EEL670 - Linguagens de Programação
Departamento de Engenharia Eletrônica e de Computação - DEL-Poli/UFRJ
Prof.: Miguel Elias Mitre Campista
== Laboratório 6

---

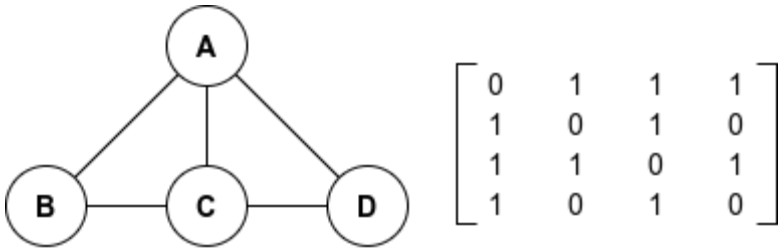
1) Lista de exercícios: Resolva os exercícios abaixo como se pede.

a) Escreva um programa para implementação de um vértice de um grafo. A classe `Vertice` deve ter um rótulo (nome) **constante** como um atributo privado. Além disso, a classe deve oferecer um construtor e método do tipo get para retorno do rótulo. A possiblidade de instanciação de objetos **constantes** da classe `Vertice` deve ser prevista. Dessa forma, qualquer objeto, constante ou não, deve ser capaz de chamar um get para retorno do rótulo.

b) Escreva um programa que implemente uma classe Grafo simétrico inspirada em um grafo Erdõs-Rényi, `G(n,p)`, onde `n` é o número de vértices e `p` é a probabilidade de existência de arestas entre qualquer par de vértices. A implementação, porém, deve prever que o grafo é iniciado sem vértices e que estes são inseridos um a um. Note que sempre que um novo vértice for inserido, as arestas já existentes devem ser preservadas. Isso quer dizer que apenas as arestas que incluam o vértice inserido devem ser adicionadas ao grafo conforme a probabilidade `p`.

A classe Grafo mantém um vector de objetos da classe `Vertice` e uma matriz de adjacências como atributos privados. A matriz de adjacências é uma matriz de inteiros, implementada a partir de um ponteiro para array de ponteiros (int **matriz). Essa matriz possui elementos com valor igual a `1` (um) quando existe uma aresta entre os vértices `i` e `j` e `0` (zero), caso contrário. Além do vector e da matriz de adjacências, a classe `Grafo` possui também um atributo privado do tipo `double` para armazenar a probabilidade `p` de existência de arestas e o número de arestas.

A figura abaixo ilustra um grafo contendo quatro vértices e a sua matriz de adjacências, onde o vértice A possui índice 0 na matriz, o vértice B possui índice 1 e assim por diante.



A classe `Vertice` é a mesma da Questão 1.a, enquanto a classe `Aresta` não precisa ser criada. A classe `Grafo` oferece um construtor que inicializa os atributos `p` com um argumento passado para o construtor, o número de arestas com zero e o ponteiro para a matriz de adjacências com `NULL`. Além do construtor, a classe oferece um método público para fazer inserção de vértices no grafo e consequente atualização da matriz de adjacências. Para isso, lembre-se de sempre realocar memória dinamicamente para a matriz usando a função `malloc` do C. Além disso, não deixe memória vazar ao realocar memória. A definição se existe aresta ou não deve obedecer a probabilidade `p`. A classe `Grafo` oferece ainda um método para impressão na tela da matriz de adjacências e um método para verificar o grau de conectividade da rede. Este último retorna o número de arestas do grafo sobre o número máximo de arestas que este

mesmo grafo poderia ter (combinação do número de vértices 2 a 2). Note que arestas do tipo `(i,i)` não existem.

A classe `Grafo` deve implementar um destrutor e outros métodos privados auxiliares que possam ser julgados necessários.

== Respostas da Lista de Exercícios

1)

a)

```
/*************************************************************************/
/************************** Programa Principal ***************************/
#include <iostream>
#include <string>

#include "vertice.h"

/* Programa do Laboratório 6:
   Programa de um Vertice usando método e atributo constantes
   Autor: Miguel Campista */

using namespace std;

int main() {
    Vertice vertice ("A");
    const Vertice constvertice ("B");

    cout << "Vertice: " << vertice.getRotulo() << endl;
    cout << "Const Vertice: " << constvertice.getRotulo() << endl;

    return 0;
}
/*************************************************************************/
/************************** Arquivo vertice.h ****************************/
#include <iostream>
#include <string>

using namespace std;

#ifndef VERTICE_H
#define VERTICE_H

class Vertice {
    public:
            Vertice (string = "semrotulo");

            string getRotulo ();
            string getRotulo () const;

    private:
            const string rotulo;

};
#endif
/*************************************************************************/
/************************** Arquivo vertice.cpp **************************/
#include "vertice.h"

Vertice::Vertice (string s): rotulo(s) {}

string Vertice::getRotulo () {
    return rotulo;
}

string Vertice::getRotulo () const {
    return rotulo;
}
/*************************************************************************/
```

b)

```
/*************************************************************************/
/************************** Programa Principal ***************************/
#include <iostream>
```

```
#include "vertice.h"
#include "grafo.h"

/* Programa do Laboratório 6:
   Programa de matriz de adjacências de um grafo
   Autor: Miguel Campista */

using namespace std;

int main() {
    Grafo grafo (0.25);
    Vertice v1("L"), v2("I"), v3 ("N"), v4("G");

    grafo.insereVertice(v1);
    grafo.imprimeMatriz();

    grafo.insereVertice(v2);
    grafo.imprimeMatriz();

    grafo.insereVertice(v3);
    grafo.imprimeMatriz();

    grafo.insereVertice(v4);
    grafo.imprimeMatriz();

    cout << "\nCONECTIVIDADE: " << grafo.getConectividade () << endl;

    return 0;
}
/*****************************************************************************/
/***************************** Arquivo vertice.h *****************************/
#include <iostream>
#include <string>

using namespace std;

#ifndef VERTICE_H
#define VERTICE_H

class  Vertice {
    public:
            Vertice (string = "semrotulo");

            string getRotulo();
            string getRotulo() const;

    private:
            const string rotulo;
};

#endif

/*****************************************************************************/
/***************************** Arquivo vertice.cpp ***************************/

#include "vertice.h"

Vertice::Vertice (string r): rotulo (r) {}

string Vertice::getRotulo() {
    return rotulo;
}

string Vertice::getRotulo () const {
    return rotulo;
}

/*****************************************************************************/
/***************************** Arquivo grafo.h *******************************/

#include <iostream>
#include <cstdlib>
#include <ctime>
#include <vector>
#include <iomanip>

#include "vertice.h"
```

```
using namespace std;

#ifndef GRAFO_H
#define GRAFO_H

class Grafo {
    public:
            Grafo (double);
            ~Grafo ();

            void insereVertice (Vertice &);

            double getConectividade ();

            void imprimeMatriz ();

    private:
            int **matriz;
            vector <Vertice> vertices;
            double probabilidadeAresta;
            int numArestas;

            void zerarMatriz ();
            void popularMatriz ();

            int existeAresta(int, int);
};

#endif

/*****************************************************************************/
/***************************** Arquivo grafo.cpp *****************************/

#include "grafo.h"

Grafo::Grafo (double p) : matriz (NULL), probabilidadeAresta (p), numArestas (0) {
    srand (time (0));
}

Grafo::~Grafo () {
    zerarMatriz();
}

void Grafo::insereVertice (Vertice &v) {
    vertices.push_back(v);
    popularMatriz ();
}

void Grafo::zerarMatriz () {
    for (int i = 0; i < vertices.size() - 1; i++) {
            free (matriz[i]);
    }
    free (matriz);
}

void Grafo::popularMatriz () {
    numArestas = 0;

    int **matrizNova = (int **)malloc(vertices.size()*sizeof(int *));

    for (int i = 0; i < vertices.size(); i++)
            matrizNova [i] = (int *)malloc (vertices.size()*sizeof(int));

    for (int i = 0; i < vertices.size(); i++) {
            for (int j = 0; j < vertices.size(); j++) {
                    unsigned ultimoVertice = vertices.size() - 1;
                    if ((i == ultimoVertice) || (j == ultimoVertice))
                            matrizNova[i][j] = existeAresta(i, j);
                    else
                            matrizNova [i][j] = matriz [i][j];

                    numArestas += matrizNova [i][j];
            }
    }
```

```
    if (vertices.size() > 1) zerarMatriz ();

    matriz = matrizNova;
}

int Grafo::existeAresta(int i, int j) {
    if ((i == j) || ((static_cast<double>(rand () % 101))/100 > probabilidadeAresta))
        return 0;
    else return 1;
}

double Grafo::getConectividade () {
    return static_cast<double>(numArestas)/(vertices.size()*(vertices.size() - 1));
}

void Grafo::imprimeMatriz () {
    cout << setw(3) << " ";
    for (int i = 0; i < vertices.size(); i++) {
            cout << left << setw (3) << vertices.at(i).getRotulo();
    }
    cout << endl;
    for (int i = 0; i < vertices.size(); i++) {
            cout << setw(3) << vertices.at(i).getRotulo();
            for (int j = 0; j < vertices.size(); j++) {
                    cout << left << setw (3) << matriz[i][j];
            }
            cout << endl;
    }
}

/*****************************************************************************/
```