

# Algoritmos e Teoria dos Grafos

## Tópico 12: Busca em Grafos

Renato Carmo

André Guedes

Murilo Silva

Nicollas Sdroievski

Departamento de Informática da UFPR

2026 - Primeiro semestre

# Aula de hoje

- 1 Algoritmo de busca
- 2 Versão restrita do algoritmo
- 3 Identificando componentes conexos

# Aula de hoje

- 1 Algoritmo de busca
- 2 Versão restrita do algoritmo
- 3 Identificando componentes conexos

# Busca em Grafos

Algoritmos que processam cada vértice e cada aresta de um grafo.

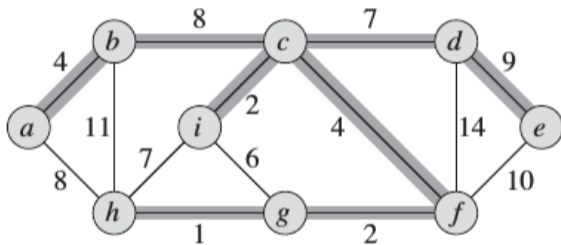


Figura: (Cormen, Leiserson, Rivest, and Stein, 2009, fig 23.1, p. 625)

# Algoritmo Genérico de Busca

---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$ 
processe  $r$ 
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$ 
acrescente  $r$  a  $V_1$ 
 $r.estado \leftarrow 1$ 
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$ 
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$ 
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$ 
  Se  $w \neq \text{NULL}$ 
    Se  $w.estado = 0$ 
      processe  $\{v, w\}$ 
      processe  $w$ 
       $w.pai \leftarrow v$ 
      acrescente  $w$  a  $V_1$ 
       $w.estado \leftarrow 1$ 
    Senão
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada
        processe  $\{v, w\}$ 
  Senão
    retire  $v$  de  $V_1$ 
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---

---

## Busca( $G$ )

---

```
Para  $v \in V(G)$ 
   $v.estado \leftarrow 0$ 
Para  $v \in V(G)$ 
  Se  $v.estado = 0$ 
    Busca( $G, v$ )
```

---

$G_r$  := componente de  $G$  que contém  $r$ ,

$V_0$  :=  $\{v \in V(G) \mid v.estado = 0\}$ ,

$V_1$  :=  $\{v \in V(G) \mid v.estado = 1\}$ ,

$V_2$  :=  $\{v \in V(G) \mid v.estado = 2\}$ ,

$H$  :=  $G[V_1 \cup V_2]$ ,

$T$  :=  $G[\{(v.pai, v) \mid v.pai \neq \Lambda\}] + r$ ,

# Algoritmo Genérico de Busca - Execução

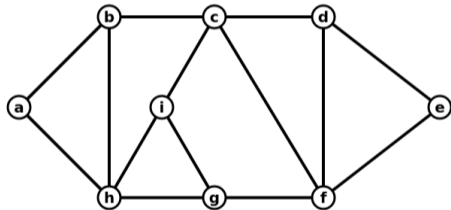
---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---



# Algoritmo Genérico de Busca - Execução

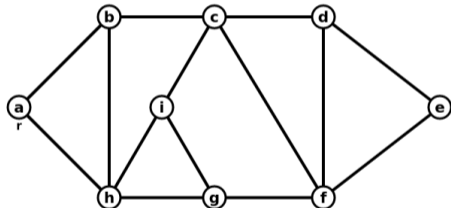
---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---



# Algoritmo Genérico de Busca - Execução

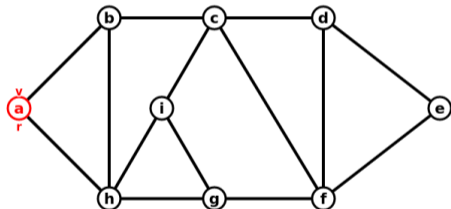
---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---



# Algoritmo Genérico de Busca - Execução

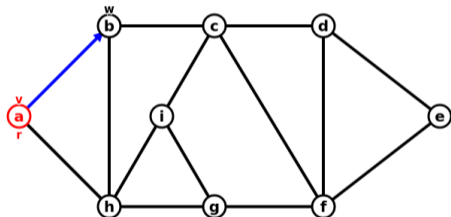
---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---



# Algoritmo Genérico de Busca - Execução

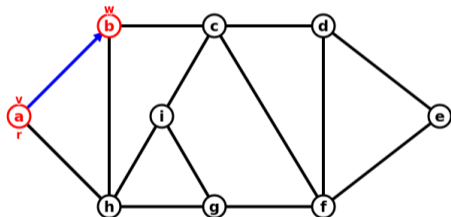
---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---



# Algoritmo Genérico de Busca - Execução

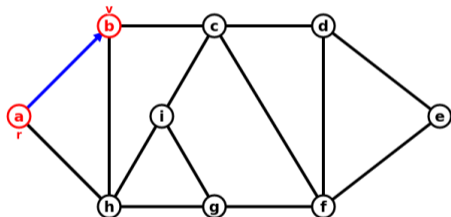
---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---



# Algoritmo Genérico de Busca - Execução

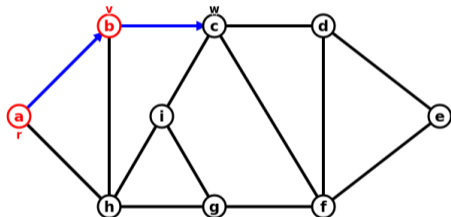
---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---



# Algoritmo Genérico de Busca - Execução

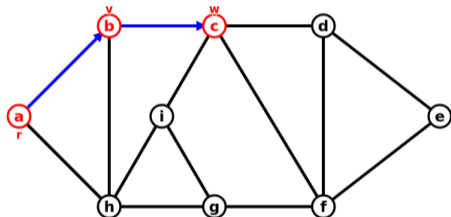
---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---



# Algoritmo Genérico de Busca - Execução

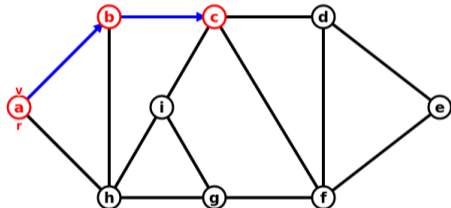
---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---



# Algoritmo Genérico de Busca - Execução

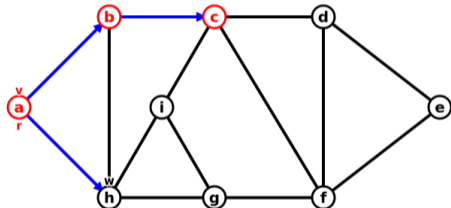
---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---



# Algoritmo Genérico de Busca - Execução

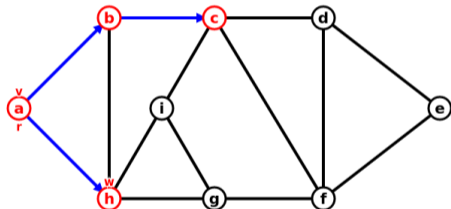
---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---



# Algoritmo Genérico de Busca - Execução

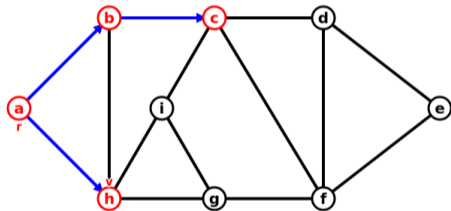
---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---



# Algoritmo Genérico de Busca - Execução

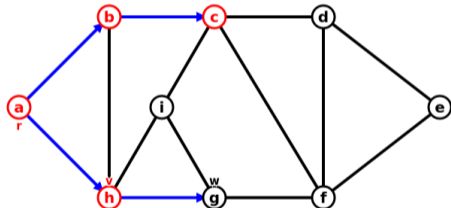
---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---



# Algoritmo Genérico de Busca - Execução

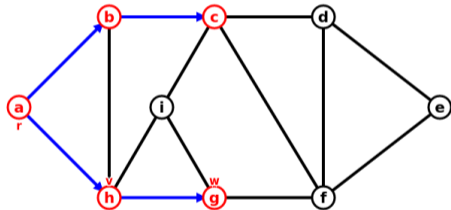
---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---



# Algoritmo Genérico de Busca - Execução

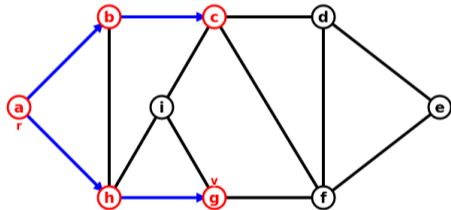
---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---



# Algoritmo Genérico de Busca - Execução

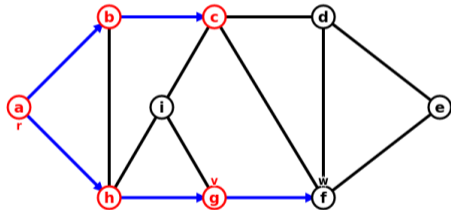
---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---



# Algoritmo Genérico de Busca - Execução

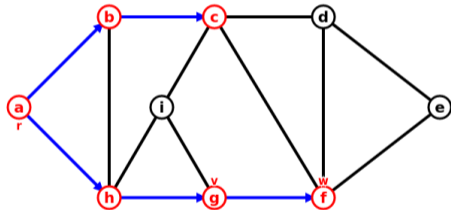
---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---



# Algoritmo Genérico de Busca - Execução

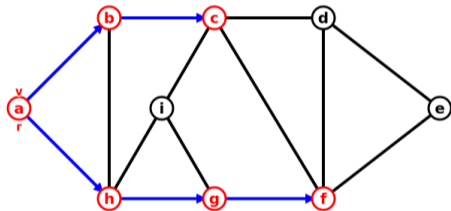
---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---



# Algoritmo Genérico de Busca - Execução

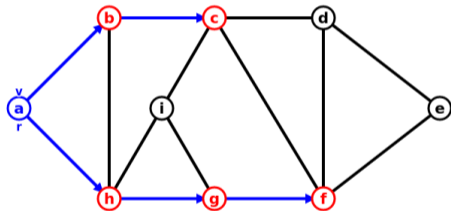
---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---



# Algoritmo Genérico de Busca - Execução

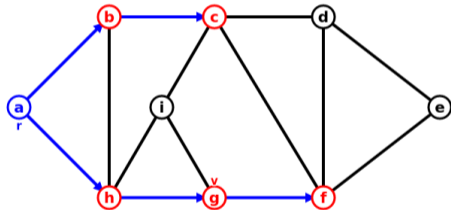
---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---



# Algoritmo Genérico de Busca - Execução

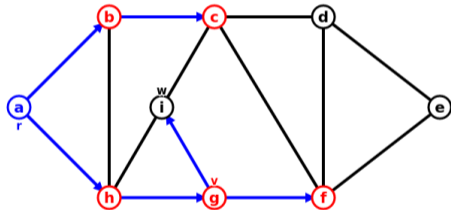
---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---



# Algoritmo Genérico de Busca - Execução

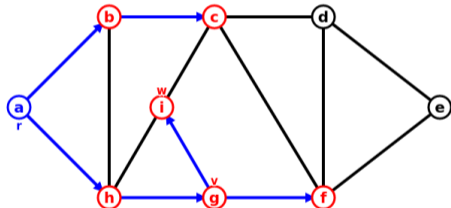
---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---



# Algoritmo Genérico de Busca - Execução

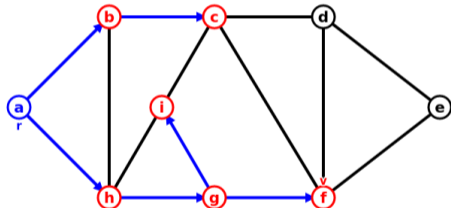
---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---



# Algoritmo Genérico de Busca - Execução

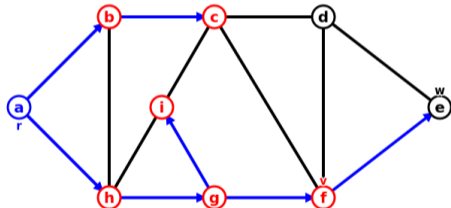
---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---



# Algoritmo Genérico de Busca - Execução

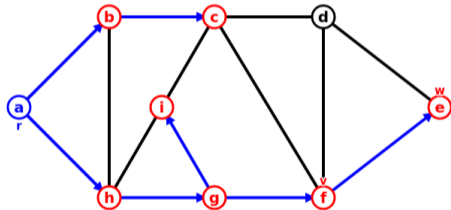
---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---



# Algoritmo Genérico de Busca - Execução

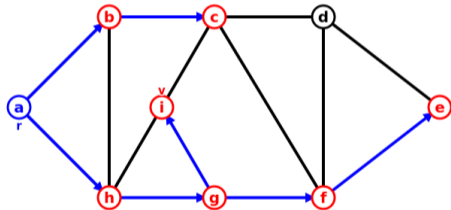
---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---



# Algoritmo Genérico de Busca - Execução

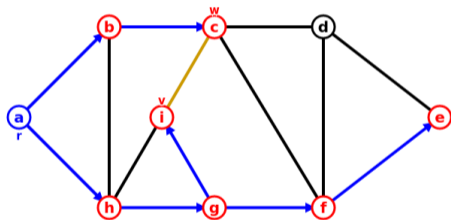
---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---



# Algoritmo Genérico de Busca - Execução

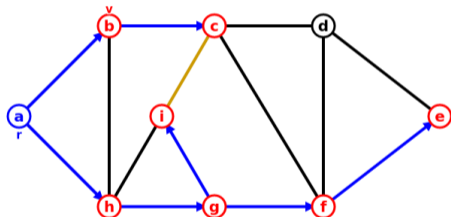
---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---



# Algoritmo Genérico de Busca - Execução

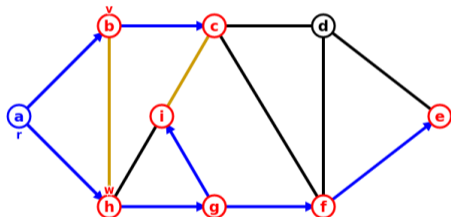
---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---



# Algoritmo Genérico de Busca - Execução

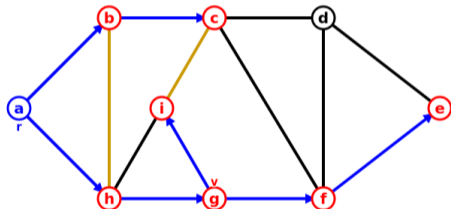
---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---



# Algoritmo Genérico de Busca - Execução

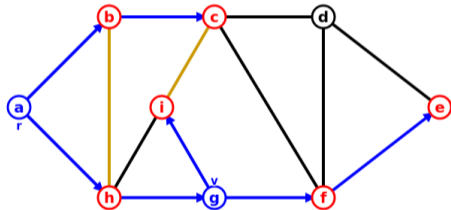
---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---



# Algoritmo Genérico de Busca - Execução

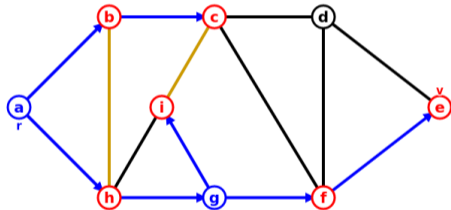
---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---



# Algoritmo Genérico de Busca - Execução

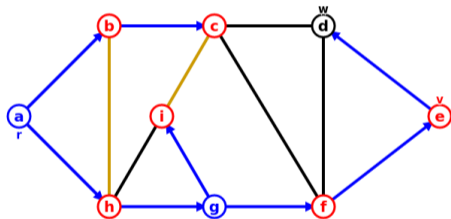
---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---



# Algoritmo Genérico de Busca - Execução

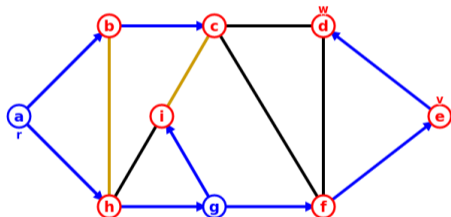
---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---



# Algoritmo Genérico de Busca - Execução

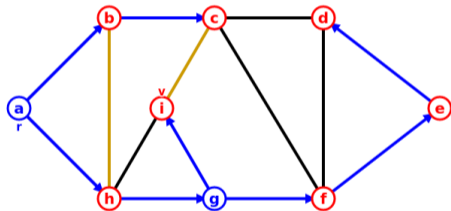
---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---



# Algoritmo Genérico de Busca - Execução

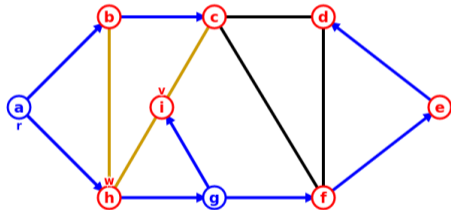
---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---



# Algoritmo Genérico de Busca - Execução

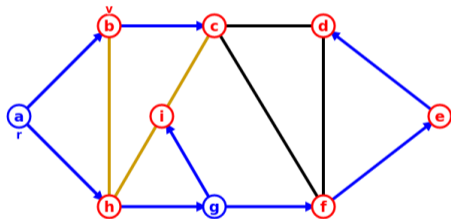
---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---



# Algoritmo Genérico de Busca - Execução

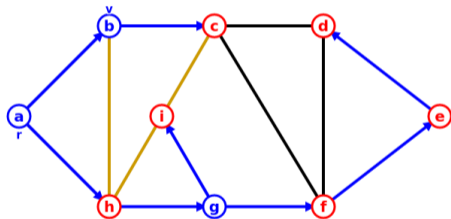
---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---



# Algoritmo Genérico de Busca - Execução

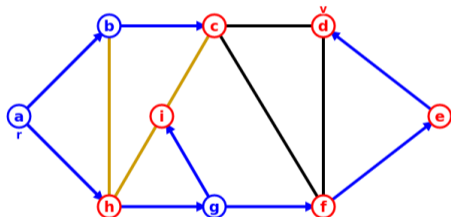
---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---



# Algoritmo Genérico de Busca - Execução

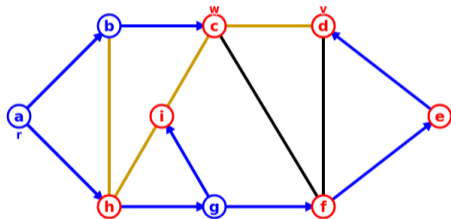
---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---



# Algoritmo Genérico de Busca - Execução

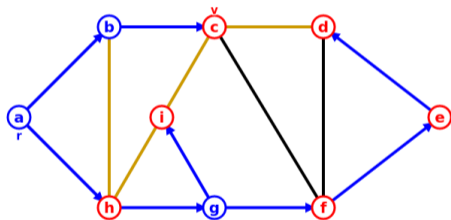
---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---





# Algoritmo Genérico de Busca - Execução

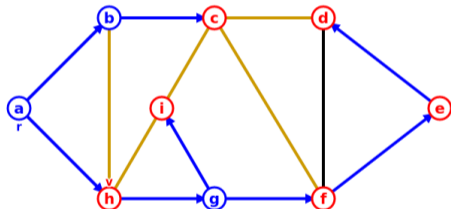
---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---



# Algoritmo Genérico de Busca - Execução

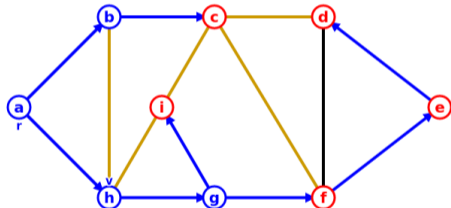
---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---



# Algoritmo Genérico de Busca - Execução

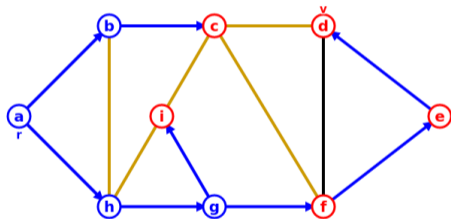
---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---





# Algoritmo Genérico de Busca - Execução

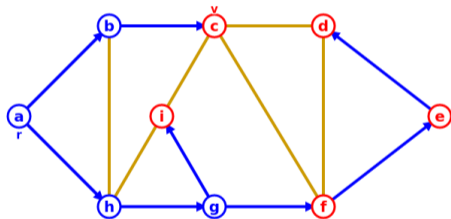
---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---



# Algoritmo Genérico de Busca - Execução

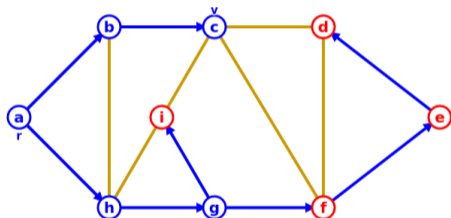
---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---



# Algoritmo Genérico de Busca - Execução

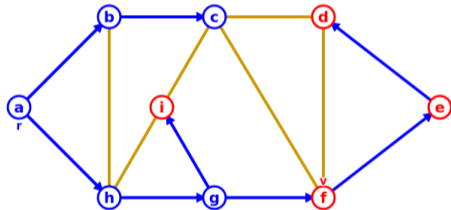
---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---



# Algoritmo Genérico de Busca - Execução

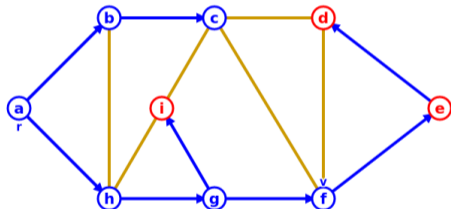
---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---



# Algoritmo Genérico de Busca - Execução

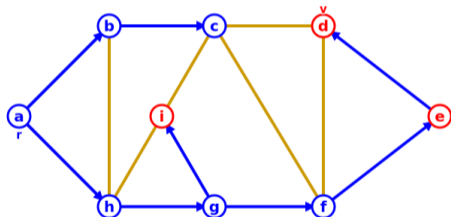
---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---



# Algoritmo Genérico de Busca - Execução

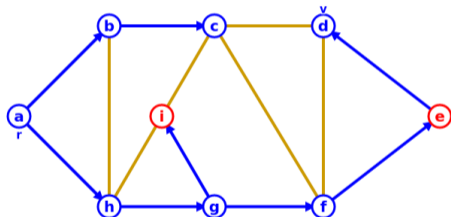
---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---



# Algoritmo Genérico de Busca - Execução

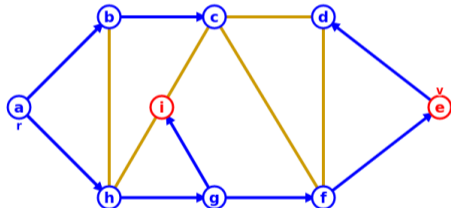
---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---



# Algoritmo Genérico de Busca - Execução

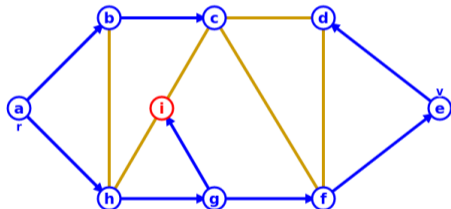
---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---



# Algoritmo Genérico de Busca - Execução

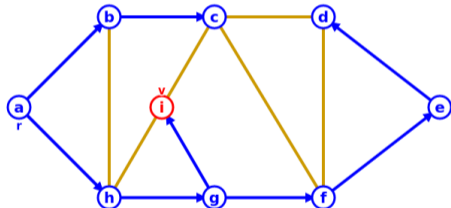
---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---





# Algoritmo Genérico de Busca

---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---

ao início de cada iteração,

# Algoritmo Genérico de Busca

---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---

ao início de cada iteração,

1.  $(T, r)$  - árvore enraizada geradora de  $H$

# Algoritmo Genérico de Busca

---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$ 
processe  $r$ 
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$ 
acrescente  $r$  a  $V_1$ 
 $r.estado \leftarrow 1$ 
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$ 
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$ 
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$ 
  Se  $w \neq \text{NULL}$ 
    Se  $w.estado = 0$ 
      processe  $\{v, w\}$ 
      processe  $w$ 
       $w.pai \leftarrow v$ 
      acrescente  $w$  a  $V_1$ 
       $w.estado \leftarrow 1$ 
    Senão
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada
        processe  $\{v, w\}$ 
  Senão
    retire  $v$  de  $V_1$ 
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---

ao início de cada iteração,

1.  $(T, r)$  - árvore enraizada geradora de  $H$
2.  $H$  - subgrafo conexo de  $G_r$ .

# Algoritmo Genérico de Busca

---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$ 
processe  $r$ 
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$ 
acrescente  $r$  a  $V_1$ 
 $r.estado \leftarrow 1$ 
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$ 
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$ 
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$ 
  Se  $w \neq \text{NULL}$ 
    Se  $w.estado = 0$ 
      processe  $\{v, w\}$ 
      processe  $w$ 
       $w.pai \leftarrow v$ 
      acrescente  $w$  a  $V_1$ 
       $w.estado \leftarrow 1$ 
    Senão
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada
        processe  $\{v, w\}$ 
  Senão
    retire  $v$  de  $V_1$ 
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---

ao início de cada iteração,

1.  $(T, r)$  - árvore enraizada geradora de  $H$
2.  $H$  - subgrafo conexo de  $G_r$ .
3.  $\{V_0, V_1, V_2\}$  - partição de  $V(G)$ ,

# Algoritmo Genérico de Busca

---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$ 
processe  $r$ 
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$ 
acrescente  $r$  a  $V_1$ 
 $r.estado \leftarrow 1$ 
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$ 
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$ 
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$ 
  Se  $w \neq \text{NULL}$ 
    Se  $w.estado = 0$ 
      processe  $\{v, w\}$ 
      processe  $w$ 
       $w.pai \leftarrow v$ 
      acrescente  $w$  a  $V_1$ 
       $w.estado \leftarrow 1$ 
    Senão
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada
        processe  $\{v, w\}$ 
  Senão
    retire  $v$  de  $V_1$ 
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---

ao início de cada iteração,

1.  $(T, r)$  - árvore enraizada geradora de  $H$
2.  $H$  - subgrafo conexo de  $G_r$ .
3.  $\{V_0, V_1, V_2\}$  - partição de  $V(G)$ ,
4.  $V(T)$ ,  $E(T)$  e  $E(G[V_2])$  estão processados,

# Algoritmo Genérico de Busca

---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---

ao início de cada iteração,

1.  $(T, r)$  - árvore enraizada geradora de  $H$
2.  $H$  - subgrafo conexo de  $G_r$ .
3.  $\{V_0, V_1, V_2\}$  - partição de  $V(G)$ ,
4.  $V(T)$ ,  $E(T)$  e  $E(G[V_2])$  estão processados,
5.  $\partial_G(V(H)) = \{\{v_0, v_1\} \in E(G) \mid v_0 \in V_0 \text{ e } v_1 \in V_1\}$ .

# Algoritmo Genérico de Busca

---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---

ao final do laço

# Algoritmo Genérico de Busca

---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---

ao final do laço

1.  $V_1 = \emptyset$  e, portanto,

# Algoritmo Genérico de Busca

---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$ 
processe  $r$ 
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$ 
acrescente  $r$  a  $V_1$ 
 $r.estado \leftarrow 1$ 
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$ 
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$ 
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$ 
  Se  $w \neq \text{NULL}$ 
    Se  $w.estado = 0$ 
      processe  $\{v, w\}$ 
      processe  $w$ 
       $w.pai \leftarrow v$ 
      acrescente  $w$  a  $V_1$ 
       $w.estado \leftarrow 1$ 
    Senão
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada
        processe  $\{v, w\}$ 
  Senão
    retire  $v$  de  $V_1$ 
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---

ao final do laço

1.  $V_1 = \emptyset$  e, portanto,
2.  $\partial_G(H) = \emptyset$  e, portanto,

# Algoritmo Genérico de Busca

---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---

ao final do laço

1.  $V_1 = \emptyset$  e, portanto,
2.  $\partial_G(H) = \emptyset$  e, portanto,
3.  $H$  é conexo, então (C. 55)  $H$  é componente de  $G$ ,

# Algoritmo Genérico de Busca

---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$ 
processe  $r$ 
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$ 
acrescente  $r$  a  $V_1$ 
 $r.estado \leftarrow 1$ 
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$ 
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$ 
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$ 
  Se  $w \neq \text{NULL}$ 
    Se  $w.estado = 0$ 
      processe  $\{v, w\}$ 
      processe  $w$ 
       $w.pai \leftarrow v$ 
      acrescente  $w$  a  $V_1$ 
       $w.estado \leftarrow 1$ 
    Senão
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada
        processe  $\{v, w\}$ 
  Senão
    retire  $v$  de  $V_1$ 
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---

ao final do laço

1.  $V_1 = \emptyset$  e, portanto,
2.  $\partial_G(H) = \emptyset$  e, portanto,
3.  $H$  é conexo, então (C. 55)  $H$  é componente de  $G$ ,
4.  $r \in V(H)$ , então  $H = G_r$ ,

# Algoritmo Genérico de Busca

---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$ 
processe  $r$ 
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$ 
acrescente  $r$  a  $V_1$ 
 $r.estado \leftarrow 1$ 
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$ 
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$ 
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$ 
  Se  $w \neq \text{NULL}$ 
    Se  $w.estado = 0$ 
      processe  $\{v, w\}$ 
      processe  $w$ 
       $w.pai \leftarrow v$ 
      acrescente  $w$  a  $V_1$ 
       $w.estado \leftarrow 1$ 
    Senão
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada
        processe  $\{v, w\}$ 
  Senão
    retire  $v$  de  $V_1$ 
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---

ao final do laço

1.  $V_1 = \emptyset$  e, portanto,
2.  $\partial_G(H) = \emptyset$  e, portanto,
3.  $H$  é conexo, então (C. 55)  $H$  é componente de  $G$ ,
4.  $r \in V(H)$ , então  $H = G_r$ ,
5.  $(T, r)$  é uma árvore enraizada geradora de  $G_r$ ,

# Algoritmo Genérico de Busca

---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$ 
processe  $r$ 
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$ 
acrescente  $r$  a  $V_1$ 
 $r.estado \leftarrow 1$ 
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$ 
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$ 
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$ 
  Se  $w \neq \text{NULL}$ 
    Se  $w.estado = 0$ 
      processe  $\{v, w\}$ 
      processe  $w$ 
       $w.pai \leftarrow v$ 
      acrescente  $w$  a  $V_1$ 
       $w.estado \leftarrow 1$ 
    Senão
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada
        processe  $\{v, w\}$ 
  Senão
    retire  $v$  de  $V_1$ 
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---

ao final do laço

1.  $V_1 = \emptyset$  e, portanto,
2.  $\partial_G(H) = \emptyset$  e, portanto,
3.  $H$  é conexo, então (C. 55)  $H$  é componente de  $G$ ,
4.  $r \in V(H)$ , então  $H = G_r$ ,
5.  $(T, r)$  é uma árvore enraizada geradora de  $G_r$ ,
6. todos vértices e arestas de  $G_r$  foram processados.

# Algoritmo Genérico de Busca

---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---

a cada volta do laço

# Algoritmo Genérico de Busca

---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$ 
processe  $r$ 
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$ 
acrescente  $r$  a  $V_1$ 
 $r.estado \leftarrow 1$ 
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$ 
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$ 
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$ 
  Se  $w \neq \text{NULL}$ 
    Se  $w.estado = 0$ 
      processe  $\{v, w\}$ 
      processe  $w$ 
       $w.pai \leftarrow v$ 
      acrescente  $w$  a  $V_1$ 
       $w.estado \leftarrow 1$ 
    Senão
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada
        processe  $\{v, w\}$ 
  Senão
    retire  $v$  de  $V_1$ 
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---

a cada volta do laço

1. um vértice  $v \in V_1$  é escolhido e

# Algoritmo Genérico de Busca

---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$ 
processe  $r$ 
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$ 
acrescente  $r$  a  $V_1$ 
 $r.estado \leftarrow 1$ 
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$ 
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$ 
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$ 
  Se  $w \neq \text{NULL}$ 
    Se  $w.estado = 0$ 
      processe  $\{v, w\}$ 
      processe  $w$ 
       $w.pai \leftarrow v$ 
      acrescente  $w$  a  $V_1$ 
       $w.estado \leftarrow 1$ 
    Senão
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada
        processe  $\{v, w\}$ 
  Senão
    retire  $v$  de  $V_1$ 
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---

a cada volta do laço

1. um vértice  $v \in V_1$  é escolhido e
  - 1.1 um novo vizinho  $w$  de  $v$  é escolhido, ou

# Algoritmo Genérico de Busca

---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$   
processe  $r$   
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$   
acrescente  $r$  a  $V_1$   
 $r.estado \leftarrow 1$   
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$   
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$   
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$   
  Se  $w \neq \text{NULL}$   
    Se  $w.estado = 0$   
      processe  $\{v, w\}$   
      processe  $w$   
       $w.pai \leftarrow v$   
      acrescente  $w$  a  $V_1$   
       $w.estado \leftarrow 1$   
    Senão  
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada  
        processe  $\{v, w\}$   
  Senão  
    retire  $v$  de  $V_1$   
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---

a cada volta do laço

1. um vértice  $v \in V_1$  é escolhido e
  - 1.1 um novo vizinho  $w$  de  $v$  é escolhido, ou
  - 1.2  $v$  sai de  $V_1$  e vai para  $V_2$ , de forma que

# Algoritmo Genérico de Busca

---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$ 
processe  $r$ 
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$ 
acrescente  $r$  a  $V_1$ 
 $r.estado \leftarrow 1$ 
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$ 
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$ 
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$ 
  Se  $w \neq \text{NULL}$ 
    Se  $w.estado = 0$ 
      processe  $\{v, w\}$ 
      processe  $w$ 
       $w.pai \leftarrow v$ 
      acrescente  $w$  a  $V_1$ 
       $w.estado \leftarrow 1$ 
    Senão
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada
        processe  $\{v, w\}$ 
  Senão
    retire  $v$  de  $V_1$ 
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---

a cada volta do laço

1. um vértice  $v \in V_1$  é escolhido e
  - 1.1 um novo vizinho  $w$  de  $v$  é escolhido, ou
  - 1.2  $v$  sai de  $V_1$  e vai para  $V_2$ , de forma que
2. cada vértice  $v$  é escolhido exatamente  $\delta_G(v) + 1$  vezes

# Algoritmo Genérico de Busca

---

## Busca( $G, r$ )

---

```
 $V_1 \leftarrow \emptyset$ 
processe  $r$ 
 $r.pai \leftarrow \text{NULL}$ 
acrescente  $r$  a  $V_1$ 
 $r.estado \leftarrow 1$ 
Enquanto  $V_1 \neq \emptyset$ 
   $v \leftarrow$  vértice em  $V_1$ 
   $w \leftarrow \text{Próximo}(\Gamma_G(v))$ 
  Se  $w \neq \text{NULL}$ 
    Se  $w.estado = 0$ 
      processe  $\{v, w\}$ 
      processe  $w$ 
       $w.pai \leftarrow v$ 
      acrescente  $w$  a  $V_1$ 
       $w.estado \leftarrow 1$ 
    Senão
      Se  $\{v, w\}$  não foi processada
        processe  $\{v, w\}$ 
  Senão
    retire  $v$  de  $V_1$ 
     $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---

a cada volta do laço

1. um vértice  $v \in V_1$  é escolhido e
  - 1.1 um novo vizinho  $w$  de  $v$  é escolhido, ou
  - 1.2  $v$  sai de  $V_1$  e vai para  $V_2$ , de forma que
2. cada vértice  $v$  é escolhido exatamente  $\delta_G(v) + 1$  vezes
3. o laço é executado exatamente  $\sum_{v \in V(G_r)} (\delta_G(v) + 1) = 2|E(G_r)| + |V(G_r)|$  vezes.

## Teorema 73

$G_r$  : componente de  $G$  que contém o vértice  $r$

## Teorema 73

$G_r$  : componente de  $G$  que contém o vértice  $r$

Busca( $G, r$ ) devolve árvore enraizada  $(T, r)$  geradora de  $G_r$

## Teorema 73

$G_r$  : componente de  $G$  que contém o vértice  $r$

Busca( $G, r$ ) devolve árvore enraizada  $(T, r)$  geradora de  $G_r$

processa todos os vértices e arestas de  $G_r$

## Teorema 73

$G_r$  : componente de  $G$  que contém o vértice  $r$

$\text{Busca}(G, r)$  devolve árvore enraizada  $(T, r)$  geradora de  $G_r$

processa todos os vértices e arestas de  $G_r$

$2|E(G_r)| + |V(G_r)|$  voltas do laço

## Teorema 73

$G_r$  : componente de  $G$  que contém o vértice  $r$

Busca( $G, r$ ) devolve árvore enraizada  $(T, r)$  geradora de  $G_r$

processa todos os vértices e arestas de  $G_r$

$2|E(G_r)| + |V(G_r)|$  voltas do laço

Diferentes árvores geradoras de  $G_r$  são construídas, dependendo dos vértices escolhidos em cada iteração.

# Aula de hoje

- 1 Algoritmo de busca
- 2 **Versão restrita do algoritmo**
- 3 Identificando componentes conexos

## Versão mais restrita (e útil) do algoritmo

Caso particular em que sempre se escolhe o mesmo vértice de  $V_1$

## Versão mais restrita (e útil) do algoritmo

Caso particular em que sempre se escolhe o mesmo vértice de  $V_1$  (até que se esgote sua vizinhança)

## Versão mais restrita (e útil) do algoritmo

Caso particular em que sempre se escolhe o mesmo vértice de  $V_1$  (até que se esgote sua vizinhança)

- Com isso, algoritmo pode ser escrito desta forma:

# Versão mais restrita (e útil) do algoritmo

Caso particular em que sempre se escolhe o mesmo vértice de  $V_1$  (até que se esgote sua vizinhança)

- Com isso, algoritmo pode ser escrito desta forma:

---

## Busca( $G, r$ )

---

```
processe  $r$ 
 $r.pai \leftarrow \Lambda$ 
 $r.estado \leftarrow 1$ 
 $V \leftarrow \{r\}$ 
Enquanto  $V \neq \emptyset$ 
  retire um vértice  $v$  de  $V$ 
  Para cada  $w \in \Gamma_G(v)$ 
    Se  $w.estado = 0$ 
      processe  $w$ 
      processe  $\{v, w\}$ 
       $w.pai \leftarrow v$ 
       $w.estado \leftarrow 1$ 
      acrescente  $w$  a  $V$ 
    Senão, se  $w.estado = 1$ 
      processe  $\{v, w\}$ 
   $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---

# Versão mais restrita (e útil) do algoritmo

Caso particular em que sempre se escolhe o mesmo vértice de  $V_1$  (até que se esgote sua vizinhança)

- Com isso, algoritmo pode ser escrito desta forma:

---

## Busca( $G, r$ )

---

```
processe  $r$ 
 $r.pai \leftarrow \Lambda$ 
 $r.estado \leftarrow 1$ 
 $V \leftarrow \{r\}$ 
Enquanto  $V \neq \emptyset$ 
  retire um vértice  $v$  de  $V$ 
  Para cada  $w \in \Gamma_G(v)$ 
    Se  $w.estado = 0$ 
      processe  $w$ 
      processe  $\{v, w\}$ 
       $w.pai \leftarrow v$ 
       $w.estado \leftarrow 1$ 
      acrescente  $w$  a  $V$ 
    Senão, se  $w.estado = 1$ 
      processe  $\{v, w\}$ 
 $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---

- Note: estamos usando  $V$  para representar  $V_1$

# Versão mais restrita (e útil) do algoritmo

Caso particular em que sempre se escolhe o mesmo vértice de  $V_1$  (até que se esgote sua vizinhança)

- Com isso, algoritmo pode ser escrito desta forma:

---

## Busca( $G, r$ )

---

```
processe  $r$ 
 $r.pai \leftarrow \Lambda$ 
 $r.estado \leftarrow 1$ 
 $V \leftarrow \{r\}$ 
Enquanto  $V \neq \emptyset$ 
  retire um vértice  $v$  de  $V$ 
  Para cada  $w \in \Gamma_G(v)$ 
    Se  $w.estado = 0$ 
      processe  $w$ 
      processe  $\{v, w\}$ 
       $w.pai \leftarrow v$ 
       $w.estado \leftarrow 1$ 
      acrescente  $w$  a  $V$ 
    Senão, se  $w.estado = 1$ 
      processe  $\{v, w\}$ 
 $v.estado \leftarrow 2$ 
```

---

- Note: estamos usando  $V$  para representar  $V_1$  (afinal, é o único conjunto de vértices sendo armazenado pelo algoritmo)

# Aula de hoje

- 1 Algoritmo de busca
- 2 Versão restrita do algoritmo
- 3 Identificando componentes conexos**

# Componentes Conexos

---

## Componentes( $G$ )

---

Para **cada**  $v \in V(G)$

$v.estado \leftarrow 0$

$v.componente \leftarrow 0$

$c \leftarrow 0$

Para **cada**  $v \in V(G)$

Se  $v.estado = 0$

$v.componente \leftarrow ++c$

Componente( $G, v$ )

---

---

## Componente( $G, r$ )

---

$V \leftarrow \emptyset$

acrescente  $r$  a  $V$

$r.estado \leftarrow 1$

Enquanto  $V \neq \emptyset$

retire um vértice  $v$  de  $V$

Para **cada**  $w \in \Gamma_G(v)$

Se  $w.estado = 0$

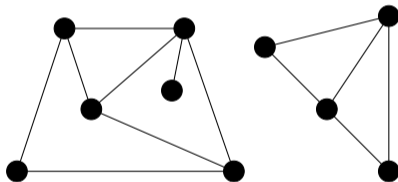
$w.componente \leftarrow r.componente$

acrescente  $w$  a  $V$

$w.estado \leftarrow 1$

$v.estado \leftarrow 2$

---



# Teorema

É possível determinar os componentes de um grafo de  $n$  vértices e  $m$  arestas em tempo  $O(n + m)$ .

# Teorema

É possível determinar os componentes de um grafo de  $n$  vértices e  $m$  arestas em tempo  $O(n + m)$ .

Demonstração:

# Teorema

É possível determinar os componentes de um grafo de  $n$  vértices e  $m$  arestas em tempo  $O(n + m)$ .

Demonstração:

Basta implementar o conjunto  $V$  no Algoritmo Componentes( $G, r$ ) por meio de uma lista encadeada.