

**Trabalho Prático 4**

BACHARELADO

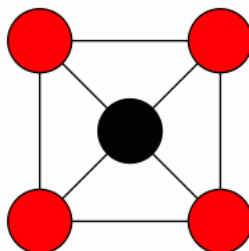
1º SEMESTRE DE 2011

Este trabalho prático tem por objetivo familiarizar o aluno com paradigmas de projetos de algoritmos, especialmente algoritmos em grafos.

## 1 Definição do problema

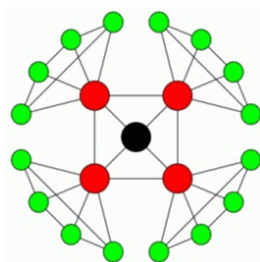
Um fractal é um objeto geométrico que pode ser dividido em partes, cada uma das quais semelhante ao objeto original. Diz-se que os fractais têm infinitos detalhes, são geralmente autossimilares e independem de escala. Em muitos casos um fractal pode ser gerado por um padrão repetido, tipicamente um processo recorrente ou iterativo [1].

Grafos podem ser utilizados para gerar fractais, especialmente um tipo de grafo denominado grafo roda. Um grafo não-direcionado pode ser considerado uma roda se existe um vértice *central* que é adjacente a todos os outros vértices no grafo e o subgrafo dos outros vértices formam um ciclo. Além disso, qualquer grafo roda deve ter pelo menos três vértices no ciclo em torno do vértice *central* e sua extensão é definida pelo grau desse vértice. Por exemplo, o grafo abaixo é uma roda com extensão 4 (o vértice central é de cor preta).



Um *fractal roda* com profundidade  $d$  e extensão  $h$  pode ser definido a partir de um grafo roda  $G$  considerando  $d = 0$  e  $h$  a extensão de  $G$ . Assim, para obter fractais com profundidade  $d > 0$  e extensão  $h$ , primeiro, deve-se obter o fractal com profundidade  $d - 1$  e extensão  $h$ . Em seguida, considere  $V$  o conjunto de todos os vértices a uma distância  $d$  do vértice *central* e para cada vértice  $u$  em  $V$ , adicione ao grafo uma nova roda com extensão  $h$  tal que seu vértice *central* seja  $u$ . Cada roda adicionada deve estar em um vértice disjunto dos outros adicionados na roda. Enfim, o grafo resultante é um fractal com profundidade  $d$ , extensão  $h$  e o seu vértice *central* é o mesmo do fractal inicial com profundidade  $d - 1$ .

Por exemplo, o grafo abaixo é um fractal com profundidade 1 e extensão 4, note que adicionar ou remover qualquer aresta nesse grafo resulta em um grafo que não forma um fractal:



Visto como um *fractal roda* pode ser gerado a partir de um grafo roda, o seu problema agora é determinar se um grafo  $G$  com  $N$  vértices numerados de 0 a  $N - 1$  forma um fractal. Para isso, será fornecido a quantidade de vértices de  $G$  e as suas arestas no formato especificado na sessão a seguir.

Na resolução desse problema, sugere-se testar recursivamente cada vértice do grafo informado na entrada como o vértice *central* de um grafo roda. Nesse caso, computações inválidas podem ser cortadas utilizando a extensão

$h$  (grau desse vértice) e a profundidade  $d$  (a partir do número de vértices), desde que o número de vértices no grafo segue estritamente a fórmula:

$$|v| = (h^{d+2} - 1)/(h - 1)$$

## 2 Formato de Entrada

A entrada é composta de múltiplos casos de teste. Cada caso de teste é fornecido em duas linhas. A primeira linha contém um número inteiro  $N$  que informa a quantidade de vértices do grafo. A segunda linha contém um vetor de caracteres formando a lista de arestas do grafo, onde cada aresta é representada por um par de números inteiros com valores entre 0 e  $N - 1$  separados por um espaço, e as arestas são separadas por vírgulas. A primeira e a segunda linha de cada caso de teste obedecem às seguintes restrições:

- $2 \leq N \leq 1000$
- O vetor de caracteres representando as arestas pode conter entre 0 e  $50^2$  caracteres (inclusive).
- Cada aresta terá o formato " $uv$ ", onde  $u$  e  $v$  são números inteiros entre 0 e  $N - 1$  (inclusive), e  $u$  é estritamente menor que  $v$ .
- As arestas serão separadas por vírgulas no vetor de caracteres.
- Todas as arestas serão diferentes.
- O vetor de caracteres deverá conter ao menos uma aresta.

A entrada deve ser lida de um arquivo que contem os dados conforme o padrão informado acima.

## 3 Formato de saída

Se o grafo informado não formar um fractal, retorne o número inteiro -1. Caso contrário, retorne dois números inteiros separados por espaço que representam respectivamente a profundidade e a extensão do fractal.

## 4 Exemplos

### Entrada Exemplo 1:

```
5
0 1,0 2,0 3,0 4,1 2,2 3,3 4,1 4
```

### Saída Exemplo 1:

```
0 4
```

A entrada refere-se ao grafo ilustrado na primeira figura e o resultado mostra que ele tem profundidade 0 e extensão 4.

### Entrada Exemplo 2:

```
3
0 1,1 2
```

### Saída Exemplo 2:

```
-1
```

A saída acima significa que o grafo informado não é um fractal roda.

## 5 Observações

### Formato documentação:

- Apresente a definição do problema;
- Explique as abordagens para solução do problema;
- Explique as decisões e módulos de sua implementação;
- Faça uma análise de complexidade(tempo e espaço) das soluções apresentadas e justifique-a;
- Avaliação experimental da solução apresentada para o problema;
- Analise e discuta os resultados encontrados;
- Use o *template* de documentação presente no minha.ufmg;
- A documentação não pode exceder 10 páginas;

### Código:

- O código fonte do trabalho deve ser submetido para compilação e execução em ambiente Linux, tendo como padrão os computadores dos laboratórios de graduação do DCC;
- Deve ser escrito na linguagem C (trabalhos implementados em outras linguagens como C++/Java/Python e outras não serão aceitos);
- As estruturas de dados devem ser alocadas dinamicamente e o código ser modularizado (ou seja, dividido em múltiplos arquivos fonte e fazendo uso de arquivos cabeçalho - .h);
- O utilitário Make deve ser utilizado para compilar e executar o programa;
- A saída deve ser impressa no console do terminal seguindo estritamente o formato da especificação, caso contrário o resultado será considerado errado;
- O arquivo executável deve ser chamado de **tp4** e deve receber como parâmetro apenas o nome do arquivo de entrada de dados. **Não será aceito outro nome de executável além do mencionado.**
- Faça seu código de forma legível;

### Entrega:

- Data de entrega : 07/06/2011 .
- Submissão: a documentação e o código do trabalho devem ser submetidos ao minha.ufmg. Para isso compacte os dois (formato tar.gz) e faça a submissão. Teste seu arquivo compactado antes de enviá-lo.
- A documentação também deve ser entregue impressa na secretaria do DCC. Não coloque nos escaninhos dos professores. A documentação deve ser entregue para a secretária e então colocada no envelope de AEDS3.
- Você receberá um e-mail agendando a entrevista do trabalho.

### Distribuição dos pontos:

- Execução: 50%
- Documentação: 50%

Será adotado média harmônica entre a pontuação obtida na execução e na documentação do TP, o que implica em valor zero caso alguma das partes não seja apresentada.

### Referência:

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Fractal>