

## Lista de Exercícios 5

Universidade Federal do Ceará - Campus Quixadá  
Projeto e Análise de Algoritmo — QXD0041 – 2023.2  
Prof. Fabio Dias

### Representação de Grafos

Vamos considerar a implementação de lista contendo as seguintes operações:

Criação de uma Lista: *List < Tipo > nomeLista;*

Recebe um valor como argumento e o adiciona logo apos o ultimo elemento da lista:  
*void push\_back(Tipo value);*

Remove o elemento no indice especificado: *void removeAt(int k);*

Retorna o elemento na posição *k*: *int at(int k);*

Retorna o numero de elementos na lista: *int size();*

Você pode utilizar outras funções de lista.

```
class Grafo{
    public:
        int n;//Quantidade de vértices
        int matrizAdj[n][n];//Matriz de adjacência
        List<int> listaAdj[n];//Listas de adjacências
    }
    //Questão 1 da lista 5, recebe como entrada um grafo g e
    //retorna outro grafo que é o grafo transposto de g.
    Grafo Q1(Grafo& g){
}
```

1. O transposto de um grafo direcionado  $G = (V, E)$  é o grafo direcionado  $G_T = (V, E_T)$ , onde  $E_T = (v, u) \in VV : (u, v) \in E$ . Assim,  $G_T$  é  $G$  com todas as arestas invertidas. Descreva algoritmos eficientes para calcular  $G_T$  a partir de  $G$ , para a representação por lista de adjacências e também para a representação por matriz de adjacências de  $G$ . Analise os tempos de execução de seus algoritmos.
2. Mostre como determinar se um grafo direcionado  $G$  contém um **sorvedouro universal** — um vértice com grau de entrada  $|V|-1$  e grau de saída 0 — no tempo  $O(V)$ , dada uma matriz de adjacências para  $G$ .
3. Quando um grafo possui mais de uma aresta interligando os mesmo dois vértices diz-se que este grafo possui arestas múltiplas(ou arestas paralelas). Ele é chamado de **multigrafo ou grafo múltiplo**. Dada uma representação por lista de adjacências de um multigrafo  $G = (V, E)$ , descreva um algoritmo de tempo  $O(V + E)$  para calcular a representação por lista de adjacências do grafo não direcionado “equivalente”  $G' = (V, E')$ , onde  $E'$  consiste nas arestas em  $E$  onde todas as arestas múltiplas entre dois vértices foram substituídas por uma aresta única e onde todos os laços foram removidos. Um laço é uma aresta incidente ao mesmo vértice. Por exemplo, a aresta  $(v, v)$ . Laços somente ocorrem em multigrafos.