



Relatório do Projeto

Parte 1

Nome do Integrante	RA
Arthur Cezar da Silveira Lima	10409172
Gabriel Morgado Nogueira	10409493

Relatório

Título: Conexão Inteligente: Otimização da Rede de Fibra Óptica em Áreas Urbanas

Introdução

Pensamos no projeto com base no avanço da digitalização e a crescente demanda por internet de alta velocidade, a expansão da infraestrutura de fibra óptica vem se tornando necessário nas áreas urbanas. No entanto, planejar uma expansão de forma eficiente requer análise de custos, viabilidade técnica e otimização do trajeto dos cabos.

Este nosso projeto propõe uma solução baseada em teoria dos grafos, modelando a malha urbana como um grafo ponderado, com o objetivo de encontrar as melhores rotas de instalação da rede de fibra óptica com o menor custo possível.

Definição do nosso Problema

O desafio consiste em interligar 60 bairros da cidade de São Paulo, representados como vértices, por meio de 150 conexões possíveis (arestas) com pesos correspondentes às distâncias reais (em km) entre eles, coletadas por fontes confiáveis. O objetivo é construir um grafo que represente a rede urbana e aplicar algoritmos de otimização para identificar a rede mais econômica possível.

A rede de fibra óptica pode ser modelada por um grafo não orientado com pesos nas arestas. Cada bairro representa um ponto de distribuição da rede (vértice), e cada possível ligação entre bairros é uma aresta ponderada pela distância real de condução entre os pontos.

Número de vértices (bairros): 60

Número de arestas (ligações): 150

Peso da aresta: Distância real em km (rota de condução)

Tipo do grafo utilizado: 2 – Grafo não orientado com peso nas arestas.

Coleta de Dados

As distâncias foram obtidas por meio do site <https://pt.distance.to>, utilizando a distância por rota de condução entre bairros (Em azul na imagem abaixo), o que melhor representa a viabilidade real da instalação de cabos de fibra óptica. O site representa com precisão as distâncias geográficas entre vértices do grafo, pois utiliza a fórmula de Haversine, que considera a curvatura terrestre ao calcular a distância entre dois pontos definidos por suas coordenadas geográficas (latitude e longitude).



UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE
Faculdade de Computação e Informática
Prof. Dr. Ivan Carlos Alcântara de Oliveira
Teoria dos Grafos



Fórmula de Haversine:

$$a = \sin^2(\phi_B - \phi_A/2) + \cos \phi_A * \cos \phi_B * \sin^2(\lambda_B - \lambda_A/2)$$

$$c = 2 * \text{atan2}(\sqrt{a}, \sqrt{1-a})$$

$$d = R * c$$

Distância(Tatuapé - Pinheiros):

Distância de Tatuapé, São-Paulo, BRA a Pinheiros, São-Paulo, BRA

#1 Tatuapé, São-Paulo, BRA -23.540891,-46.575009

São Paulo, Região Metropolitana de São Paulo, São Paulo, Brasil

São Paulo, Região Metropolitana de São Paulo, São Paulo, Brazil

Linha aérea: 13,36 km

Rota de condução: 17,00 km (0h 27min)

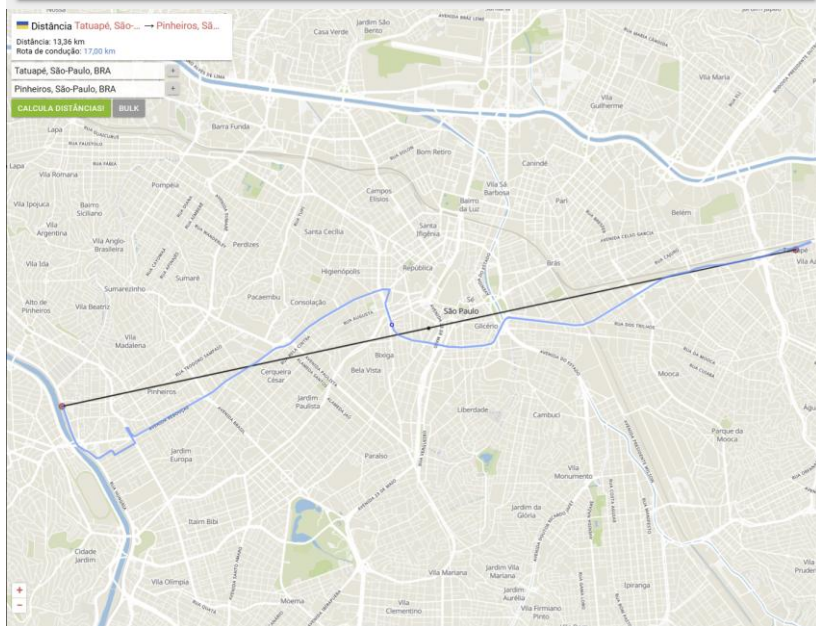
#2 Pinheiros, São-Paulo, BRA -23.565935,-46.703149

São Paulo, Região Metropolitana de São Paulo, São Paulo, Brasil

São Paulo, Região Metropolitana de São Paulo, São Paulo, Brazil

Linha aérea: 13,36 km

Rota de condução: 17,00 km (0h 27min)



Exemplo de representação:

Supondo:

- Bairro Tatuapé = vértice 0
- Bairro Pinheiros = vértice 1
- Distância real (rota de condução) = 17,00 km

Representação no grafo:

0 1 17.00



UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE

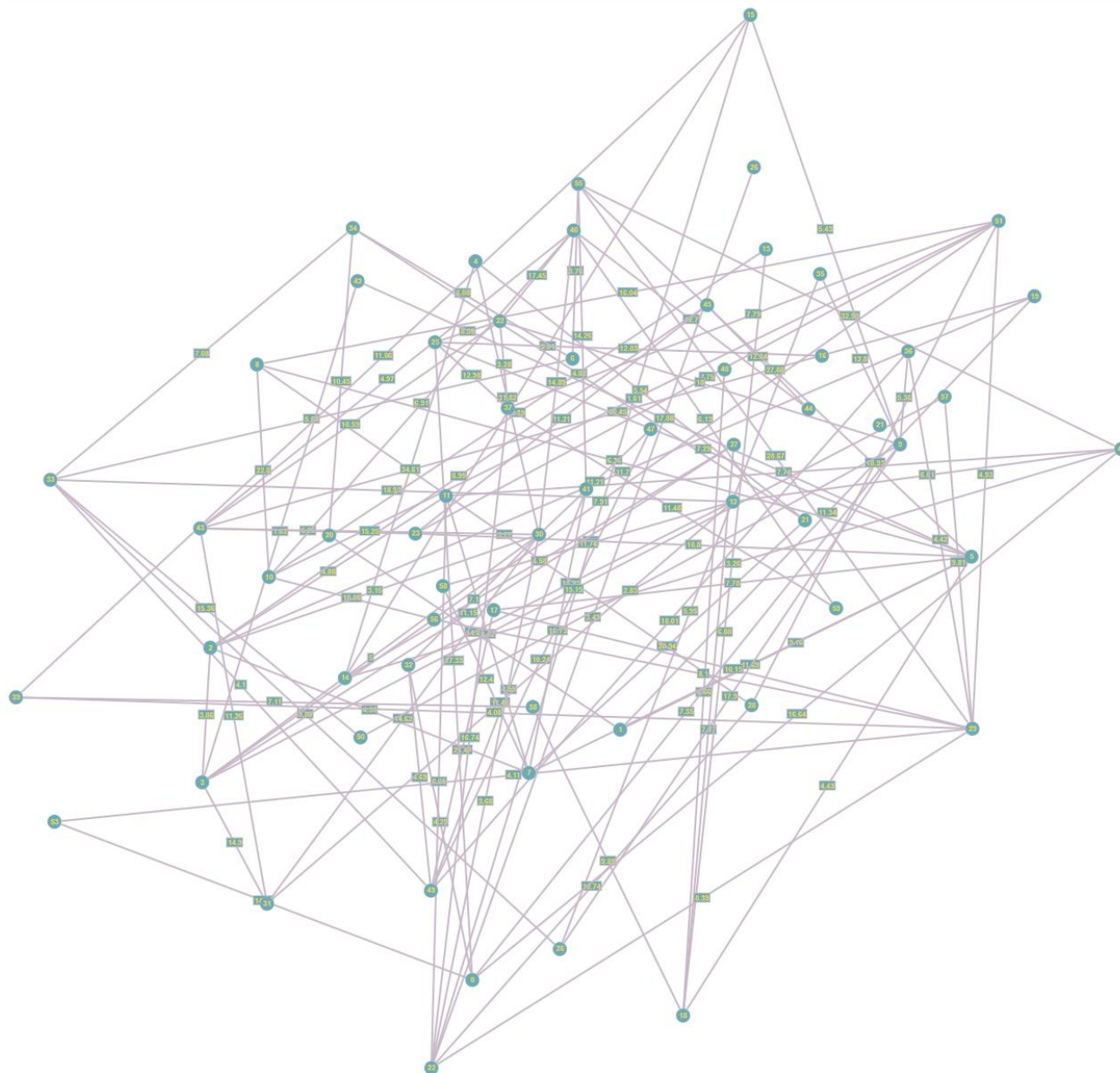
Faculdade de Computação e Informática

Prof. Dr. Ivan Carlos Alcântara de Oliveira

Teoria dos Grafos



Rede de Fibra Óptica – Grafo não direcionado e sem os pesos nas arestas





Estrutura do Arquivo grafo.txt

2
60
0 "Agua Rasa" 0
1 "Alto de Pinheiros" 0
2 "Aricanduva" 0
3 "Artur Alvim" 0
4 "Barra Funda" 0
5 "Belem" 0
6 "Bixiga" 0
7 "Bom Retiro" 0
8 "Bras" 0
9 "Brasilandia" 0
10 "Butanta" 0
11 "Cambuci" 0
12 "Campo Belo" 0
13 "Casa Verde" 0
14 "Cidade Lider" 0
15 "Higienopolis" 0
16 "Indianopolis" 0
17 "Ipiranga" 0
18 "Itaim Bibi" 0
19 "Itaim Paulista" 0
20 "Itaquera" 0
21 "Jabaquara" 0
22 "Jaguare" 0
23 "Jardim Paulista" 0
24 "Jose Bonifacio" 0
25 "Lapa" 0
26 "Lima" 0
27 "Moema" 0
28 "Mooca" 0
29 "Morumbi" 0
30 "Paraiso" 0
31 "Pari" 0
32 "Parque do Carmo" 0
33 "Penha" 0
34 "Perdizes" 0
35 "Pinheiros" 0
36 "Pirituba" 0
37 "Republica" 0



UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE
Faculdade de Computação e Informática

Prof. Dr. Ivan Carlos Alcântara de Oliveira

Teoria dos Grafos



38 "Sacoma" 0
39 "Santa Cecilia" 0
40 "Santana" 0
41 "Santo Amaro" 0
42 "Sao Miguel" 0
43 "Sapopemba" 0
44 "Saude" 0
45 "Se" 0
46 "Tatuape" 0
47 "Tucuruvi" 0
48 "Vila Carrao" 0
49 "Vila Formosa" 0
50 "Vila Guilherme" 0
51 "Vila Maria" 0
52 "Vila Mariana" 0
53 "Vila Matilde" 0
54 "Vila Medeiros" 0
55 "Vila Monumento" 0
56 "Vila Olimpia" 0
57 "Vila Prudente" 0
58 "Vila Romana" 0
59 "Vila Sonia" 0
150
46 53 5.64
33 53 3.83
3 53 5.95
3 14 5.89
14 20 7.08
14 32 5.69
20 32 6.08
24 32 3.76
20 42 4.82
19 42 5.54
33 51 9.03
33 48 6.95
28 33 11.21
47 51 5.61
31 51 5.43
0 31 7.35
31 53 12.80
31 50 2.83
0 49 4.29
49 57 5.66
28 49 7.10
2 49 4.69
43 49 6.71
2 43 4.55
2 14 4.10
43 53 10.92
48 49 2.49
5 28 3.68
11 28 3.15
5 46 3.43



UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE
Faculdade de Computação e Informática

Prof. Dr. Ivan Carlos Alcântara de Oliveira

Teoría dos Grafos



5 51 4.53
8 11 4.55
8 43 16.73
11 17 3.86
17 28 5.00
17 27 7.91
17 38 1.62
27 30 4.93
15 30 4.08
18 30 4.11
30 35 8.10
35 56 8.59
16 35 10.86
16 27 1.61
16 21 6.91
21 44 6.13
21 28 14.89
12 21 4.97
44 52 4.36
35 44 10.07
34 35 7.16
4 34 2.66
4 40 7.27
4 25 4.43
10 25 7.78
8 25 11.69
22 25 7.29
25 36 6.36
9 36 5.77
22 29 12.98
22 59 8.39
29 59 3.28
41 59 10.37
23 41 11.21
27 41 7.75
12 41 5.25
25 41 18.80
1 12 11.26
1 7 11.46
13 40 4.58
40 47 3.98
47 54 3.15
6 47 11.34
13 26 3.26
26 37 7.74
7 26 6.61
37 45 1.75
11 37 4.88
8 37 4.12
45 46 7.52
35 45 10.54
4 45 6.08
39 45 4.49



UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE
Faculdade de Computação e Informática

Prof. Dr. Ivan Carlos Alcântara de Oliveira
Teoria dos Grafos



30 39 4.42
5 30 8.39
30 58 9.81
10 30 10.15
46 50 6.17
53 54 12.52
3 31 17.90
14 50 15.36
32 57 16.60
24 43 14.26
20 48 10.45
8 42 28.94
19 28 31.82
2 33 10.24
13 51 9.31
38 47 16.34
31 39 5.36
0 26 16.64
7 49 13.23
21 57 12.70
2 39 18.01
6 48 14.05
12 28 15.25
5 37 6.05
11 47 11.70
8 56 12.40
17 40 11.15
9 27 18.93
25 38 17.88
24 30 28.67
15 51 11.06
0 18 14.47
35 50 23.49
7 56 11.74
16 36 22.80
21 59 17.45
29 44 11.48
22 52 12.83
34 43 24.99
4 55 9.85
32 40 26.13
24 25 27.88
2 10 21.47
0 22 27.33
5 29 16.74
31 59 18.00
41 50 19.83
23 57 12.84
12 47 20.45
1 28 14.62
7 14 18.92
13 19 34.61
24 26 32.99



UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE

Faculdade de Computação e Informática

Prof. Dr. Ivan Carlos Alcântara de Oliveira
Teoria dos Grafos



32 37 24.07
16 45 8.39
39 43 19.96
17 58 15.15
27 36 16.04
5 9 12.74
33 54 9.14
15 55 7.11
6 25 9.16
50 56 11.56
12 59 10.59
27 29 7.79
1 17 14.90
11 23 6.99

A modelagem da rede de fibra óptica urbana como um grafo não orientado com pesos reais permite o uso de algoritmos eficientes para planejar a instalação com o menor custo possível. Esse tipo de abordagem torna o processo de expansão de infraestrutura mais racional, econômico e escalável, contribuindo diretamente com a qualidade e eficiência do serviço de internet nas cidades.

Prints da Aplicação

Ler dados do arquivo grafo.txt:

```
=== Conexão Inteligente: Otimização da Rede de Fibra Óptica ===  
1. Ler dados do arquivo grafo.txt  
2. Gravar dados no arquivo grafo.txt  
3. Inserir vértice  
4. Inserir aresta  
5. Remover vértice  
6. Remover aresta  
7. Mostrar conteúdo do arquivo  
8. Mostrar grafo (lista de adjacência)  
9. Verificar conexidade  
0. Encerrar aplicação  
Opção: 1
```

Gravar dados no arquivo grafo.txt(Removendo vértices 0 e 1):



=== Conexão Inteligente: Otimização da Rede de Fibra Óptica ===

1. Ler dados do arquivo grafo.txt
 2. Gravar dados no arquivo grafo.txt
 3. Inserir vértice
 4. Inserir aresta
 5. Remover vértice
 6. Remover aresta
 7. Mostrar conteúdo do arquivo
 8. Mostrar grafo (lista de adjacência)
 9. Verificar conexidade
 0. Encerrar aplicação
- Opção: 2

Após gravação no txt(Vértice 0 - Agua Rasa removido):

≡ grafo.txt

1	2
2	59
3	1 "Alto de Pinheiros" 0
4	2 "Aricanduva" 0
5	3 "Artur Alvim" 0
6	4 "Barra Funda" 0

Após gravação no txt(Vértice 1 - Alto de Pinheiros removido):



≡ grafo.txt

```
1      2
2      58
3      2 "Aricanduva" 0
4      3 "Artur Alvim" 0
5      4 "Barra Funda" 0
6      5 "Belem" 0
```

1º Inserir vértice(Brooklin – 60):

```
=== Conexão Inteligente: Otimização da Rede de Fibra Óptica ===
1. Ler dados do arquivo grafo.txt
2. Gravar dados no arquivo grafo.txt
3. Inserir vértice
4. Inserir aresta
5. Remover vértice
6. Remover aresta
7. Mostrar conteúdo do arquivo
8. Mostrar grafo (lista de adjacência)
9. Verificar conexidade
0. Encerrar aplicação
Opção: 3
Nome do novo vértice: Brooklin
Vértice 'Brooklin' adicionado com índice 60.
```

2º Inserir vértice(Jaboti Queimado – 61):



=== Conexão Inteligente: Otimização da Rede de Fibra Óptica ===

1. Ler dados do arquivo grafo.txt
2. Gravar dados no arquivo grafo.txt
3. Inserir vértice
4. Inserir aresta
5. Remover vértice
6. Remover aresta
7. Mostrar conteúdo do arquivo
8. Mostrar grafo (lista de adjacência)
9. Verificar conexidade
0. Encerrar aplicação

Opção: 3

Nome do novo vértice: Jaboti Queimado

Vértice 'Jaboti Queimado' adicionado com índice 61.



UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE
Faculdade de Computação e Informática

Prof. Dr. Ivan Carlos Alcântara de Oliveira
Teoria dos Grafos



1º Inserir aresta:

```
=== Conexão Inteligente: Otimização da Rede de Fibra Óptica ===
1. Ler dados do arquivo grafo.txt
2. Gravar dados no arquivo grafo.txt
3. Inserir vértice
4. Inserir aresta
5. Remover vértice
6. Remover aresta
7. Mostrar conteúdo do arquivo
8. Mostrar grafo (lista de adjacência)
9. Verificar conexidade
0. Encerrar aplicação
Opção: 4
Índice do vértice origem: 4
Índice do vértice destino: 32
Peso (distância em km): 12.4
Aresta 4 - 32 com peso 12.4 adicionada.
```

Resultado na contagem de arestas no txt após adicionar 4 – 32:

```
2      59 "Vila S
3      151
4      46 53 5.64
```

Aresta 4 – 32:

```
213    11 23 6.99
214    4 32 12.4
```

2º Inserir aresta:



UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE
Faculdade de Computação e Informática

Prof. Dr. Ivan Carlos Alcântara de Oliveira

Teoria dos Grafos



=== Conexão Inteligente: Otimização da Rede de Fibra Óptica ===

1. Ler dados do arquivo grafo.txt
2. Gravar dados no arquivo grafo.txt
3. Inserir vértice
4. Inserir aresta
5. Remover vértice
6. Remover aresta
7. Mostrar conteúdo do arquivo
8. Mostrar grafo (lista de adjacência)
9. Verificar conexidade
0. Encerrar aplicação

Opção: 4

Índice do vértice origem: 59

Índice do vértice destino: 23

Peso (distância em km): 9.56

Aresta 59 - 23 com peso 9.56 adicionada.

Resultado na contagem de arestas no txt após adicionar 59 – 23:

```
62      59 "Vila Sonia" 0
63      152
64      46 53 5.64
65      33 53 3.83
```

Aresta 59 – 23:

```
213     11 23 8.99
214     4 32 12.4
215     59 23 9.56
```



1º Remover vértice:

```
=== Conexão Inteligente: Otimização da Rede de Fibra Óptica ===
1. Ler dados do arquivo grafo.txt
2. Gravar dados no arquivo grafo.txt
3. Inserir vértice
4. Inserir aresta
5. Remover vértice
6. Remover aresta
7. Mostrar conteúdo do arquivo
8. Mostrar grafo (lista de adjacência)
9. Verificar conexidade
0. Encerrar aplicação
Opção: 5
Índice do vértice a remover: 60
Vértice 60 removido com suas arestas.
```

2º Remover vértice:

```
=== Conexão Inteligente: Otimização da Rede de Fibra Óptica ===
1. Ler dados do arquivo grafo.txt
2. Gravar dados no arquivo grafo.txt
3. Inserir vértice
4. Inserir aresta
5. Remover vértice
6. Remover aresta
7. Mostrar conteúdo do arquivo
8. Mostrar grafo (lista de adjacência)
9. Verificar conexidade
0. Encerrar aplicação
Opção: 5
Índice do vértice a remover: 61
Vértice 61 removido com suas arestas.
```

1º Remover aresta(4 – 32):



```
=== Conexão Inteligente: Otimização da Rede de Fibra Óptica ===
1. Ler dados do arquivo grafo.txt
2. Gravar dados no arquivo grafo.txt
3. Inserir vértice
4. Inserir aresta
5. Remover vértice
6. Remover aresta
7. Mostrar conteúdo do arquivo
8. Mostrar grafo (lista de adjacência)
9. Verificar conexidade
0. Encerrar aplicação
Opção: 6
Índice do vértice origem: 4
Índice do vértice destino: 32
Arestas removidas: 1
```

2º Remover aresta(59 – 23):

```
=== Conexão Inteligente: Otimização da Rede de Fibra Óptica ===
1. Ler dados do arquivo grafo.txt
2. Gravar dados no arquivo grafo.txt
3. Inserir vértice
4. Inserir aresta
5. Remover vértice
6. Remover aresta
7. Mostrar conteúdo do arquivo
8. Mostrar grafo (lista de adjacência)
9. Verificar conexidade
0. Encerrar aplicação
Opção: 6
Índice do vértice origem: 59
Índice do vértice destino: 23
Arestas removidas: 1
```

Opção 7 - Mostrar Conteúdo do arquivo:



UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE
Faculdade de Computação e Informática

Prof. Dr. Ivan Carlos Alcântara de Oliveira
Teoria dos Grafos



Mostra todos os vértices:

=== Conexão Inteligente: Otimização da Rede de Fibra Óptica ===

1. Ler dados do arquivo grafo.txt
2. Gravar dados no arquivo grafo.txt
3. Inserir vértice
4. Inserir aresta
5. Remover vértice
6. Remover aresta
7. Mostrar conteúdo do arquivo
8. Mostrar grafo (lista de adjacência)
9. Verificar conexidade
0. Encerrar aplicação

Opção: 7

Tipo do grafo: 2

Vértices:

- 0: Agua Rasa
- 1: Alto de Pinheiros
- 2: Aricanduva
- 3: Artur Alvim
- 4: Barra Funda
- 5: Belem
- 6: Bixiga
- 7: Bom Retiro
- 8: Bras
- 9: Brasilandia
- 10: Butanta
- 11: Cambuci
- 12: Campo Belo
- 13: Casa Verde
- 14: Cidade Lider
- 15: Higienopolis
- 16: Indianopolis
- 17: Ipiranga
- 18: Itaim Bibi
- 19: Itaim Paulista
- 20: Itaquera



UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE
Faculdade de Computação e Informática

Prof. Dr. Ivan Carlos Alcântara de Oliveira

Teoria dos Grafos



Todas as arestas(ID, ID, Distância em Km):

58: Vila Romana

59: Vila Sonia

Arestas:

46 - 53 : 5.64 km

33 - 53 : 3.83 km

3 - 53 : 5.95 km

3 - 14 : 5.89 km

14 - 20 : 7.08 km

14 - 32 : 5.69 km

20 - 32 : 6.08 km

24 - 32 : 3.76 km

20 - 42 : 4.82 km

19 - 42 : 5.54 km

33 - 51 : 9.03 km

33 - 48 : 6.95 km

28 - 33 : 11.21 km

47 - 51 : 5.61 km

31 - 51 : 5.43 km

0 - 31 : 7.35 km

31 - 53 : 12.8 km

31 - 50 : 2.83 km

0 - 49 : 4.29 km

49 - 57 : 5.66 km

28 - 49 : 7.1 km

2 - 49 : 4.69 km

43 - 49 : 6.71 km

2 - 43 : 4.55 km

2 - 14 : 4.1 km

43 - 53 : 10.92 km

48 - 49 : 2.49 km

5 - 28 : 3.68 km

11 - 28 : 3.15 km

5 - 46 : 3.43 km

5 - 51 : 4.53 km



UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE
Faculdade de Computação e Informática

Prof. Dr. Ivan Carlos Alcântara de Oliveira

Teoria dos Grafos



Opção 8 – Mostrar grafo com Lista de Adjacência:

Opção: 8

```
0 -> 31(7.35), 49(4.29), 26(16.64), 18(14.47), 22(27.33)
1 -> 12(11.26), 7(11.46), 28(14.62), 17(14.9)
2 -> 49(4.69), 43(4.55), 14(4.1), 33(10.24), 39(18.01), 10(21.47)
3 -> 53(5.95), 14(5.89), 31(17.9)
4 -> 34(2.66), 40(7.27), 25(4.43), 45(6.08), 55(9.85)
5 -> 28(3.68), 46(3.43), 51(4.53), 30(8.39), 37(6.05), 29(16.74), 9(12.74)
6 -> 47(11.34), 48(14.05), 25(9.16)
7 -> 1(11.46), 26(6.61), 49(13.23), 56(11.74), 14(18.92)
8 -> 11(4.55), 43(16.73), 25(11.69), 37(4.12), 42(28.94), 56(12.4)
9 -> 36(5.77), 27(18.93), 5(12.74)
10 -> 25(7.78), 30(10.15), 2(21.47)
11 -> 28(3.15), 8(4.55), 17(3.86), 37(4.88), 47(11.7), 23(6.99)
12 -> 21(4.97), 41(5.25), 1(11.26), 28(15.25), 47(20.45), 59(10.59)
13 -> 40(4.58), 26(3.26), 51(9.31), 19(34.61)
14 -> 3(5.89), 20(7.08), 32(5.69), 2(4.1), 50(15.36), 7(18.92)
15 -> 30(4.08), 51(11.06), 55(7.11)
16 -> 35(10.86), 27(1.61), 21(6.91), 36(22.8), 45(8.39)
17 -> 11(3.86), 28(5.0), 27(7.91), 38(1.62), 40(11.15), 58(15.15), 1(14.9)
18 -> 30(4.11), 0(14.47)
19 -> 42(5.54), 28(31.82), 13(34.61)
20 -> 14(7.08), 32(6.08), 42(4.82), 48(10.45)
21 -> 16(6.91), 44(6.13), 28(14.89), 12(4.97), 57(12.7), 59(17.45)
22 -> 25(7.29), 29(12.98), 59(8.39), 52(12.83), 0(27.33)
23 -> 41(11.21), 57(12.84), 11(6.99)
24 -> 32(3.76), 43(14.26), 30(28.67), 25(27.88), 26(32.99)
25 -> 4(4.43), 10(7.78), 8(11.69), 22(7.29), 36(6.36), 41(18.8), 38(17.88), 24(27.88), 6(9.16)
26 -> 13(3.26), 37(7.74), 7(6.61), 0(16.64), 24(32.99)
27 -> 17(7.91), 30(4.93), 16(1.61), 41(7.75), 9(18.93), 36(16.04), 29(7.79)
28 -> 33(11.21), 49(7.1), 5(3.68), 11(3.15), 17(5.0), 21(14.89), 19(31.82), 12(15.25), 1(14.62)
29 -> 22(12.98), 59(3.28), 44(11.48), 5(16.74), 27(7.79)
30 -> 27(4.93), 15(4.08), 18(4.11), 35(8.1), 39(4.42), 5(8.39), 58(9.81), 10(10.15), 24(28.67)
31 -> 51(5.43), 0(7.35), 53(12.8), 50(2.83), 3(17.9), 39(5.36), 59(18.0)
32 -> 14(5.69), 20(6.08), 24(3.76), 57(16.6), 40(26.13), 37(24.07)
33 -> 53(3.83), 51(9.03), 48(6.95), 28(11.21), 2(10.24), 54(9.14)
```



UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE

Faculdade de Computação e Informática

Prof. Dr. Ivan Carlos Alcântara de Oliveira

Teoria dos Grafos



```
34 -> 35(7.16), 4(2.66), 43(24.99)
35 -> 30(8.1), 56(8.59), 16(10.86), 44(10.07), 34(7.16), 45(10.54), 50(23.49)
36 -> 25(6.36), 9(5.77), 16(22.8), 27(16.04)
37 -> 26(7.74), 45(1.75), 11(4.88), 8(4.12), 5(6.05), 32(24.07)
38 -> 17(1.62), 47(16.34), 25(17.88)
39 -> 45(4.49), 30(4.42), 31(5.36), 2(18.01), 43(19.96)
40 -> 4(7.27), 13(4.58), 47(3.98), 17(11.15), 32(26.13)
41 -> 59(10.37), 23(11.21), 27(7.75), 12(5.25), 25(18.8), 50(19.83)
42 -> 20(4.82), 19(5.54), 8(28.94)
43 -> 49(6.71), 2(4.55), 53(10.92), 8(16.73), 24(14.26), 34(24.99), 39(19.96)
44 -> 21(6.13), 52(4.36), 35(10.07), 29(11.48)
45 -> 37(1.75), 46(7.52), 35(10.54), 4(6.08), 39(4.49), 16(8.39)
46 -> 53(5.64), 5(3.43), 45(7.52), 50(6.17)
47 -> 51(5.61), 40(3.98), 54(3.15), 6(11.34), 38(16.34), 11(11.7), 12(20.45)
48 -> 33(6.95), 49(2.49), 20(10.45), 6(14.05)
49 -> 0(4.29), 57(5.66), 28(7.1), 2(4.69), 43(6.71), 48(2.49), 7(13.23)
50 -> 31(2.83), 46(6.17), 14(15.36), 35(23.49), 41(19.83), 56(11.56)
51 -> 33(9.03), 47(5.61), 31(5.43), 5(4.53), 13(9.31), 15(11.06)
52 -> 44(4.36), 22(12.83)
53 -> 46(5.64), 33(3.83), 3(5.95), 31(12.8), 43(10.92), 54(12.52)
54 -> 47(3.15), 53(12.52), 33(9.14)
55 -> 4(9.85), 15(7.11)
56 -> 35(8.59), 8(12.4), 7(11.74), 50(11.56)
57 -> 49(5.66), 32(16.6), 21(12.7), 23(12.84)
58 -> 30(9.81), 17(15.15)
59 -> 22(8.39), 29(3.28), 41(10.37), 21(17.45), 31(18.0), 12(10.59)
```

Opção 9 – Verificar se é conexo e mostrar o grafo reduzido:

```
=== Conexão Inteligente: Otimização da Rede de Fibra Óptica ===
1. Ler dados do arquivo grafo.txt
2. Gravar dados no arquivo grafo.txt
3. Inserir vértice
4. Inserir aresta
5. Remover vértice
6. Remover aresta
7. Mostrar conteúdo do arquivo
8. Mostrar grafo (lista de adjacência)
9. Verificar conexidade
0. Encerrar aplicação
Opção: 9
Grafo conexo.
```



UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE
Faculdade de Computação e Informática

Prof. Dr. Ivan Carlos Alcântara de Oliveira

Teoria dos Grafos



Forma reduzida $Gr(G)$ – Árvore Geradora Mínima:

16 - 27 : 1.61 km
17 - 38 : 1.62 km
37 - 45 : 1.75 km
48 - 49 : 2.49 km
4 - 34 : 2.66 km
31 - 50 : 2.83 km
11 - 28 : 3.15 km
47 - 54 : 3.15 km
13 - 26 : 3.26 km
29 - 59 : 3.28 km
5 - 46 : 3.43 km
5 - 28 : 3.68 km
24 - 32 : 3.76 km
33 - 53 : 3.83 km
11 - 17 : 3.86 km
40 - 47 : 3.98 km
15 - 30 : 4.08 km
2 - 14 : 4.1 km
18 - 30 : 4.11 km
8 - 37 : 4.12 km
0 - 49 : 4.29 km
44 - 52 : 4.36 km
30 - 39 : 4.42 km
4 - 25 : 4.43 km
39 - 45 : 4.49 km
5 - 51 : 4.53 km
2 - 43 : 4.55 km
8 - 11 : 4.55 km
13 - 40 : 4.58 km
2 - 49 : 4.69 km
20 - 42 : 4.82 km
27 - 30 : 4.93 km
12 - 21 : 4.97 km
12 - 41 : 5.25 km
31 - 39 : 5.36 km
19 - 42 : 5.54 km
47 - 51 : 5.61 km
46 - 53 : 5.64 km
49 - 57 : 5.66 km
14 - 32 : 5.69 km
9 - 36 : 5.77 km
3 - 14 : 5.89 km
3 - 53 : 5.95 km
20 - 32 : 6.08 km
4 - 45 : 6.08 km
21 - 44 : 6.13 km
25 - 36 : 6.36 km



UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE

Faculdade de Computação e Informática

Prof. Dr. Ivan Carlos Alcântara de Oliveira

Teoria dos Grafos



7 - 26 : 6.61 km
16 - 21 : 6.91 km
11 - 23 : 6.99 km
15 - 55 : 7.11 km
34 - 35 : 7.16 km
22 - 25 : 7.29 km
10 - 25 : 7.78 km
27 - 29 : 7.79 km
35 - 56 : 8.59 km
6 - 25 : 9.16 km
30 - 58 : 9.81 km
1 - 12 : 11.26 km

Opção 0 – Encerrar Aplicação:

0. Encerrar aplicação

Opção: 0

Encerrando aplicação...

PS C:\Users\ThurC\OneDrive\Documentos\Grafos Projeto\ProjetoFibra> |

ODS 9 – Indústria, Inovação e Infraestrutura



O projeto Conexão Inteligente: Otimização da Rede de Fibra Óptica em Áreas Urbanas está diretamente ligado à **ODS 9 – Indústria, Inovação e Infraestrutura**, pois promove o desenvolvimento de uma infraestrutura digital moderna e eficiente. Modelando e otimizando a instalação de cabos de fibra óptica, a nossa proposta busca reduzir custos e ampliar o acesso à internet de alta velocidade em áreas urbanas. Isso contribui para a conectividade do meio urbano, essencial à inclusão digital e ao desenvolvimento social. Além disso, o uso de algoritmos computacionais representa inovação tecnológica aplicada ao planejamento urbano. A melhoria na infraestrutura de rede também favorece o desenvolvimento de cidades inteligentes.



UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE
Faculdade de Computação e Informática

Prof. Dr. Ivan Carlos Alcântara de Oliveira

Teoría dos Grafos



Por fim, elaboramos o projeto para fortalecer a inovação e a sustentabilidade nas infraestruturas urbanas de comunicação.

Link Git:
ODS: