

# FERRAMENTA DE ANÁLISE E MANUTENÇÃO DE REDES FERROVIÁRIAS

Projeto desenvolvido no âmbito da cadeira de Desenhos de Algoritmos

Discentes: António Rego | Daniel Bernardo | Luís Relvas

# INTRODUÇÃO

A rede de comboios de Portugal estende-se por 3621,6 quilómetros, fazendo da sua manutenção uma tarefa exigente, logo, de modo a facilitar a obtenção de informações vitais como o fluxo máximo de comboios entre duas estações, habilitação relativa de transportes de um distrito ou município, propiciar a redução dos custos de manutenção a longas distância, entre outros, foi desenvolvido um programa em C++ para auxiliar na manutenção ferroviária.

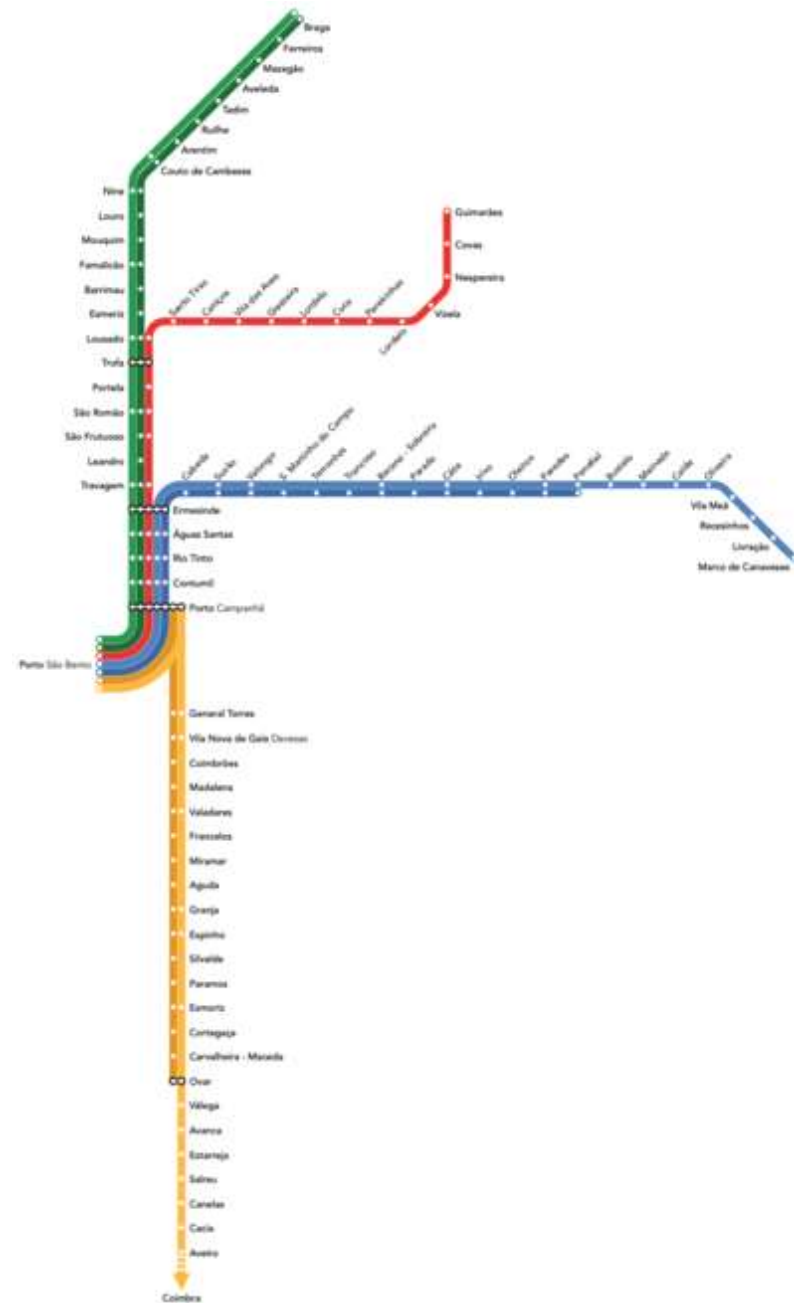


**COMBOIOS DE PORTUGAL**

# MÉTODO

Seguindo a leitura dos dados para estruturas apropriadas como *unordered maps* e vetores, houve a necessidade de fazer certas suposições. Os dados relativos às conexões entre estações e paragens definiam unicamente um sentido, no entanto, as redes de comboio geralmente possuem um caminho de retorno, logo, para auxiliar o uso de várias funções e relatar informação fiável, assumiu-se conexões bidirecionais no grafo que representaria a rede ferroviária.

Assumiu-se também que a capacidade na conexão seria igual em ambos os sentidos, pois dividir a capacidade ao meio seria uma opção igualmente inapta.



# IMPLEMENTADAS

Ao nível mais básico, o programa permite visualizar o fluxo máximo possível entre duas estações diferentes **[1]**, a quantidade máxima de comboios que podem chegar a uma estação **[2]**, os pares de estações que ocupam o máximo de comboios para utilizar o fluxo máximo **[3]**, e os distritos **[4]** e municípios **[5]** com maior necessidade de melhoras do seu transporte, ou seja, os que têm o menor fluxo possível.

# FUNÇÕES IMPLEMENTADAS – SUSCETIBILIDADE DA LINHA

De modo a identificar troços sensíveis e prevenir falhas de conexão drástica, o programa dispõe de uma função que permite simular acidentes, obras, etc., em conexões específicas, comparando o fluxo entre duas estações escolhidas antes e depois da simulação [6].

Para obter uma ideia do quão drástico seria a falha de um troço em específico, o programa possui uma funcionalidade que apresenta uma média relativa à redução de fluxo possível para cada estação [7], este número pode ser utilizado em comparação com os de outras falhas para identificar possíveis troços sensíveis.

```
For the failure of segment: Espinho <-> Aveiro - Vouga
[1] Vila Nova de Gaia-Devesas | 1.92 flow is lost on average | 2.22-0.31
[2] Porto Campanhã | 1.92 flow is lost on average | 2.22-0.31
[3] Trofa | 1.92 flow is lost on average | 2.21-0.3
[4] Espinho | 1.92 flow is lost on average | 2.22-0.31
[5] Famalicão | 1.74 flow is lost on average | 2.02-0.28
[6] Barrimau | 1.74 flow is lost on average | 2.02-0.28
[7] Ferreiros | 1.59 flow is lost on average | 1.85-0.27
[8] Braga | 1.59 flow is lost on average | 1.85-0.27
[9] Viana do Castelo | 1.59 flow is lost on average | 1.84-0.26
[10] Nine | 1.59 flow is lost on average | 1.84-0.26
This failure affects 66.61% of all stations.
```




# SUSCETIBILIDADE DE LINHA – OBSERVAÇÕES

A função relativa às falhas de linhas para a rede toda provou-se complicada devido ao carácter ambíguo do “nível de efeito” que uma falha teria numa estação. Por exemplo, várias estações que possuam um fluxo máximo de 4 podem perder por completo o seu fluxo, ou seja, perde 100% do seu fluxo, mas a mesma falha pode levar a que uma estação com 20 de fluxo máximo perca 10, ou seja, 50% do seu fluxo. Qual dos dois casos é o que tem mais “efeito”?

Não há uma resposta certa, logo, assumiu-se uma complexidade elevada na função de modo a que os dados sejam o mais abrangentes possíveis e forneçam uma base média e absoluta para servir à comparação com outros grupos de falhas e/ou estações.

O método utilizado foi de, para cada estação e para cada falha, ver o fluxo para cada uma das restantes estações, e tirar uma média de fluxo antes e depois. Ultimamente, a compreensão e tratamento destes dados cabe ao utilizador.



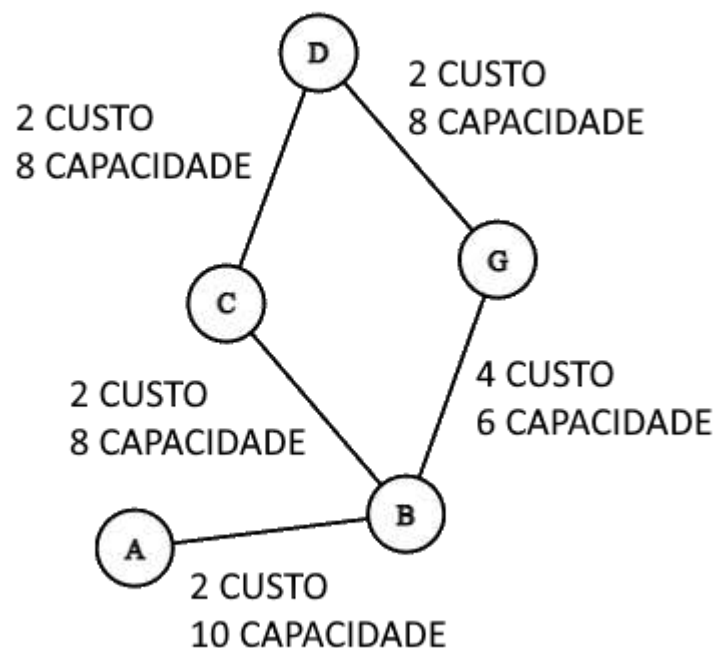
## FUNCIONALIDADES IMPLEMENTADAS – REDUÇÃO DE CUSTOS

Para além do fluxo entre estações, cabe ao programa identificar o caminho entre duas estações que resulta no mínimo custo de operação, sendo que um troço realizado pelo Alfa Pendular custa 4 euros à empresa e um troço realizado pelo serviço Standard custa só 2 euros. No entanto, o Alfa Pendular pode fazer menos estações que o Standard entre duas estações, por isso não será sempre o caminho menos económico.

Esta informação pode ser utilizada para identificar caminhos de custo elevado que necessitam de alterações aos serviços prestados nessas áreas para diminuir a despesa.

# ALGORITMOS - EXATIDÃO

Na redução de custos utiliza-se o algoritmo de Dijkstra emparelhado com o Edmonds Karp, e facilmente se valida numa situação simples. Podemos neste grafo identificar que caminho entre A e G de menos custo para a empresa seria A->B->G, com custo 6 e *max Flow* 6.



For the cheapest cost of 6€, there is a maximum flow of 6 in between A and G.

E o resultado da função que implementa este algoritmo encontra-se em concordância com a realidade.

Assumindo que o *flow* será calculado só pelo caminho mais barato.

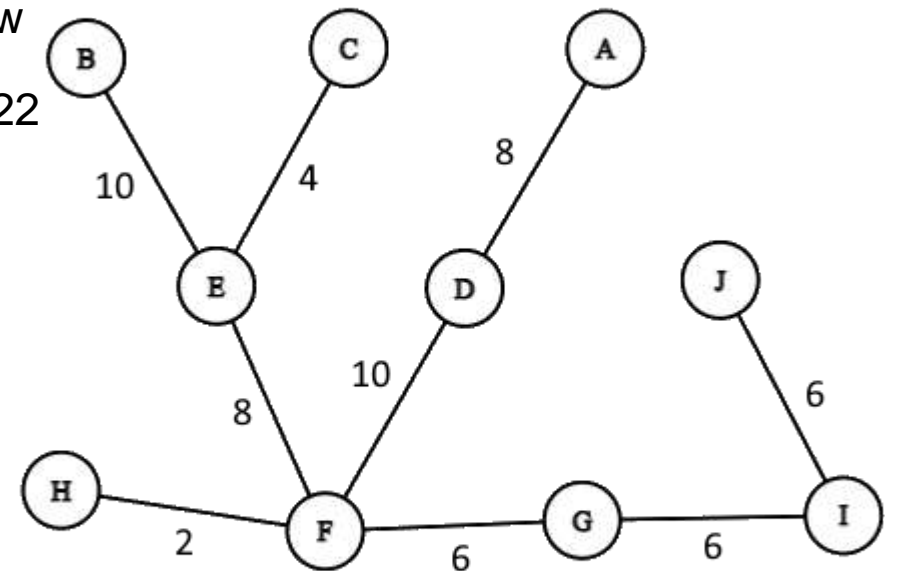


# ALGORITMOS - EXATIDÃO

As restantes funções utilizam o algoritmo Edmonds Karp para obter os seus resultados:

- Maximum Flow between 2 Stations | BJ com 6 flow e HG com 2 flow
- Maximum Arrival in a Station | F com 26 maximum arrival e E com 22
- Pairs of Stations with Most Flow | BE e DF com 10 flow

```
The maximum flow between J and B is 6.  
The maximum flow between H and G is 2.  
F Max Arrival: 26 E Max Arrival: 22  
The highest flow between stations in the network is 10 for the following stations:  
  B & E  
  D & F
```

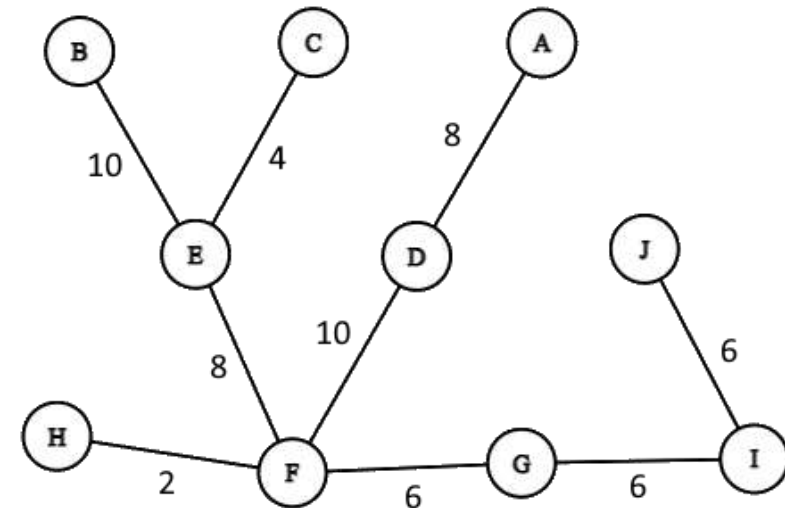


# ALGORITMOS - EXATIDÃO

Relativamente às falhas de rede, utilizará-se o caso da linha FG entrar em obras e testar-se-à primeiro a função Segment Failure Evaluation, sendo que esta é capaz de comprovar a certidão do sistema de falhas por si.

Podemos assumir que as estações G, I e J serão das mais afetadas, sendo que ficam desconectadas do restante grafo. E o restante grafo será mais ou menos igualmente afetado pois todos os vértices perdem conexão aos 3 acima referidos.

Relativamente ao flow entre duas estações com esta falha, assume-se que BF retornará 8 ainda, mas FI retornará 0. Este teste acaba por meramente comprovar a exatidão do Edmonds Karp, novamente.

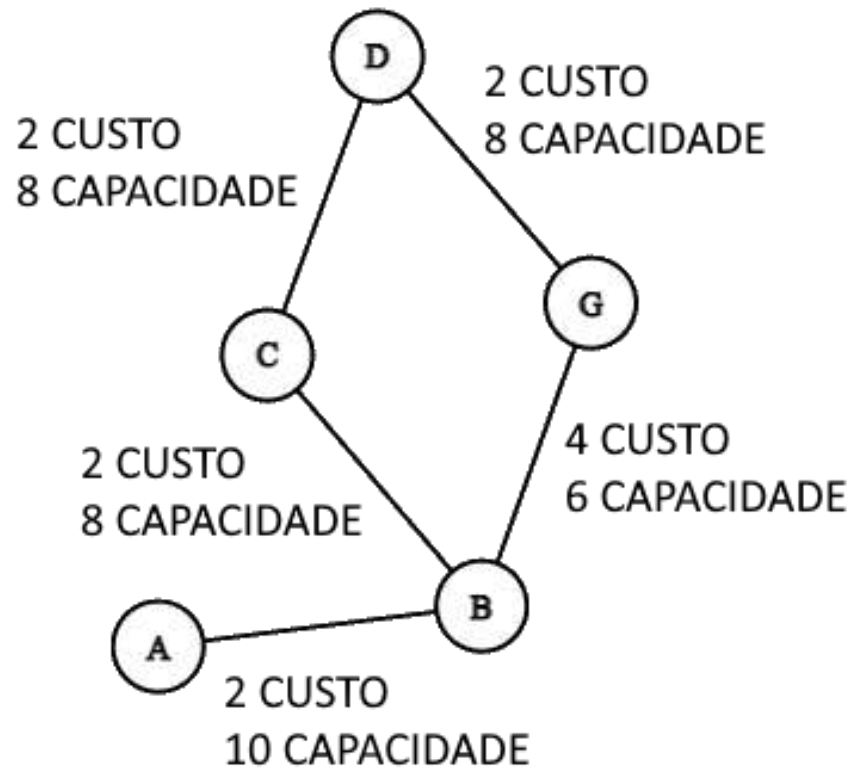


For the failure of segment: F <-> G

```
[1] G | 4 flow is lost on average | 5.34-1.34
[2] I | 4 flow is lost on average | 5.34-1.34
[3] J | 4 flow is lost on average | 5.34-1.34
[4] A | 2 flow is lost on average | 6.23-4.23
[5] B | 2 flow is lost on average | 6.45-4.45
[6] D | 2 flow is lost on average | 6.45-4.45
[7] E | 2 flow is lost on average | 6.45-4.45
[8] F | 2 flow is lost on average | 6.45-4.45
[9] C | 1.34 flow is lost on average | 3.78-2.45
[10] H | 0.67 flow is lost on average | 2-1.34
```

This failure affects 100% of all stations.

# ALGORITMOS - EXATIDÃO



Neste grafo, ao cortar a conexão DG, é esperado que entre AD, o fluxo diminua de 10 para 8 devido à remoção dum dos *augmenting paths* entre A e D.

The maximum flow between A and D is 10.

The maximum flow between A and D without the selected edges is 8.





# CONCLUSÃO

Por fim, acredita-se que o projeto foi bem conseguido, considerando o espaço para discussão e considerações diferentes relativamente ao que foi pedido por certas funcionalidades. As complexidades das funções manteram-se o mais baixo possível, mas existem algumas que possuem complexidades mais elevadas, no entanto, isto é considerado um mal necessário afim de obter resultados fidedignos.