

UFMG – PPGCC/DCC – Projeto e Análise de Algoritmos (PAA)

1º Semestre de 2016 – Tópicos em Grafos – Trabalho Prático: ZikaZeroZ [8 pontos]

Professor: Sebastián Urrutia – surrutia@dcc.ufmg.br

Monitor: Manassés Ferreira Neto – manassesferreira@dcc.ufmg.br

Prazo Final para Entrega: 23 : 55 – 01/05/2016

O vírus da zika (Figura 1) causa a doença também conhecida como zika.¹ ² ³ O vírus é transmitido, em humanos, através da picada do mosquito *Aedes aegypti* (Figura 2).

Sikka et al. 2016 apontam o vírus da zika como uma ameaça de escala global (Figura 3). Assim, para prevenir danos à saúde de todos, é necessário combater a propagação do mosquito.

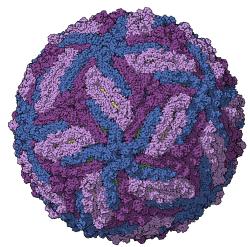


Figura 1: Vírus da zika por Sirohi et al. 2016



Figura 2: *Aedes aegypti*, por James Gathany

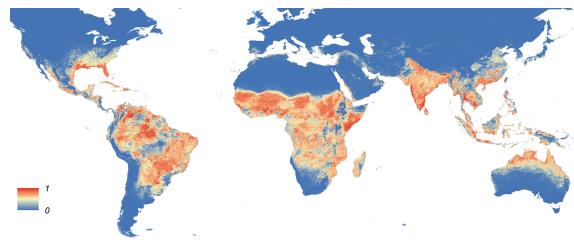


Figura 3: Distribuição Global do *Aedes Aegypti* segundo Kraemer et al. 2015

Um modo de estimular esse combate é aproveitar-se de outro fenômeno de projeção mundial: as redes sociais virtuais. Nesse trabalho, você irá auxiliar no combate ao vírus zika! Imagine-se na posição de um responsável por **escolher um grupo** dentre diversos *voluntários* da Geração Z⁴, de modo a formar uma *rede de colaboração coesa* para eliminar focos de reprodução do mosquito.

Problema ZikaZeroZ. Dados um grafo $\mathcal{G}(\mathbb{V}, \mathbb{A})$, em que \mathbb{V} é o conjunto de n voluntários e \mathbb{A} é o conjunto de m laços de amizade, um conjunto \mathbb{F} dos r focos de reprodução do mosquito, e, uma relação $\mathcal{R}(v) : \mathbb{V} \rightarrow \mathbb{F}$, definida para cada $v \in \mathbb{V}$, explicitando os focos de reprodução aos quais o voluntário v tem acesso. O objetivo é selecionar o menor número de voluntários $\mathbb{V}' \subset \mathbb{V}$, tal que, todo foco é acessado, por pelo menos um voluntário $v \in \mathbb{V}'$, e o grafo induzido por \mathbb{V}' em \mathcal{G} é conexo.

Instância ZikaZeroZ.

$$n = 5 \quad m = 6$$

$$\mathcal{G} (\mathbb{V} = \{v_1, v_2, v_3, v_4, v_5\}, \quad \mathbb{A} = \{(v_1, v_2), (v_1, v_3), (v_2, v_3), (v_2, v_4), (v_3, v_4), (v_4, v_5)\})$$

$$r = 4$$

$$\mathbb{F} = \{f_1, f_2, f_3, f_4\}$$

$$\mathcal{R} = \{v_1 \rightarrow \{f_1, f_2\}, v_2 \rightarrow \{f_1\}, v_3 \rightarrow \{f_2\}, v_4 \rightarrow \{f_2, f_3\}, v_5 \rightarrow \{f_4\}\}$$

¹Ver vídeo didático em https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/9f/Zika_virus_video_osmosis.webm

²Para saber mais https://pt.wikipedia.org/wiki/Vírus_da_zica

³Perguntas e Respostas sobre o vírus da zika: <http://www.nytimes.com/interactive/2016/health/what-is-zika-virus.html>

⁴Ver mais sobre a Geração Z em https://en.wikipedia.org/wiki/Generation_Z

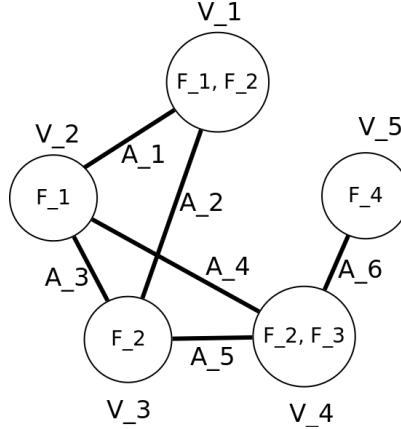


Figura 4: Instância ZikaZeroZ

Instância ZikaZeroZ – Solução. Para a instância exibida na Figura 4, o menor grupo, que permite acessar todos os focos, é composto pelos voluntários de índices $\{1, 4, 5\}$ (ou $\{2, 4, 5\}$).

Isso é correto pois, selecionando $\{v_1, v_4, v_5\}$ (ou $\{v_2, v_4, v_5\}$), todos os $r = 4$ focos serão acessados. Em detalhes, $\mathcal{R}(v_1) = \{f_1, f_2\}$, $\mathcal{R}(v_4) = \{f_2, f_3\}$ e $\mathcal{R}(v_5) = \{f_4\}$ (ou $\mathcal{R}(v_2) = \{f_1\}$, $\mathcal{R}(v_4)$ e $\mathcal{R}(v_5)$, idem).

Além disso, os demais agrupamentos, que permitem acesso a todos os focos, são maiores. A saber, aqueles contendo os voluntários de índices: $\{1, 2, 4, 5\}$, $\{1, 3, 4, 5\}$, $\{2, 3, 4, 5\}$ e $\{1, 2, 3, 4, 5\}$.

No que diz respeito a uma rede de colaboração coesa, $\{v_1, v_4, v_5\}$ produz um grafo induzido desconexo (Figuras 5 e 6).

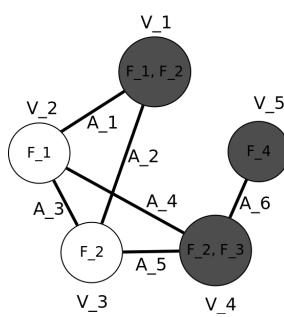
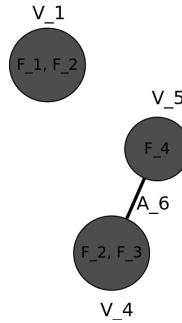
Figura 5: $\{v_1, v_4, v_5\}$ 

Figura 6: Grafo Induzido Desconexo

Já $\{v_2, v_4, v_5\}$ proporciona um grafo induzido conexo (Figuras 7 e 8).

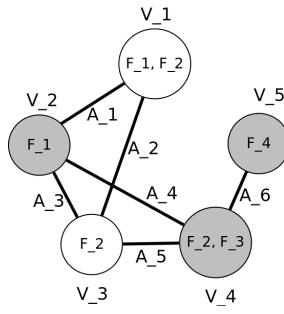
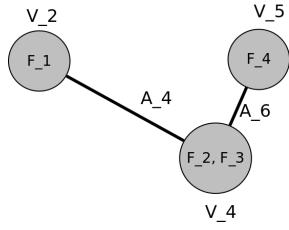
Figura 7: $\{v_2, v_4, v_5\}$ 

Figura 8: Grafo Induzido Conexo

Portanto, a solução é $V' = \{v_2, v_4, v_5\}$.

Exercício 1 [1 ponto]. Apresente uma modelagem para o Problema ZikaZeroZ empregando grafos. Deixe claro quais as restrições e/ou suposições devem ser feitas.

Exercício 2 [$\frac{5}{3}$ pontos]. Descreva um algoritmo para resolver o Problema ZikaZeroZ, tendo em vista a modelagem realizada no Exercício 1.⁵

Exercício 3 [1 ponto]. Analise as complexidades Temporais e Espaciais (usando Notação Assintótica) do algoritmo proposto no Exercício 2.

Exercício 4 [$\frac{5}{3}$ pontos]. Implemente o algoritmo proposto no Exercício 2 na linguagem de programação C, C++, JAVA ou PYTHON.

Exercício 5 [1 ponto]. Execute testes da implementação do Exercício 4, propondo instâncias **interessantes** para o Problema ZikaZeroZ. Uma sugestão é que seja produzido um gráfico do Tempo de execução por Tamanho da entrada (n , m e r). Outra sugestão é relatar o tamanho da maior instância para o qual foi produzida uma solução.

Exercício 6 [$\frac{5}{3}$ pontos]. Compare a análise e a execução, respectivamente, Exercícios 3 e 5. Principalmente, relate se as previsões teóricas estão em concordância com os resultados experimentais.

Comentários Importantes:

- Devem ser enviados no `minha.ufmg`: 1) o código implementado no Exercício 4 (e o script para compilação/execução) e 2) um relatório em formato `*.pdf` contendo os demais exercícios.⁶ Comprima os arquivos do seu trabalho e envie apenas um arquivo `*.zip`.
- O relatório deve ser objetivo e indicar explicitamente o exercício que está sendo resolvido (tal e qual em uma prova escrita).
- No Exercício 2, **não** é necessário propor um algoritmo eficiente para selecionar os voluntários de modo a acessar todos os focos. No entanto, exige-se que a solução V' seja ótima.
- **Atenção!** A solução V' , informada no arquivo de saída, deve estar em ordem crescente. No caso de empate, isto é, quando houver duas ou mais soluções ótimas, um possível critério de desempate consiste em escolher aquela com a menor soma (dos índices dos voluntários selecionados). Outros critérios podem ser adotados.
- Indica-se Vazirani 2013 e Cormen et al. 2009 como referências básicas.
- **Óbvio!** Não é permitido o compartilhamento de relatório ou código entre os estudantes de PAA. Além disso, os estudantes envolvidos em plágio (copiando ou permitindo a cópia) serão punidos. Busque empregar suas *próprias* palavras ao realizar esse trabalho.
- Faça uso do fórum do `minha.ufmg` para compartilhar/responder/conversar sobre dúvidas relativas à esse trabalho, tendo como guia **não fornecer soluções parciais ou completas**.
- **Data de Entrega:** até 01 de maio de 2016, às 23 : 55 horas, ou antes. Após essa data haverá uma penalização por atraso: 2^d pontos, em que d é o número de dias de atraso.
- **Valor:** 8 pontos.
- Bom trabalho! E comece logo a fazê-lo. Afinal, você nunca terá tanto tempo para resolvê-lo quanto agora!

⁵Utilize “sua”pseudo-linguagem favorita. Em L^AT_EX, recomenda-se o pacote **algorithm2e**.

⁶Uma sugestão de modelo de relatório é o template da SBC. <http://www.sbc.org.br/documentos-da-sbc/summary/169-templates-para-artigos-e-capitulos-de-livros/878-modelosparapublicaodeartigos>

O Exercício 4 será avaliado realizando execuções da implementação proposta. A especificação a seguir deverá ser seguida à risca. A solução implementada deve:

ser isenta de bibliotecas de grafos de terceiros. Uma vez que está em mérito a implementação das estruturas de dados e dos algoritmos em grafos.

ser compilável/interpretável nas máquinas **linux** dos Laboratórios do DCC⁷.

ser compilável (se for o caso) com a seguinte linha de comando:

```
$ ./compilar.sh
```

Nesse shell script, espera-se o seguinte:

```
#!/bin/bash
<coloque aqui o código para realizar a compilação do seu programa>
```

ser executável com a seguinte linha de comando:

```
$ ./executar.sh entrada saída
```

Nesse shell script, espera-se o seguinte:

```
#!/bin/bash
in=$1
out=$2
<coloque aqui o código para executar o seu programa de modo que
a entrada seja lida de $in e a saída seja escrita em $out>
```

usar, rigorosamente, os nomes: `compilar.sh` e `executar.sh` para os scripts. Exemplos de shell scripts podem ser obtidos em: <https://github.com/manassesferreira/paa>

respeitar os formatos dos arquivos de entrada e saída:

entrada :

```
n m
<m-linhas-relativas-aos-laços-de-amizade>
  <cada linha contém dois índices dos voluntários, separados por um espaço>
r
<n-linhas-relativas-aos-focos-que-cada-voluntário-tem-acesso>
  <cada linha contém os índices dos focos
  que o voluntário tem acesso, separados por um espaço>
```

saída :

```
<única-linha>
<contendo os voluntários selecionados como solução ao Problema ZikaZeroZ,
em-ordem-crescente, separados por um espaço>
```

⁷http://www.crc.dcc.ufmg.br/infraestrutura/laboratorios/labs_unix

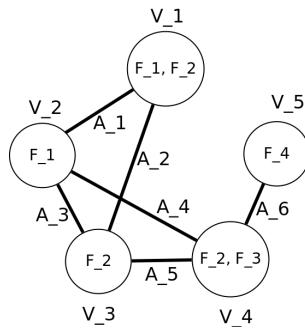


Figura 9: Instância ZikaZeroZ

A seguir, como seriam a entrada e a saída da Instância ZikaZeroZ (Figura 9) respeitando os formatos exigidos.

Instância ZikaZeroZ – entrada. .

```

5 6
1 2
1 3
2 3
2 4
3 4
4 5
4
1 2
1
2
2 3
4

```

Instância ZikaZeroZ – saída. .

```
2 4 5
```

Bom trabalho! E comece logo a fazê-lo. Afinal, você nunca terá tanto tempo para resolvê-lo quanto tinha quando leu isso pela primeira vez!

Referências

- Cormen, Thomas H. et al. (2009). *Introduction to Algorithms, Third Edition*. 3rd. The MIT Press. ISBN: 0262033844, 9780262033848.
- Kraemer, Moritz UG et al. (2015). “The global distribution of the arbovirus vectors *Aedes aegypti* and *Ae. albopictus*”. Em: *eLife* 4. Ed. por Mark Jit, e08347. ISSN: 2050-084X. DOI: 10.7554/eLife.08347. URL: <https://dx.doi.org/10.7554/eLife.08347>.
- Sikka, Veronica et al. (2016). “The emergence of zika virus as a global health security threat: A review and a consensus statement of the INDUSEM Joint working Group (JWG)”. Em: *Journal of Global Infectious Diseases* 8.1, p. 3.
- Sirohi, Devika et al. (2016). “The 3.8 Å resolution cryo-EM structure of Zika virus”. Em: *Science*. ISSN: 0036-8075. DOI: 10.1126/science.aaf5316. eprint: [http://science.sciencemag.org/content/early/2016/04/01/science.aaf5316](http://science.sciencemag.org/content/early/2016/04/01/science.aaf5316.full.pdf). URL: <http://science.sciencemag.org/content/early/2016/04/01/science.aaf5316>.
- Vazirani, Vijay V (2013). *Approximation algorithms*. Springer Science & Business Media.