[u] + 1$ 
13.       $\text{ENFILEIRA}(Q, v)$ 
14.    fimse
15.  fimpara
16.   $cor[u] \leftarrow \text{PRETO}$ 
17. fimenquanto
Fim.

```



	a	b	c	d	e	f	g	h
d:	1	0	2	∞	2	1	2	∞

	a	b	c	d	e	f	g	h
π :	b	N	f	N	a	b	f	N

Q				c	g			
---	--	--	--	---	---	--	--	--

Variáveis do código:

$s \leftarrow b$

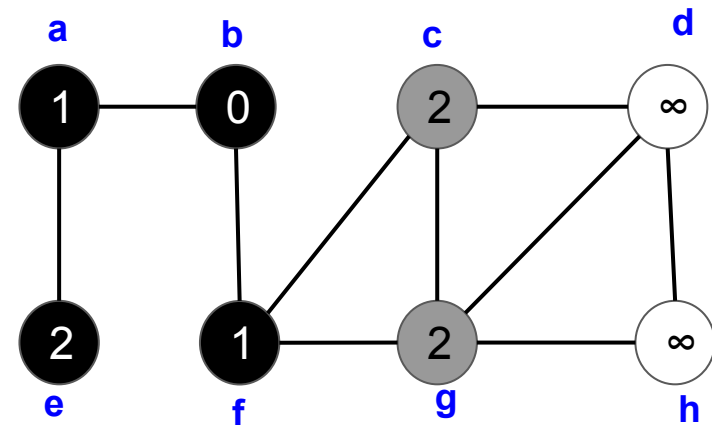
$v \leftarrow g$

$u \leftarrow e$

BFS(G,s)

```

1. para cada vértice  $u \leftarrow V[G]$ 
2.    $cor[u] \leftarrow \text{BRANCO}$ ,  $d[u] \leftarrow \infty$ ,  $\pi[u] \leftarrow \text{NULL}$ 
3. fimpara
4.  $cor[s] \leftarrow \text{CINZA}$ ,  $d[s] \leftarrow 0$ ,  $\pi[s] \leftarrow \text{NULL}$ 
5.  $Q \leftarrow \text{novaFila}()$ 
6.  $\text{ENFILEIRA}(Q, s)$ 
7. enquanto  $Q \neq \text{vazio}$ 
8.    $u \leftarrow \text{DESENFILEIRA}(Q)$ 
9.   para cada vértice  $v \in L.\text{adj}(u)$ 
10.    se  $cor[v] = \text{BRANCO}$ 
11.       $cor[v] \leftarrow \text{CINZA}$ ,  $\pi[v] \leftarrow u$ 
12.       $d[v] \leftarrow d[u] + 1$ 
13.       $\text{ENFILEIRA}(Q, v)$ 
14.    fimse
15.  fimpara
16.   $cor[u] \leftarrow \text{PRETO}$ 
17. fimenquanto
Fim.
  
```



	a	b	c	d	e	f	g	h
d:	1	0	2	∞	2	1	2	∞

	a	b	c	d	e	f	g	h
π :	b	N	f	N	a	b	f	N

Q					g			
---	--	--	--	--	---	--	--	--

Variáveis do código:

$s \leftarrow b$

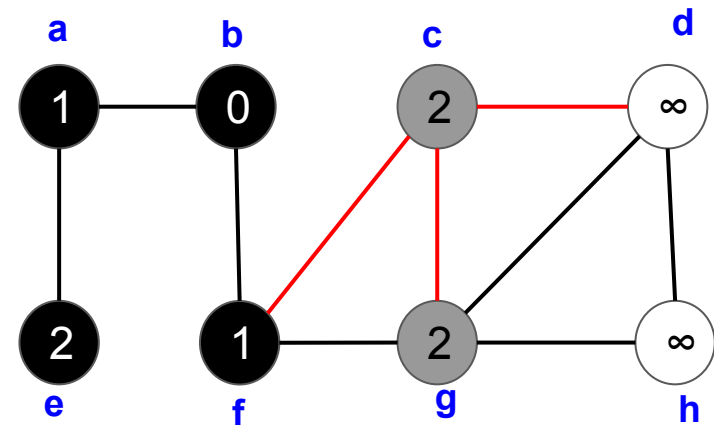
$v \leftarrow g$

$u \leftarrow c$

BFS(G,s)

```

1. para cada vértice  $u \leftarrow V[G]$ 
2.    $cor[u] \leftarrow \text{BRANCO}$ ,  $d[u] \leftarrow \infty$ ,  $\pi[u] \leftarrow \text{NULL}$ 
3. fimpara
4.  $cor[s] \leftarrow \text{CINZA}$ ,  $d[s] \leftarrow 0$ ,  $\pi[s] \leftarrow \text{NULL}$ 
5.  $Q \leftarrow \text{novaFila}()$ 
6.  $\text{ENFILEIRA}(Q, s)$ 
7. enquanto  $Q \neq \text{vazio}$ 
8.    $u \leftarrow \text{DESENFILEIRA}(Q)$ 
9.   para cada vértice  $v \in L.adj(u)$ 
10.    se  $cor[v] = \text{BRANCO}$ 
11.       $cor[v] \leftarrow \text{CINZA}$ ,  $\pi[v] \leftarrow u$ 
12.       $d[v] \leftarrow d[u] + 1$ 
13.       $\text{ENFILEIRA}(Q, v)$ 
14.    fimse
15.  fimpara
16.   $cor[u] \leftarrow \text{PRETO}$ 
17. fimenquanto
Fim.
  
```



	a	b	c	d	e	f	g	h
d:	1	0	2	∞	2	1	2	∞

	a	b	c	d	e	f	g	h
π :	b	N	f	N	a	b	f	N

Q					g			
---	--	--	--	--	---	--	--	--

Variáveis do código:

$s \leftarrow b$

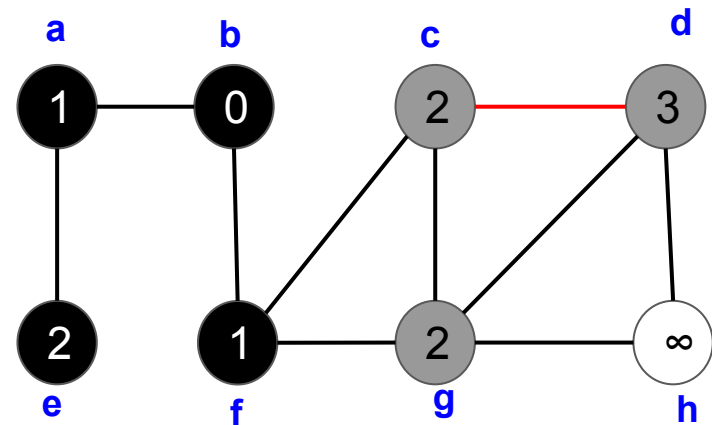
$v \leftarrow d$

$u \leftarrow c$

BFS(G,s)

1. **para cada** vértice $u \leftarrow V[G]$
2. $cor[u] \leftarrow \text{BRANCO}$, $d[u] \leftarrow \infty$, $\pi[u] \leftarrow \text{NULL}$
3. **fimpara**
4. $cor[s] \leftarrow \text{CINZA}$, $d[s] \leftarrow 0$, $\pi[s] \leftarrow \text{NULL}$
5. $Q \leftarrow \text{novaFila}()$
6. $\text{ENFILEIRA}(Q, s)$
7. **enquanto** $Q \neq \text{vazio}$
8. $u \leftarrow \text{DESENFILERA}(Q)$
9. **para cada** vértice $v \in L.\text{adj}(u)$
10. **se** $cor[v] = \text{BRANCO}$
11. $cor[v] \leftarrow \text{CINZA}$, $\pi[v] \leftarrow u$
12. $d[v] \leftarrow d[u] + 1$
13. $\text{ENFILEIRA}(Q, v)$
14. **fimse**
15. **fimpara**
16. $cor[u] \leftarrow \text{PRETO}$
17. **fimenquanto**

Fim.



	a	b	c	d	e	f	g	h
d:	1	0	2	3	2	1	2	∞

	a	b	c	d	e	f	g	h
π :	b	N	f	c	a	b	f	N

Q					g	d		
---	--	--	--	--	---	---	--	--

Variáveis do código:

$s \leftarrow b$

$v \leftarrow d$

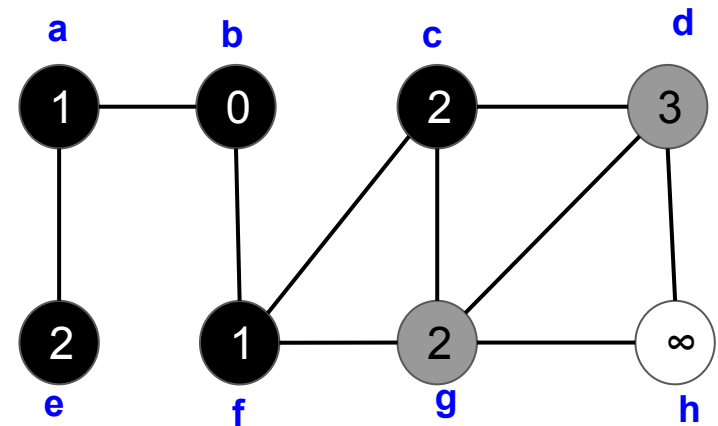
$u \leftarrow c$

BFS(G,s)

```

1. para cada vértice  $u \leftarrow V[G]$ 
2.    $cor[u] \leftarrow \text{BRANCO}$ ,  $d[u] \leftarrow \infty$ ,  $\pi[u] \leftarrow \text{NULL}$ 
3. fimpara
4.  $cor[s] \leftarrow \text{CINZA}$ ,  $d[s] \leftarrow 0$ ,  $\pi[s] \leftarrow \text{NULL}$ 
5.  $Q \leftarrow \text{novaFila}()$ 
6. ENFILEIRA(Q, s)
7. enquanto Q  $\neq$  vazio
8.    $u \leftarrow \text{DESENFILEIRA}(Q)$ 
9.   para cada vértice  $v \in L.adj(u)$ 
10.    se  $cor[v] = \text{BRANCO}$ 
11.       $cor[v] \leftarrow \text{CINZA}$ ,  $\pi[v] \leftarrow u$ 
12.       $d[v] \leftarrow d[u] + 1$ 
13.      ENFILEIRA(Q, v)
14.    fimse
15.  fimpara
16.   $cor[u] \leftarrow \text{PRETO}$ 
17. fimenquanto
Fim.

```



	a	b	c	d	e	f	g	h
d:	1	0	2	3	2	1	2	∞

	a	b	c	d	e	f	g	h
π :	b	N	f	c	a	b	f	N

Q					g	d		
---	--	--	--	--	---	---	--	--

Variáveis do código:

$s \leftarrow b$

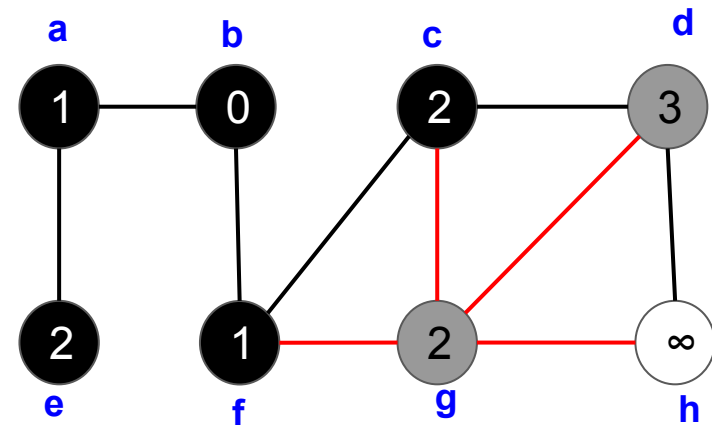
$v \leftarrow d$

$u \leftarrow c$

BFS(G,s)

```

1. para cada vértice  $u \leftarrow V[G]$ 
2.    $cor[u] \leftarrow \text{BRANCO}$ ,  $d[u] \leftarrow \infty$ ,  $\pi[u] \leftarrow \text{NULL}$ 
3. fimpara
4.  $cor[s] \leftarrow \text{CINZA}$ ,  $d[s] \leftarrow 0$ ,  $\pi[s] \leftarrow \text{NULL}$ 
5.  $Q \leftarrow \text{novaFila}()$ 
6. ENFILEIRA(Q, s)
7. enquanto Q  $\neq$  vazio
8.    $u \leftarrow \text{DESENFILEIRA}(Q)$ 
9.   para cada vértice  $v \in L.adj(u)$ 
10.    se  $cor[v] = \text{BRANCO}$ 
11.       $cor[v] \leftarrow \text{CINZA}$ ,  $\pi[v] \leftarrow u$ 
12.       $d[v] \leftarrow d[u] + 1$ 
13.      ENFILEIRA(Q, v)
14.    fimse
15.  fimpara
16.   $cor[u] \leftarrow \text{PRETO}$ 
17. fimenquanto
Fim.
  
```



	a	b	c	d	e	f	g	h
d:	1	0	2	3	2	1	2	∞

	a	b	c	d	e	f	g	h
π :	b	N	f	c	a	b	f	N

Q						d		
---	--	--	--	--	--	---	--	--

Variáveis do código:

$s \leftarrow b$

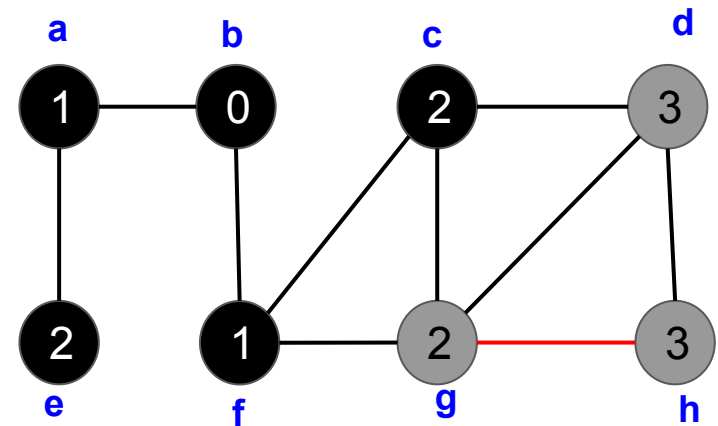
$v \leftarrow d$

$u \leftarrow g$

BFS(G,s)

```

1. para cada vértice  $u \leftarrow V[G]$ 
2.    $cor[u] \leftarrow \text{BRANCO}$ ,  $d[u] \leftarrow \infty$ ,  $\pi[u] \leftarrow \text{NULL}$ 
3. fimpara
4.  $cor[s] \leftarrow \text{CINZA}$ ,  $d[s] \leftarrow 0$ ,  $\pi[s] \leftarrow \text{NULL}$ 
5.  $Q \leftarrow \text{novaFila}()$ 
6.  $\text{ENFILEIRA}(Q, s)$ 
7. enquanto  $Q \neq \text{vazio}$ 
8.    $u \leftarrow \text{DESENFILEIRA}(Q)$ 
9.   para cada vértice  $v \in L.\text{adj}(u)$ 
10.    se  $cor[v] = \text{BRANCO}$ 
11.       $cor[v] \leftarrow \text{CINZA}$ ,  $\pi[v] \leftarrow u$ 
12.       $d[v] \leftarrow d[u] + 1$ 
13.       $\text{ENFILEIRA}(Q, v)$ 
14.   fimse
15. fimpara
16.    $cor[u] \leftarrow \text{PRETO}$ 
17. fimenquanto
Fim.
  
```



	a	b	c	d	e	f	g	h
d:	1	0	2	3	2	1	2	3

	a	b	c	d	e	f	g	h
π :	b	N	f	c	a	b	f	g

Q						d	h	
---	--	--	--	--	--	---	---	--

Variáveis do código:

$s \leftarrow b$

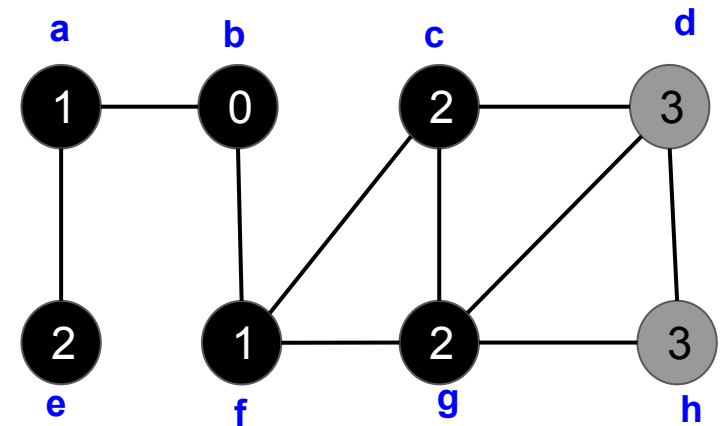
$v \leftarrow h$

$u \leftarrow g$

BFS(G,s)

```

1. para cada vértice  $u \leftarrow V[G]$ 
2.    $cor[u] \leftarrow \text{BRANCO}$ ,  $d[u] \leftarrow \infty$ ,  $\pi[u] \leftarrow \text{NULL}$ 
3. fimpara
4.  $cor[s] \leftarrow \text{CINZA}$ ,  $d[s] \leftarrow 0$ ,  $\pi[s] \leftarrow \text{NULL}$ 
5.  $Q \leftarrow \text{novaFila}()$ 
6. ENFILEIRA(Q, s)
7. enquanto Q  $\neq$  vazio
8.    $u \leftarrow \text{DESENFILEIRA}(Q)$ 
9.   para cada vértice  $v \in L.adj(u)$ 
10.    se  $cor[v] = \text{BRANCO}$ 
11.       $cor[v] \leftarrow \text{CINZA}$ ,  $\pi[v] \leftarrow u$ 
12.       $d[v] \leftarrow d[u] + 1$ 
13.      ENFILEIRA(Q, v)
14.    fimse
15.  fimpara
16.   $cor[u] \leftarrow \text{PRETO}$ 
17. fimenquanto
Fim.
  
```



	a	b	c	d	e	f	g	h
d:	1	0	2	3	2	1	2	3

	a	b	c	d	e	f	g	h
π :	b	N	f	c	a	b	f	g

	a	b	c	d	e	f	g	h
Q						d	h	

Variáveis do código:

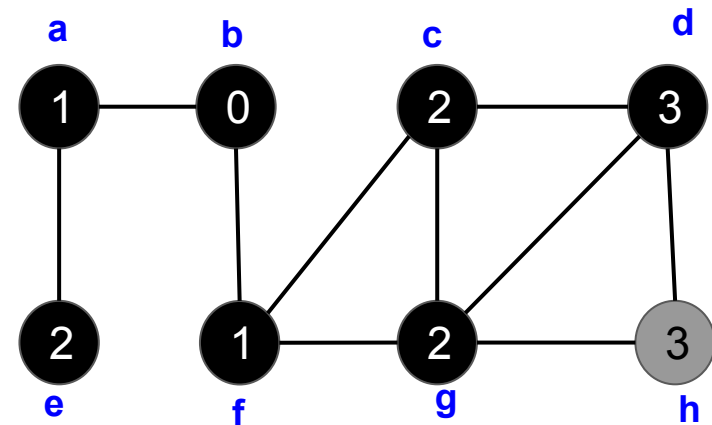
$s \leftarrow b$ $v \leftarrow h$

$u \leftarrow g$

BFS(G,s)

```

1. para cada vértice  $u \leftarrow V[G]$ 
2.    $cor[u] \leftarrow \text{BRANCO}$ ,  $d[u] \leftarrow \infty$ ,  $\pi[u] \leftarrow \text{NULL}$ 
3. fimpara
4.  $cor[s] \leftarrow \text{CINZA}$ ,  $d[s] \leftarrow 0$ ,  $\pi[s] \leftarrow \text{NULL}$ 
5.  $Q \leftarrow \text{novaFila}()$ 
6. ENFILEIRA(Q, s)
7. enquanto Q  $\neq$  vazio
8.    $u \leftarrow \text{DESENFILEIRA}(Q)$ 
9.   para cada vértice  $v \in L.adj(u)$ 
10.    se  $cor[v] = \text{BRANCO}$ 
11.       $cor[v] \leftarrow \text{CINZA}$ ,  $\pi[v] \leftarrow u$ 
12.       $d[v] \leftarrow d[u] + 1$ 
13.      ENFILEIRA(Q, v)
14.    fimse
15.  fimpara
16.   $cor[u] \leftarrow \text{PRETO}$ 
17. fimenquanto
Fim.
  
```



	a	b	c	d	e	f	g	h
d:	1	0	2	3	2	1	2	3

	a	b	c	d	e	f	g	h
π :	b	N	f	c	a	b	f	g

Q							h	
---	--	--	--	--	--	--	---	--

Variáveis do código:

$s \leftarrow b$

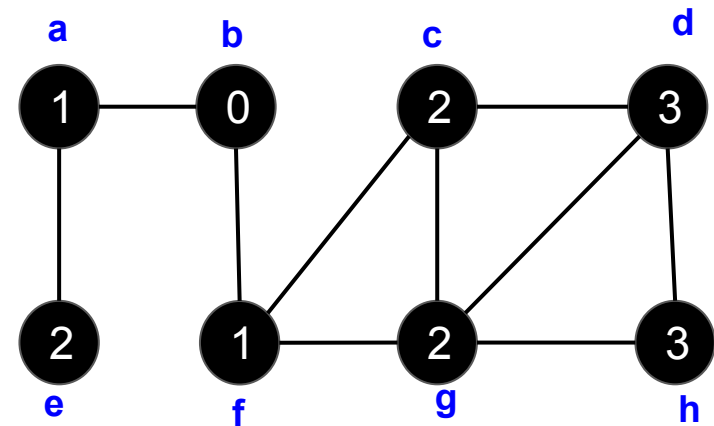
$v \leftarrow h$

$u \leftarrow d$

BFS(G,s)

```

1. para cada vértice  $u \leftarrow V[G]$ 
2.    $cor[u] \leftarrow \text{BRANCO}$ ,  $d[u] \leftarrow \infty$ ,  $\pi[u] \leftarrow \text{NULL}$ 
3. fimpara
4.  $cor[s] \leftarrow \text{CINZA}$ ,  $d[s] \leftarrow 0$ ,  $\pi[s] \leftarrow \text{NULL}$ 
5.  $Q \leftarrow \text{novaFila}()$ 
6. ENFILEIRA(Q, s)
7. enquanto Q  $\neq$  vazio
8.    $u \leftarrow \text{DESENFILEIRA}(Q)$ 
9.   para cada vértice  $v \in L.adj(u)$ 
10.    se  $cor[v] = \text{BRANCO}$ 
11.       $cor[v] \leftarrow \text{CINZA}$ ,  $\pi[v] \leftarrow u$ 
12.       $d[v] \leftarrow d[u] + 1$ 
13.      ENFILEIRA(Q, v)
14.    fimse
15.  fimpara
16.   $cor[u] \leftarrow \text{PRETO}$ 
17. fimenquanto
Fim.
  
```



	a	b	c	d	e	f	g	h
d:	1	0	2	3	2	1	2	3

	a	b	c	d	e	f	g	h
π :	b	N	f	c	a	b	f	g

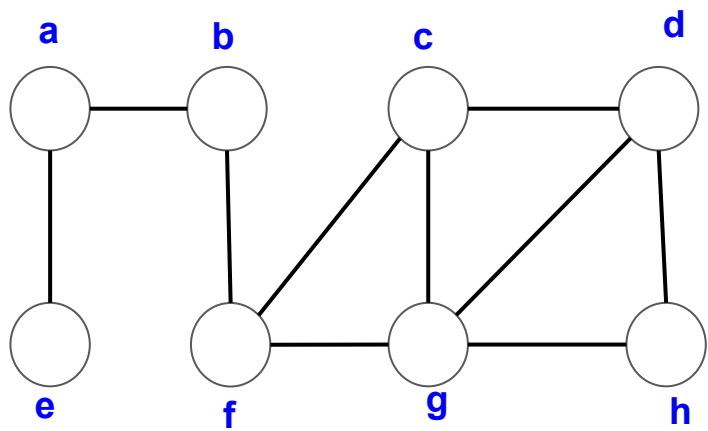
Q								
---	--	--	--	--	--	--	--	--

Variáveis do código:

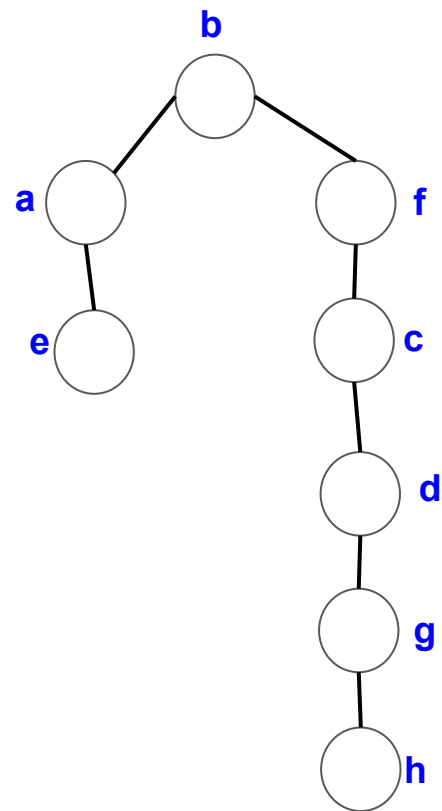
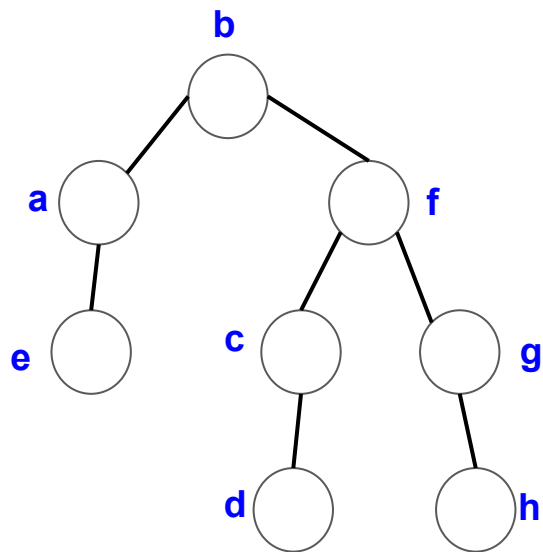
$s \leftarrow b$

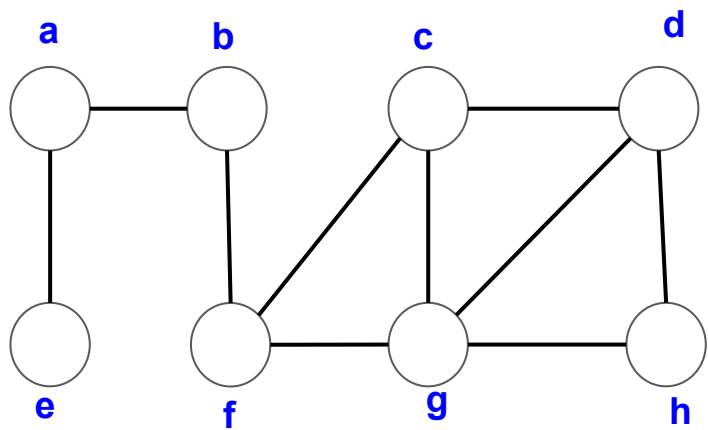
$v \leftarrow h$

$u \leftarrow h$

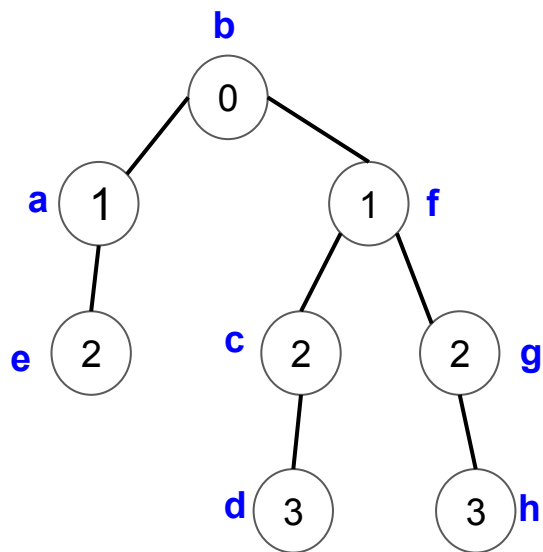


Grafo G

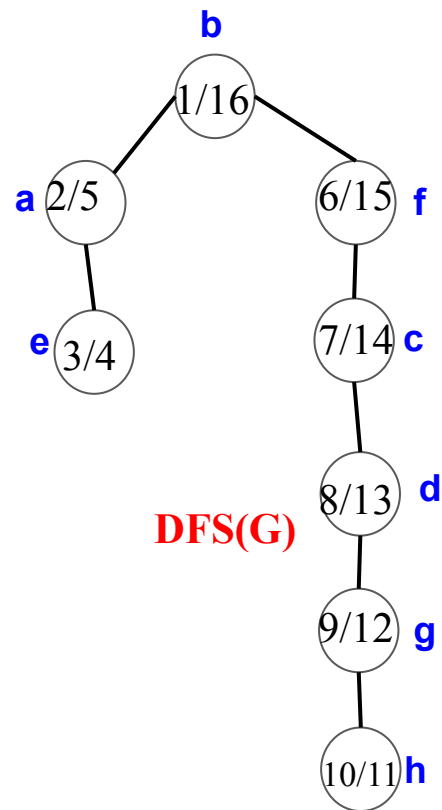




Grafo G



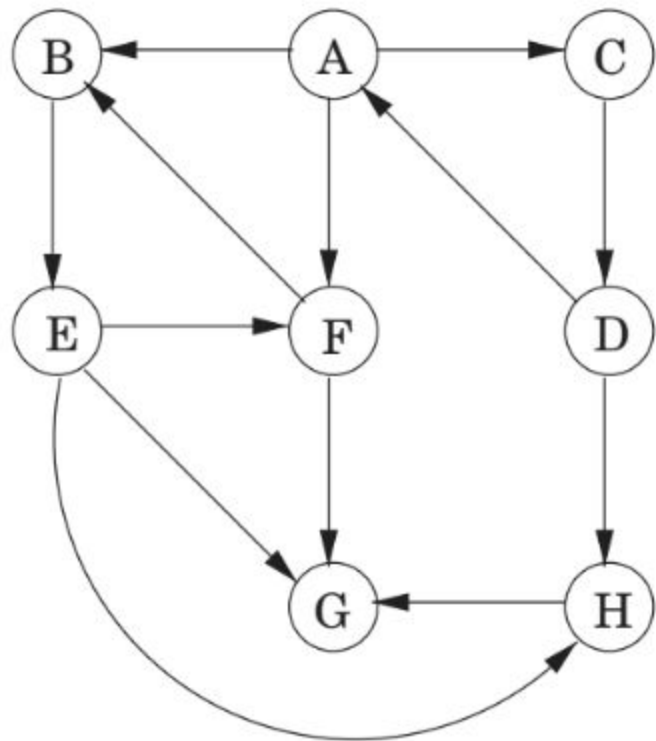
BFS(G)



DFS(G)

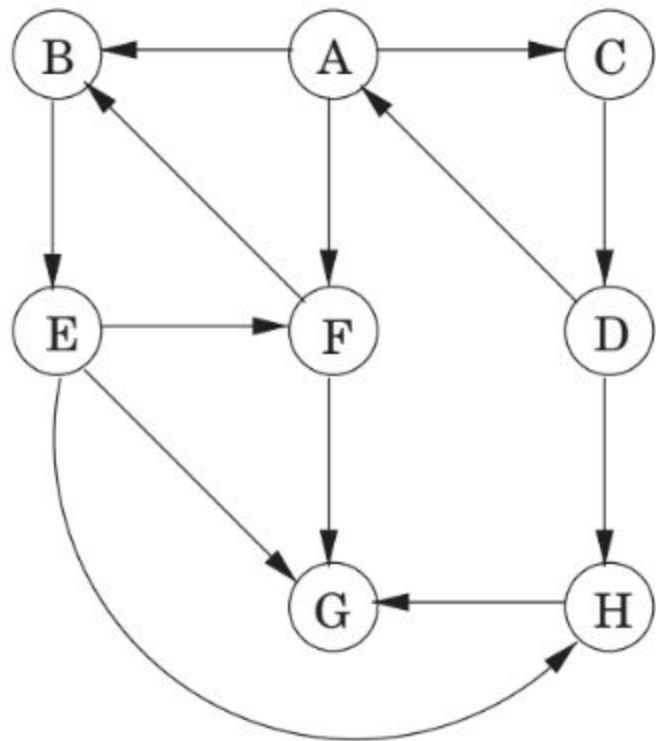
Busca em Largura - Exemplo

Executar o algoritmo de busca em largura e ao final exibir o vetor distância d e o vetor predecessor π



OBS: Use ordem alfabética para qualquer tipo de tomada de decisão

Busca em Largura - Exemplo



	A	B	C	D	E	F	G	H
d :	1	2	2	0	3	2	2	1

	A	B	C	D	E	F	G	H
π :	D	A	A	N	B	A	H	D



UNIVERSIDADE
FEDERAL DO CEARÁ

CAMPUS DE RUSSAS

Algoritmos em Grafos

Aula 11: Busca em Grafos(Largura)

Professor Pablo Soares

2022.1