

# Grafos

*Dectecção de ciclos em grafos de sucessores*

**Prof. Edson Alves**

**Faculdade UnB Gama**

## **Identificação de ciclos**

## Identificação de ciclos

Seja  $G$  um grafo de sucessores que contém um caminho que termine em um ciclo.

## Identificação de ciclos

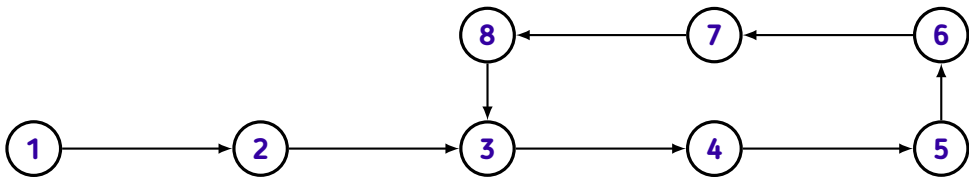
Seja  $G$  um grafo de sucessores que contém um caminho que termine em um ciclo.

1. Qual é o nó de menor índice que pertence ao ciclo? ( $\mu$ )
2. O ciclo contém quantos nós? ( $\lambda$ )

## Identificação de ciclos

Seja  $G$  um grafo de sucessores que contém um caminho que termine em um ciclo.

1. Qual é o nó de menor índice que pertence ao ciclo? ( $\mu$ )
2. O ciclo contém quantos nós? ( $\lambda$ )



## **Algoritmo linear em execução e memória**

## Algoritmo linear em execução e memória

1. Faça  $u = 1$  e  $s = \emptyset$

## Algoritmo linear em execução e memória

1. Faça  $u = 1$  e  $s = \emptyset$

2. Enquanto  $u \notin s$ :



## Algoritmo linear em execução e memória

1. Faça  $u = 1$  e  $s = \emptyset$

2. Enquanto  $u \notin s$ :

(a) Insira  $u$  em  $s$

## Algoritmo linear em execução e memória

1. **Faça**  $u = 1$  **e**  $s = \emptyset$

2. **Enquanto**  $u \notin s$ :

(a) **Insira**  $u$  **em**  $s$

(b) **Faça**  $u = \text{succ}(u)$

## Algoritmo linear em execução e memória

1. **Faça**  $u = 1$  **e**  $s = \emptyset$

2. **Enquanto**  $u \notin s$ :

(a) **Insira**  $u$  **em**  $s$

(b) **Faça**  $u = \text{succ}(u)$

3.  $\mu = u$

## Algoritmo linear em execução e memória

1. **Faça**  $u = 1$  **e**  $s = \emptyset$

2. **Enquanto**  $u \notin s$ :

(a) **Insira**  $u$  **em**  $s$

(b) **Faça**  $u = \text{succ}(u)$

3.  $\mu = u$

4.  $\lambda = N - \mu + 1$ , **onde**  $N = |V|$

```
pair<int, int> detect_cycle(int N, const vector<int>& succ)
{
    int u = 1;
    unordered_set<int> s;

    while (not s.count(u))
    {
        s.insert(u);
        u = succ[u];
    }

    auto mu = u;
    auto lambda = N - u + 1;

    return { mu, lambda };
}
```

## **Algoritmo de Floyd**

# Algoritmo de Floyd

- ★ Também conhecido como algoritmo da lebre e da tartaruga

## Algoritmo de Floyd

- ★ Também conhecido como algoritmo da lebre e da tartaruga
- ★ Identifica um ciclo com execução  $O(N)$  e memória  $O(1)$



## Algoritmo de Floyd

- ★ Também conhecido como algoritmo da lebre e da tartaruga
- ★ Identifica um ciclo com execução  $O(N)$  e memória  $O(1)$
- ★ Utilizada dois ponteiros: a lebre e a tartaruga

## Algoritmo de Floyd

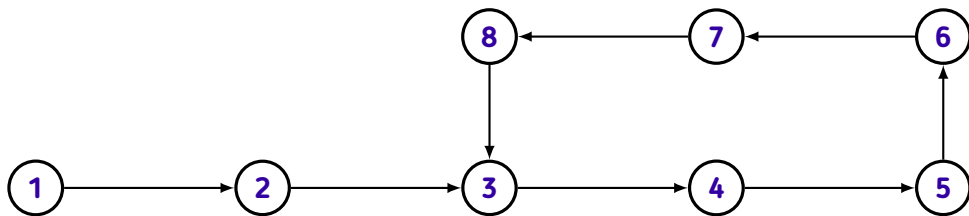
- ★ Também conhecido como algoritmo da lebre e da tartaruga
- ★ Identifica um ciclo com execução  $O(N)$  e memória  $O(1)$
- ★ Utilizada dois ponteiros: a lebre e a tartaruga
- ★ A cada passo da tartaruga, a lebre caminha dois passos

## Algoritmo de Floyd

- ★ Também conhecido como algoritmo da lebre e da tartaruga
- ★ Identifica um ciclo com execução  $O(N)$  e memória  $O(1)$
- ★ Utilizada dois ponteiros: a lebre e a tartaruga
- ★ A cada passo da tartaruga, a lebre caminha dois passos
- ★ É composto de 3 etapas

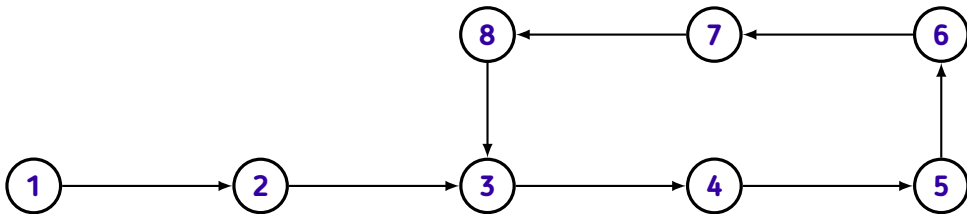
## **Etapa 1: Identificação do ciclo**

## Etapa 1: Identificação do ciclo



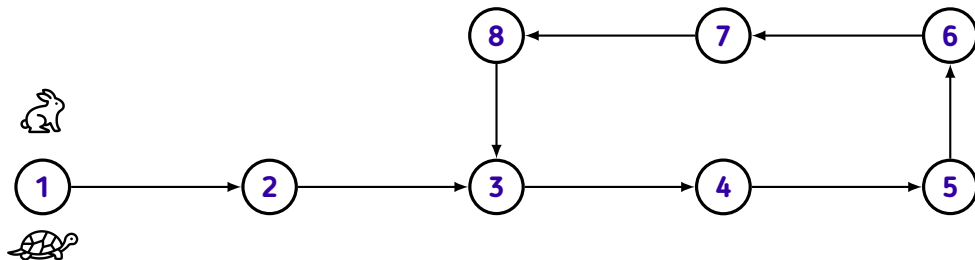
## Etapa 1: Identificação do ciclo

(a) A tartaruga e a lebre são posicionadas no primeiro vértice



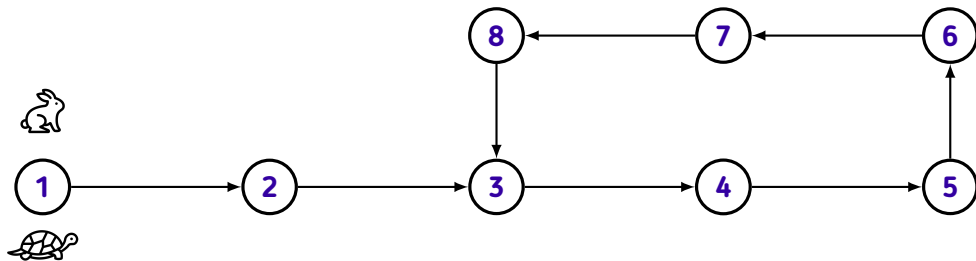
## Etapa 1: Identificação do ciclo

(a) A tartaruga e a lebre são posicionadas no primeiro vértice



## Etapa 1: Identificação do ciclo

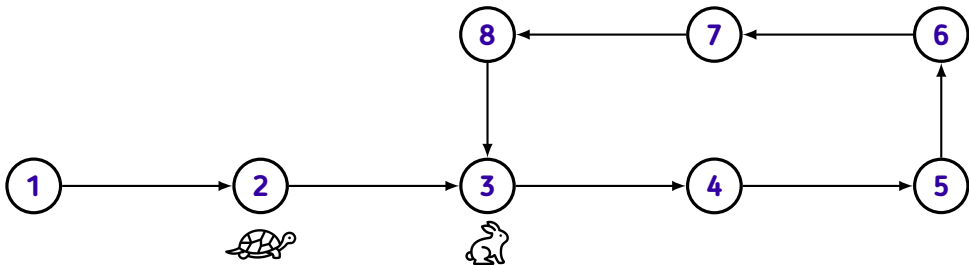
(b) A lebre dá dois passos, a tartaruga um, até se reencontrarem





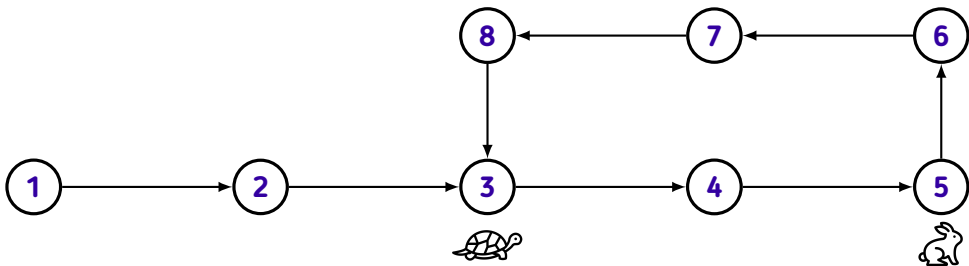
## Etapa 1: Identificação do ciclo

(b) A lebre dá dois passos, a tartaruga um, até se reencontrarem



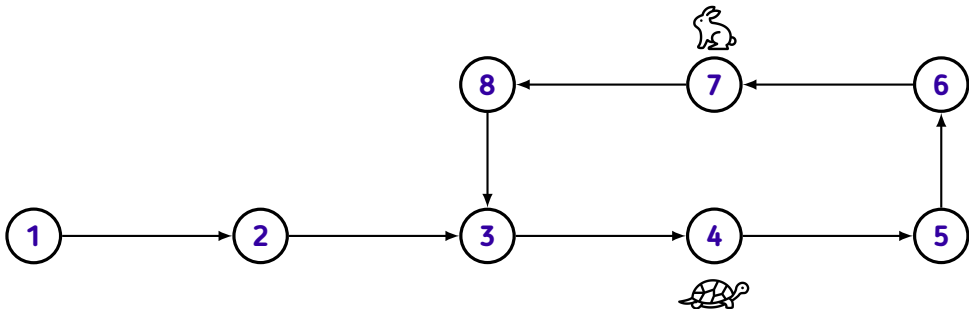
## Etapa 1: Identificação do ciclo

(b) A lebre dá dois passos, a tartaruga um, até se reencontrarem



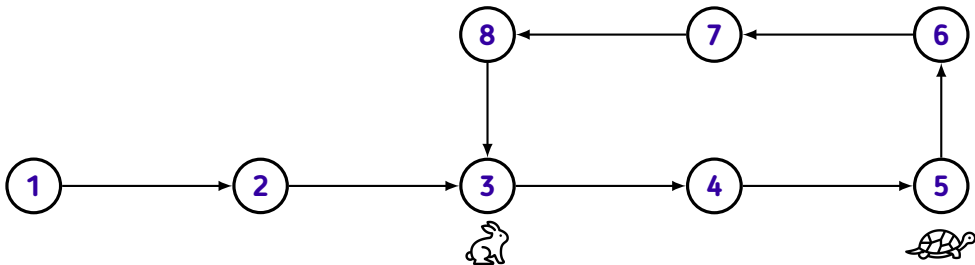
## Etapa 1: Identificação do ciclo

(b) A lebre dá dois passos, a tartaruga um, até se reencontrarem



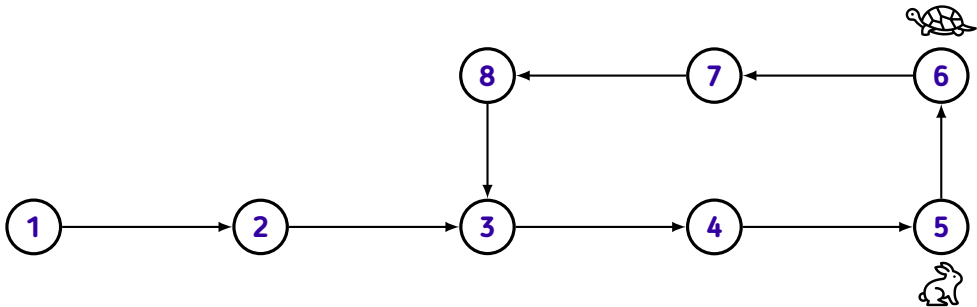
## Etapa 1: Identificação do ciclo

(b) A lebre dá dois passos, a tartaruga um, até se reencontrarem



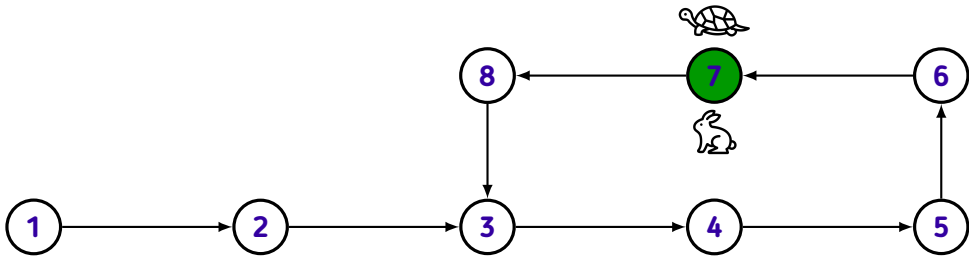
## Etapa 1: Identificação do ciclo

(b) A lebre dá dois passos, a tartaruga um, até se reencontrarem



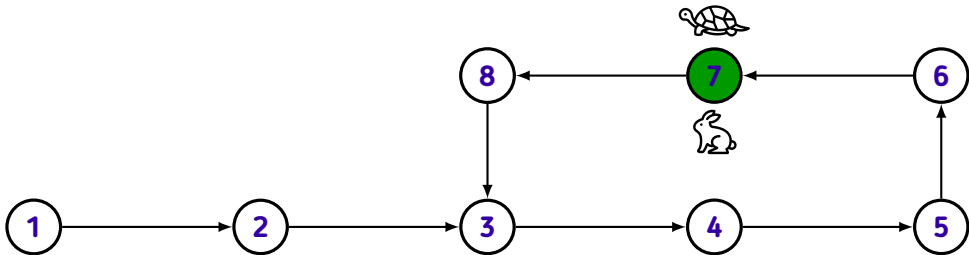
## Etapa 1: Identificação do ciclo

(b) A lebre dá dois passos, a tartaruga um, até se reencontrarem



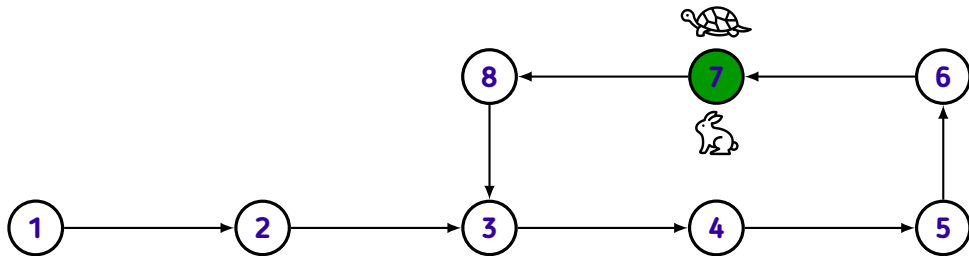
## Etapa 1: Identificação do ciclo

A tartaruga andou  $k$  passos e a lebre andou  $2k$  passos



## Etapa 1: Identificação do ciclo

Logo,  $\lambda$  divide  $k$



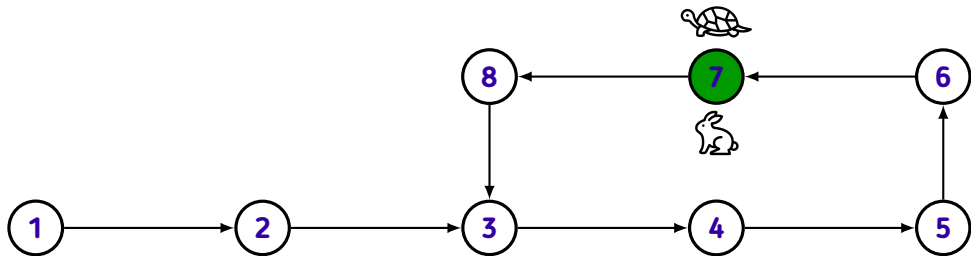


```
pair<int, int> floyd(const vector<int>& succ)
{
    // Etapa 1: H é a lebre, T a tartaruga
    int L = 1, H = 1;

    do
    {
        L = succ[L];
        H = succ[succ[H]];
    } while (L != H);
```

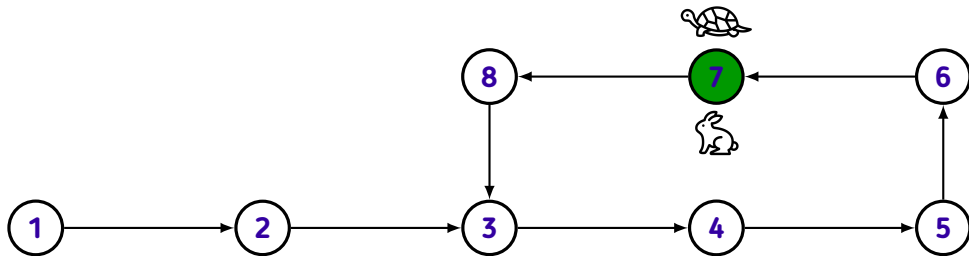
## Etapa 2: Encontrando $\mu$

## Etapa 2: Encontrando $\mu$



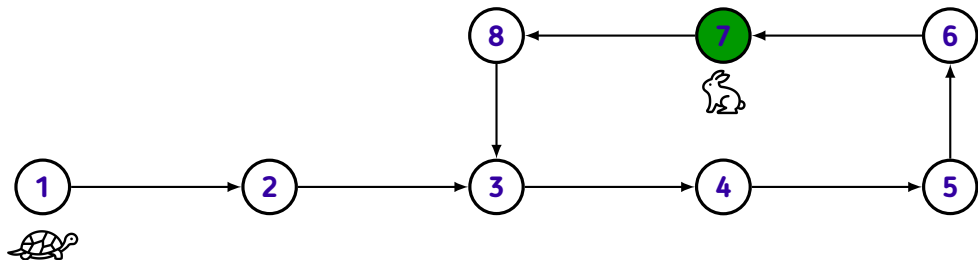
## Etapa 2: Encontrando $\mu$

(a) A tartaruga volta para o ponto de partida



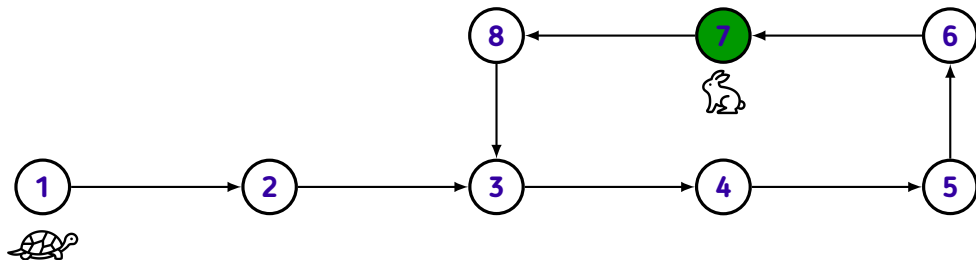
## Etapa 2: Encontrando $\mu$

(a) A tartaruga volta para o ponto de partida



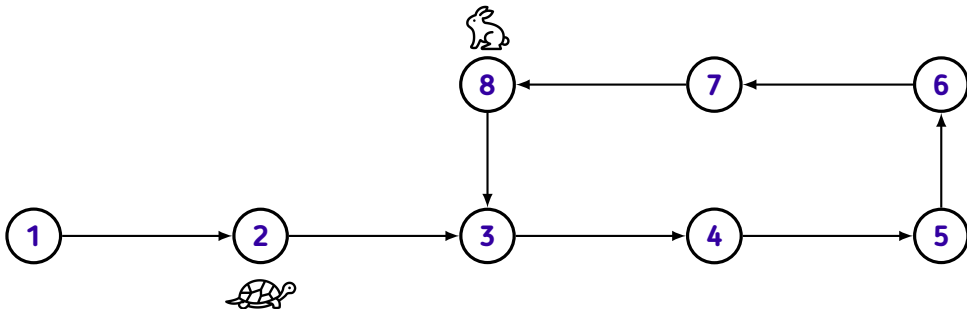
## Etapa 2: Encontrando $\mu$

(b) Agora ambos andam um passo por vez até se encontrarem



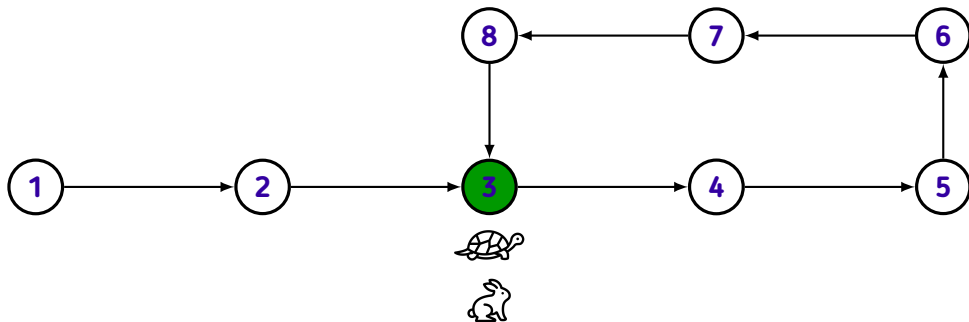
## Etapa 2: Encontrando $\mu$

(b) Agora ambos andam um passo por vez até se encontrarem



## Etapa 2: Encontrando $\mu$

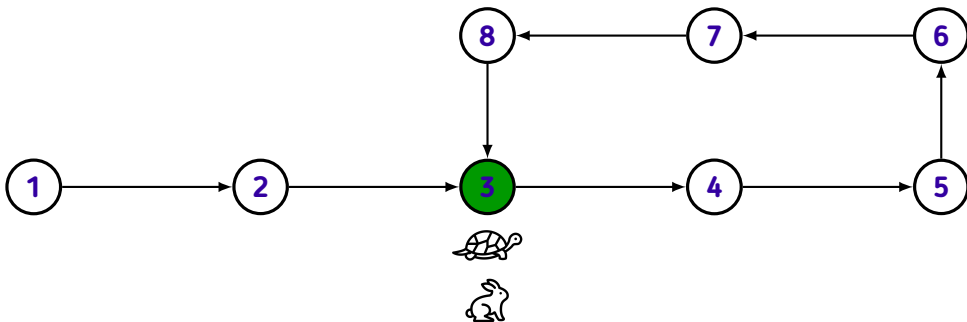
(b) Agora ambos andam um passo por vez até se encontrarem





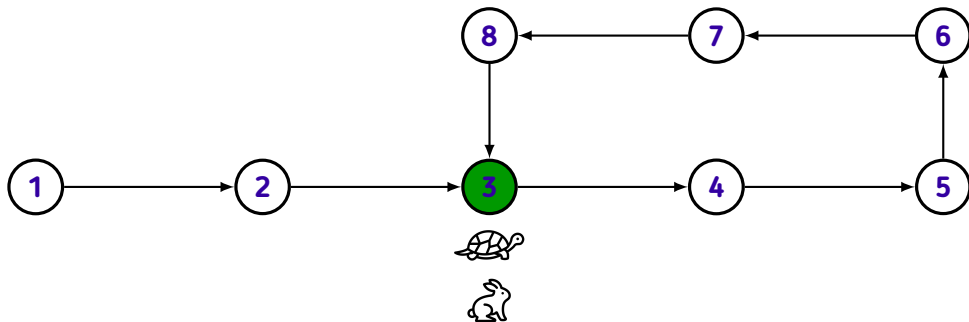
## Etapa 2: Encontrando $\mu$

O ponto de encontro é o primeiro nó do ciclo



## Etapa 2: Encontrando $\mu$

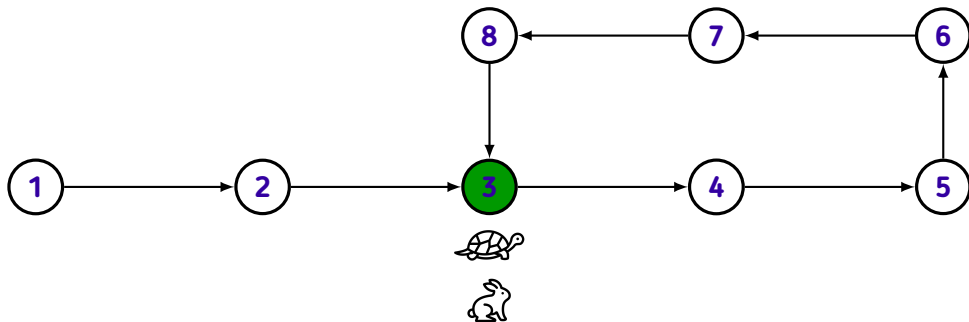
Logo,  $\mu = 3$



```
L = 1;  
  
while (L != H)  
{  
    L = succ[L];  
    H = succ[H];  
}  
  
auto mu = L;
```

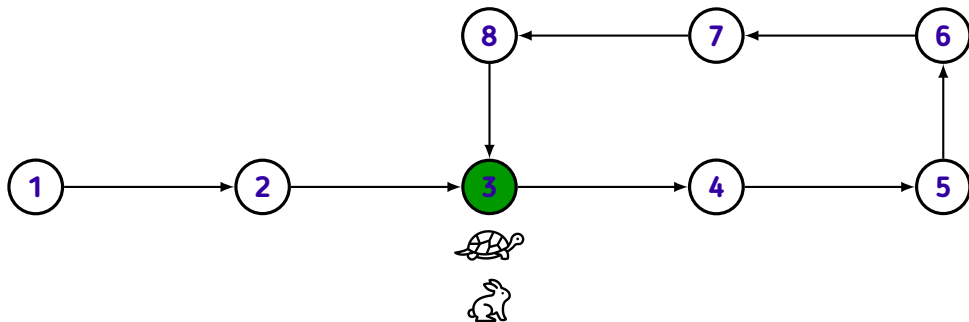
### **Etapas 3: Encontrando $\lambda$**

### Etapa 3: Encontrando $\lambda$



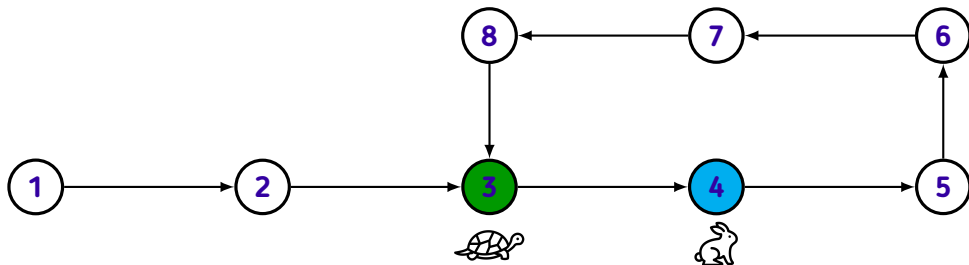
## Etapa 3: Encontrando $\lambda$

(a) A tartaruga espera enquanto a lebre percorre o ciclo



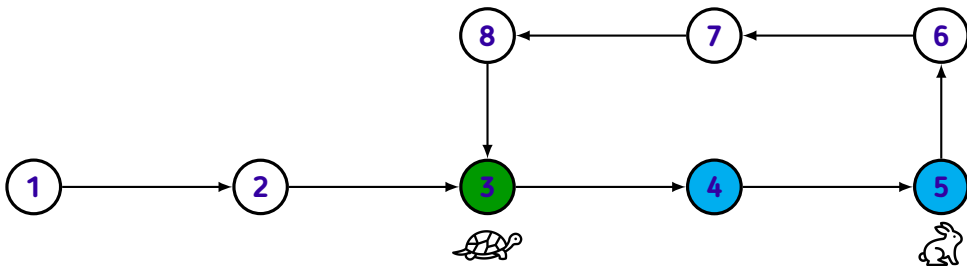
## Etapa 3: Encontrando $\lambda$

(a) A tartaruga espera enquanto a lebre percorre o ciclo



## Etapa 3: Encontrando $\lambda$

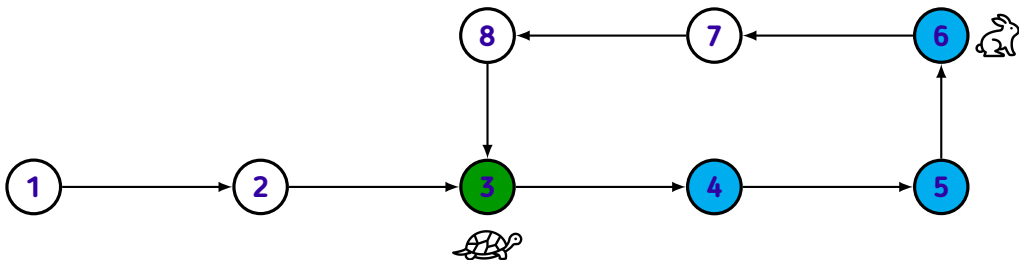
(a) A tartaruga espera enquanto a lebre percorre o ciclo





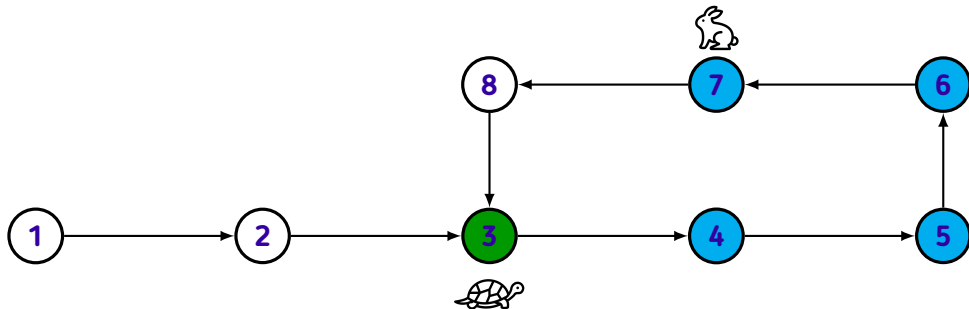
## Etapa 3: Encontrando $\lambda$

(a) A tartaruga espera enquanto a lebre percorre o ciclo



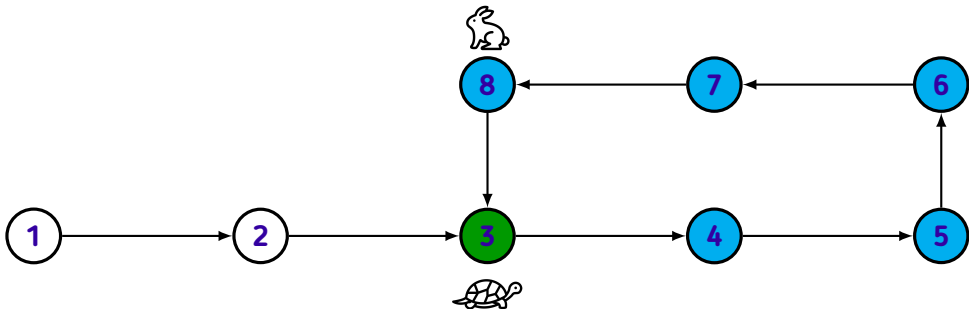
## Etapa 3: Encontrando $\lambda$

(a) A tartaruga espera enquanto a lebre percorre o ciclo



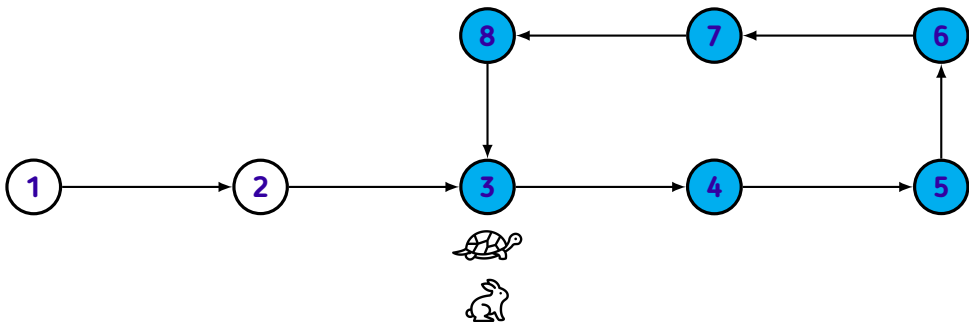
## Etapa 3: Encontrando $\lambda$

(a) A tartaruga espera enquanto a lebre percorre o ciclo



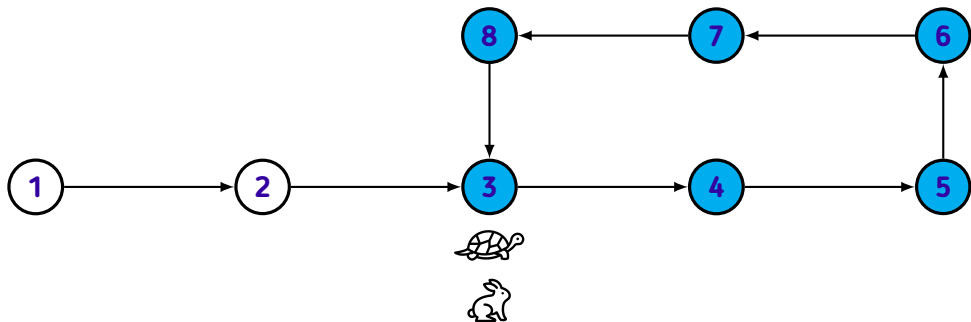
## Etapa 3: Encontrando $\lambda$

(a) A tartaruga espera enquanto a lebre percorre o ciclo



## Etapa 3: Encontrando $\lambda$

(b)  $\lambda$  será igual ao número de passos da lebre



```
auto lambda = 0;

do {
    H = succ[H];
    ++lambda;
} while (L != H);

return { mu, lambda };
}
```

## Referências

1. HALIM, Felix; HALIM, Steve. *Competitive Programming 3*, 2010.
2. LAAKSONEN, Antti. *Competitive Programmer's Handbook*, 2018.

## Créditos

- ★ Tortoise by Zohaib Bajwa from Noun Project (CC BY 3.0)
- ★ Rabbit by ARIS ARISA from Noun Project (CC BY 3.0)