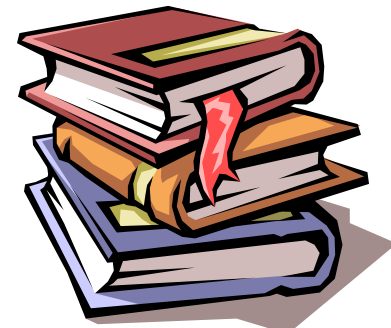


Grafos: Caixeiro Viajante

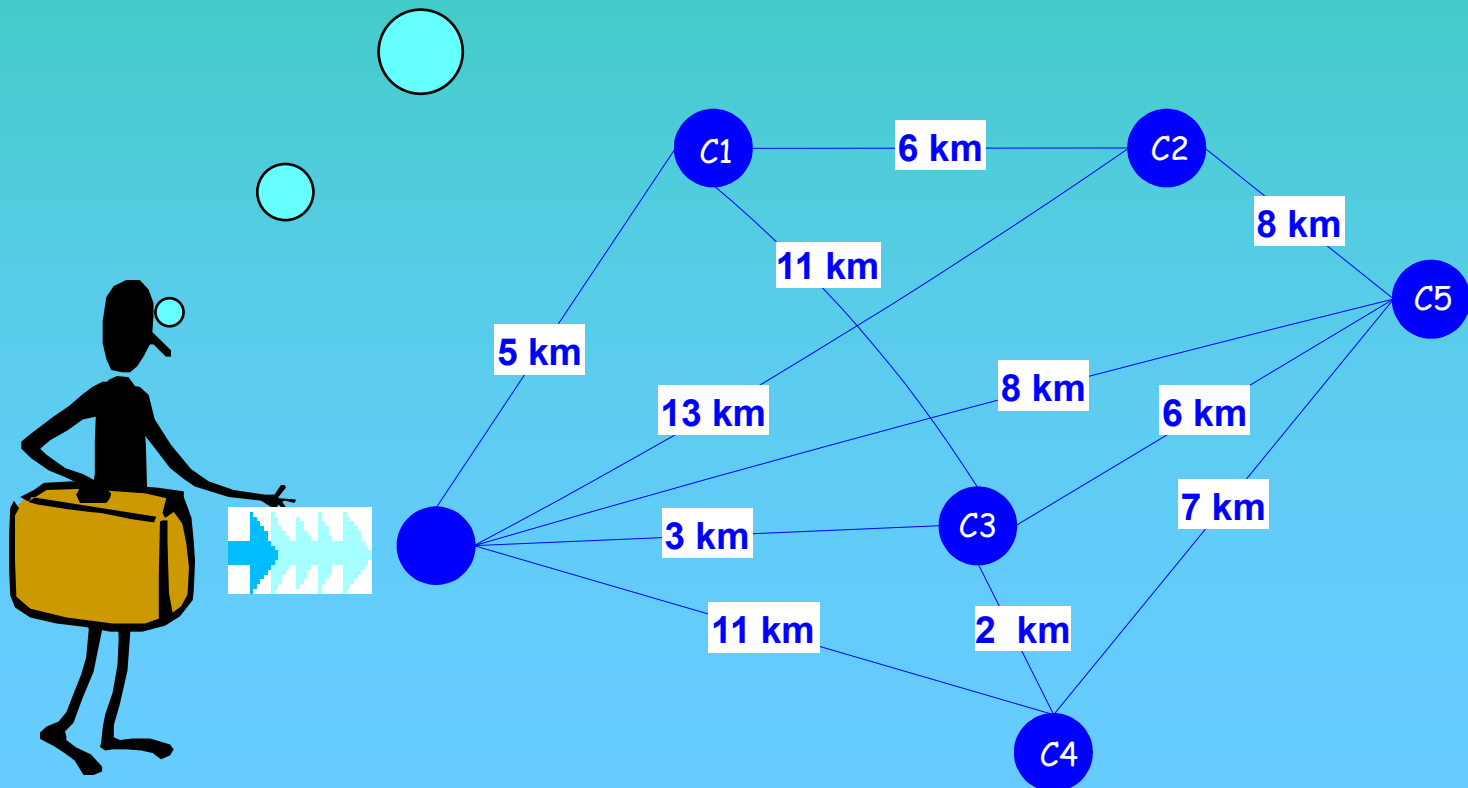
- O problema
- Método do vértice adjacente mais próximo
- Método da Inserção com o menor encargo
- Método da Inserção com maior afastamento

Utilize sempre os livros recomendados para complementar seus estudos

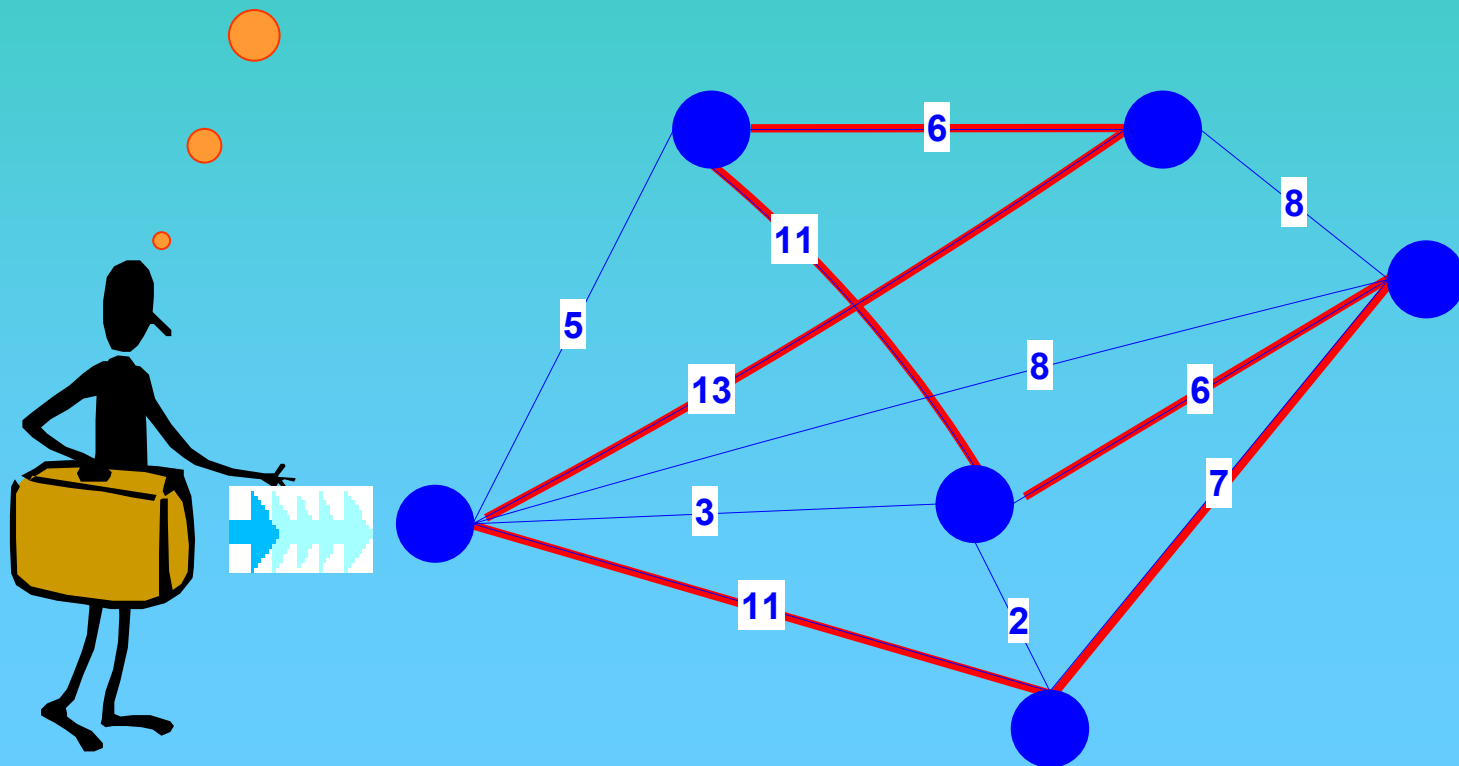
(plano de ensino)



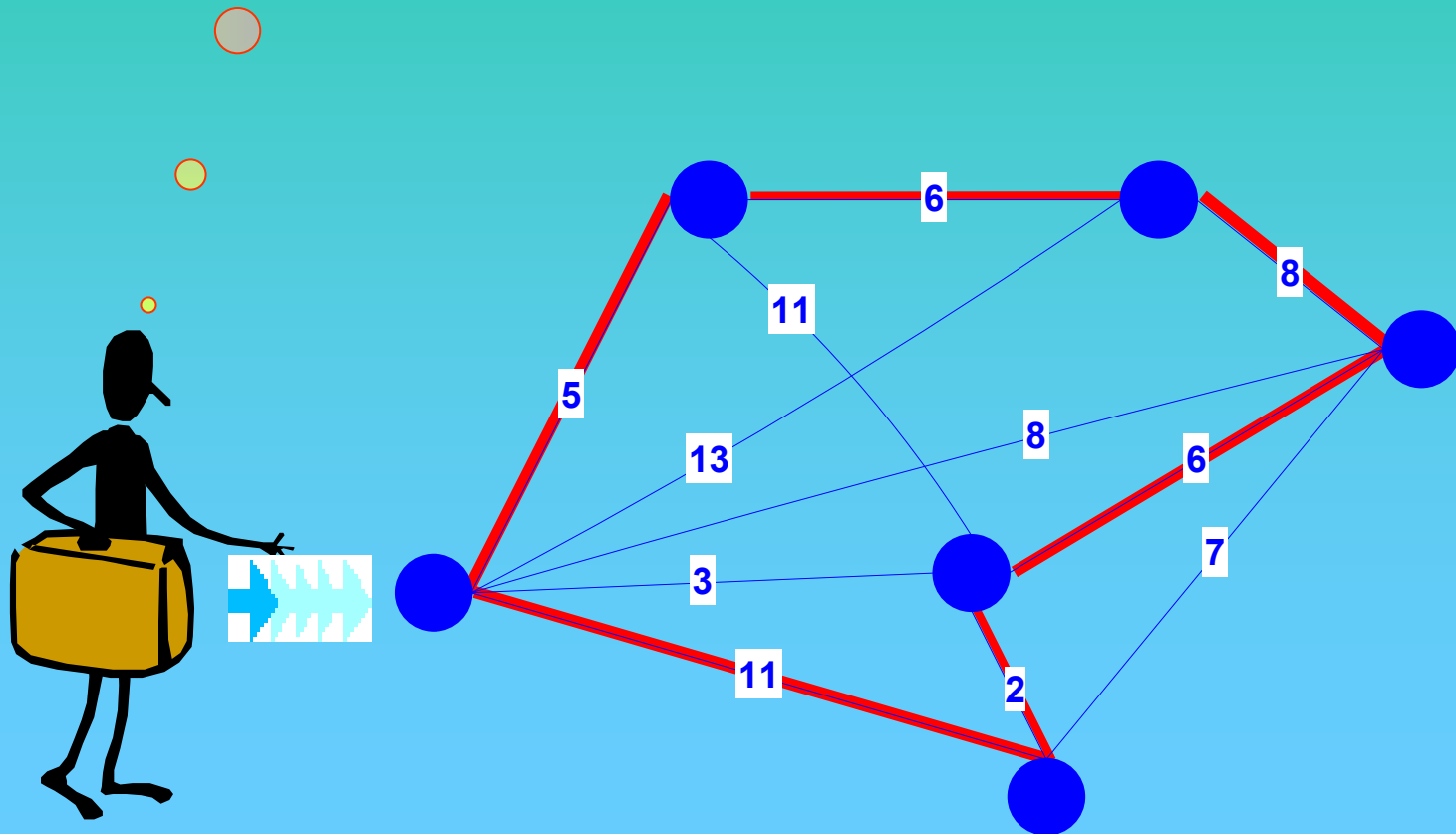
Quero iniciar e terminar aqui a minha viagem de negócios.
Quero passar em todos os clientes (vértices) uma só vez.
Quero percorrer a menor distância possível.
Como fazer ?



54 km. Será este o
melhor ciclo?

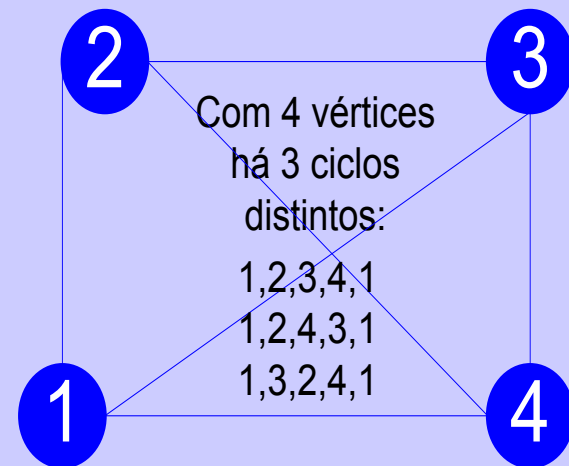
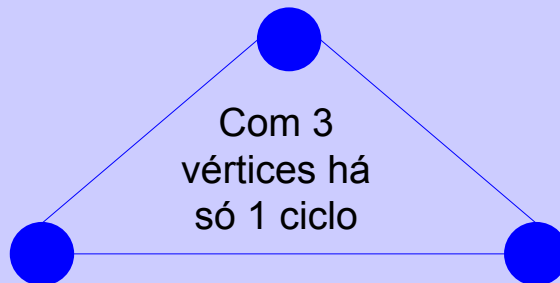
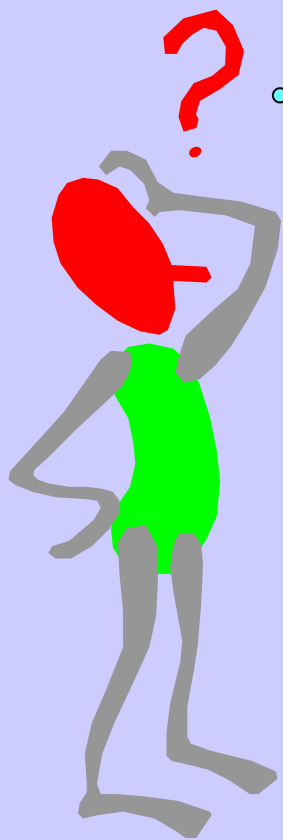


*38 km. Bem melhor.
Será este ?*



Quantos ciclos há num grafo completo?

Com " n " vértices há $\frac{(n-1)!}{2}$ ciclos distintos



Com 6 vértices há 60 ciclos distintos !

Com 15 vértices há 43 589 145 600 ciclos distintos !

O cálculo do Ciclo (ou Circuito) de Hamilton com Encargo Total Mínimo (tempo, distância, custo, etc) é o conhecido

Problema do Caixeiro Viajante

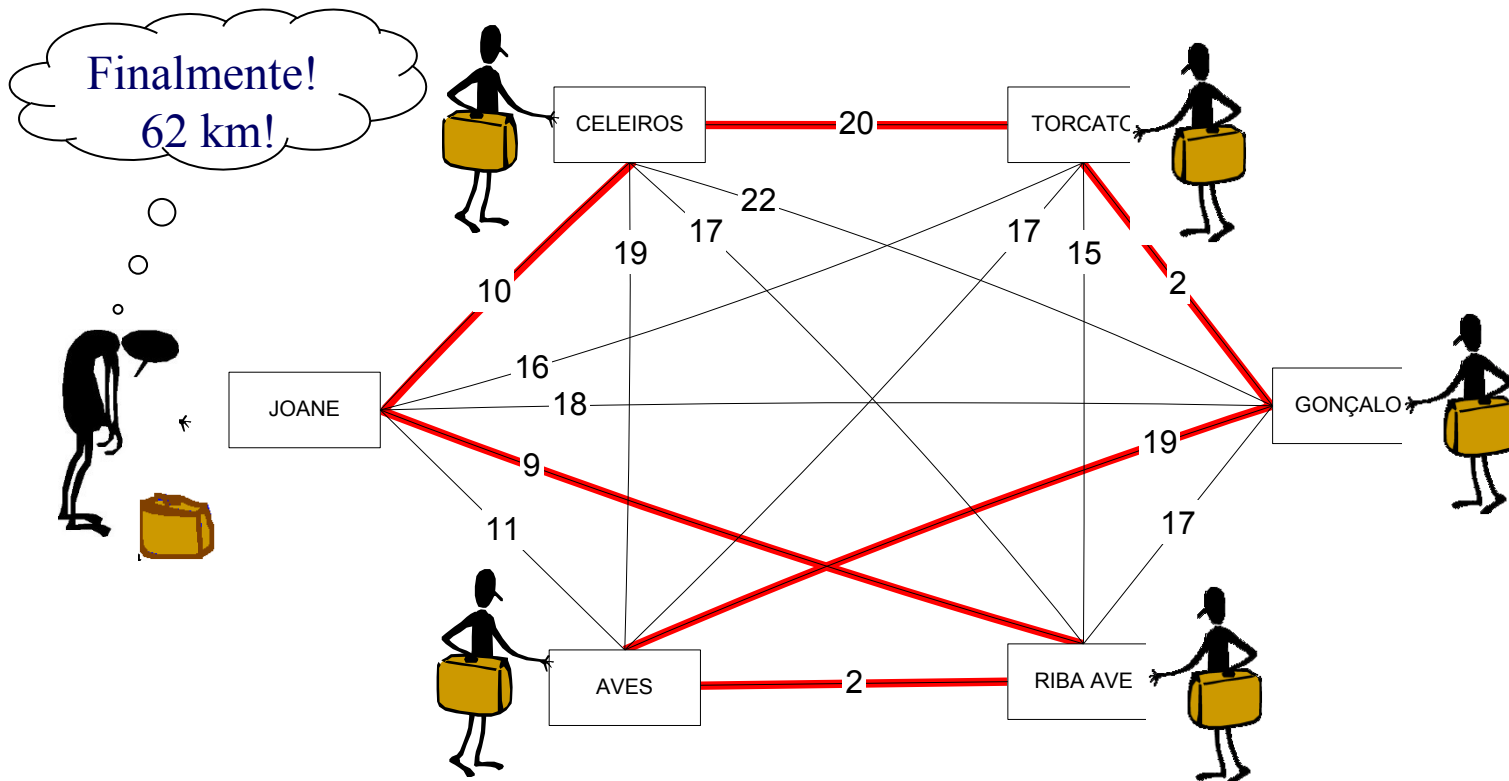
Travelling Salesman Problem (TSP)

- Ciclo está associado ao grafo não orientado
- Circuito está associado ao grafo orientado

Exemplo de um Ciclo Ótimo

Distâncias em km

	JOANE	CELEIROS	TORCATO	GONCALO	RIBA AVE	AVES
JOANE		10	16	18	9	11
CELEIROS	10		20	22	17	19
TORCATO	16	20		2	15	17
GONCALO	18	22	2		17	19
RIBA AVE	9	17	15	17		2
AVES	11	19	17	19	2	



Dimensão do problema

A Importância Econômica do Problema do Caixeiro Viajante é responsável pela procura de novas heurísticas visando soluções mais rápidas, mais baratas e mais precisas, para indústrias em um mercado global em expansão onde a logística ganha destaque.

Exemplos de TSP

A guarda nacional do exército americano investiu na melhoria das rotas do simulador de vôo de treinamento, reduzindo a quilometragem das frotas em 70% e economizando mais de US\$ 8,6 milhões por ano.

Murty, Katta G. ; Djang, Philipp A. The U.S. Army National Guard's mobile training simulators [location and routing problem](#). *Operations Research* v. 47 no2 (Mar./Apr. '99) p. 175-82.

Sears, Roebuck and Co. integrou seu sistema de agendamento e roteamento com um sistema de informações geográficas, para resolver problemas técnicos de entregas domiciliares, melhorando e expandindo seu negócio. O sistema gerou uma economia imediata de US\$ 9 milhões, economizando ainda mais de US\$ 42 milhões em um ano.

Weigel, Don. ; Cao, Buyang. GIS and OR techniques to solve Sears [technician-dispatching and home-delivery problems](#). *Interfaces* v. 29 n°1 (Jan./Feb. 1999) p. 112-30.

Cálculo do Ciclo (Circuito) de Hamilton

Método do vértice adjacente mais próximo

Método da Inserção com o menor encargo

Método da Inserção com maior afastamento

1

Método do vértice adjacente mais próximo

Heurística (*)

1. Escolher um vértice para início do ciclo.
2. Ligar este vértice ao vértice adjacente mais próximo.
3. Repetir este procedimento no último vértice escolhido até completar o ciclo.

(*) Válida para circuito

Nota: Uma heurística é uma regra prática para obter soluções não necessariamente ótimas.

Método do vértice adjacente mais próximo

Vértice Inicial = A

Distâncias (km)

	A	B	C	D	E	F
A		23	17	34	44	19
B	23		20	37	31	38
C	17	20		17	27	18
D	34	37	17		10	23
E	44	31	27	10		31
F	19	38	18	23	31	

Ciclo:

A	C	D	E	B	F	A
---	---	---	---	---	---	---

 = 132 km

Método do vértice adjacente mais próximo

Vértice Inicial = B

Distâncias (km)

	A	B	C	D	E	F
A		23	17	34	44	19
B	23		20	37	31	38
C	17	20		17	27	18
D	34	37	17		10	23
E	44	31	27	10		31
F	19	38	18	23	31	

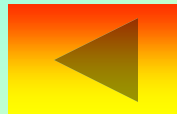
Ciclo:

B	C	A	F	D	E	B
---	---	---	---	---	---	---

 = 120 km

* Este ciclo é melhor do que o anterior

Regressar ao Menu Principal



Método da Inserção com o menor encargo

Heurística (*)

1. Escolher o par de vértices que formam o subciclo de menor distância total.
2. Inserir o vértice escolhido de modo a minimizar o aumento da distância total.
3. Repetir este procedimento, no subciclo corrente, até completar o ciclo.

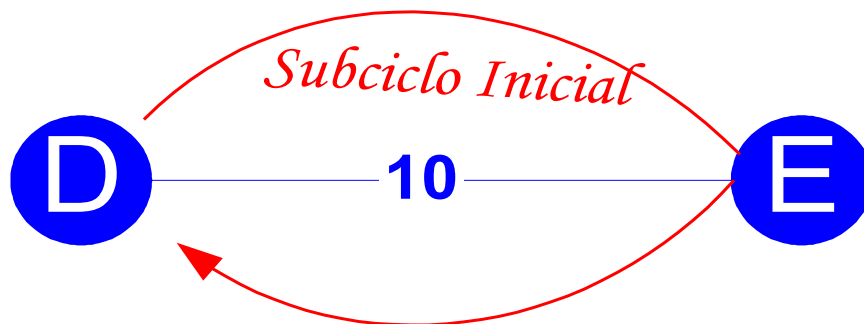
(*) Válida para circuito

Escolha do subciclo "i,j,i" de menor distância total

	A	B	C	D	E	F
A		23	17	34	44	19
B	23		20	37	31	38
C	17	20		17	27	18
D	34	37	17		10	23
E	44	31	27	10		31
F	19	38	18	23	31	

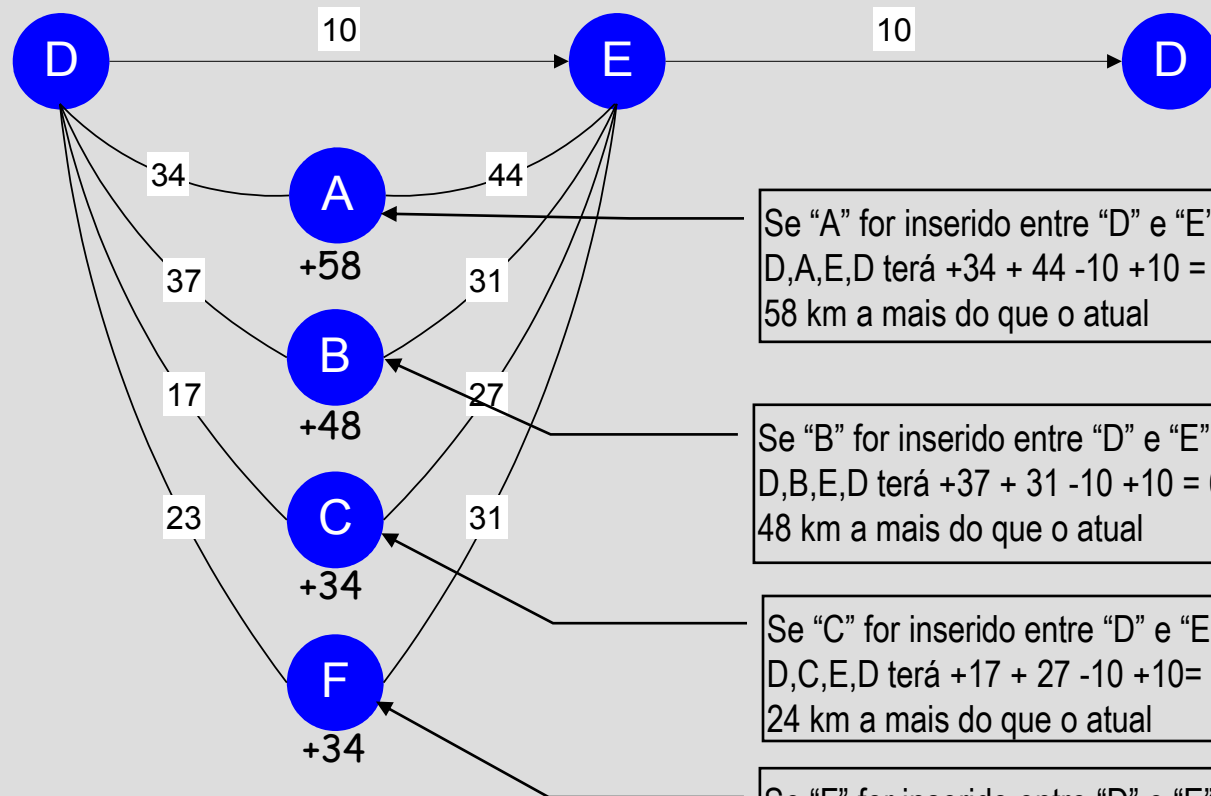
	A	B	C	D	E	F
A		46	34	68	88	38
B			40	74	62	76
C				34	54	36
D					20	46
E						62
F						

$AB+BA=23+23=46$ km



D, E, D = 20 km

Inserção de A, B, C ou F no subciclo D,E,D=20 km



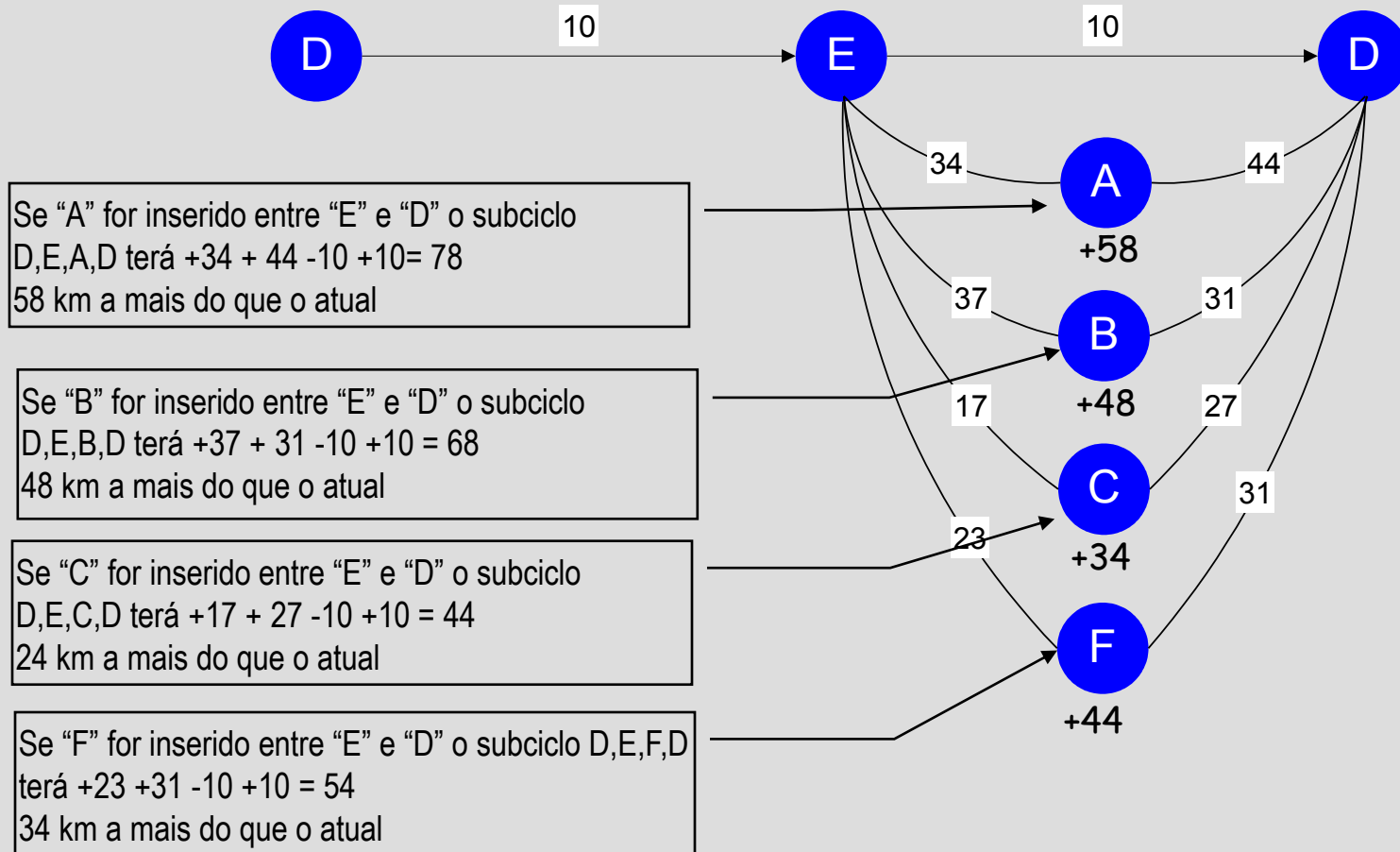
Se "A" for inserido entre "D" e "E" o subciclo D,A,E,D terá $+34 + 44 - 10 + 10 = 78$
58 km a mais do que o atual

Se "B" for inserido entre "D" e "E" o subciclo D,B,E,D terá $+37 + 31 - 10 + 10 = 68$
48 km a mais do que o atual

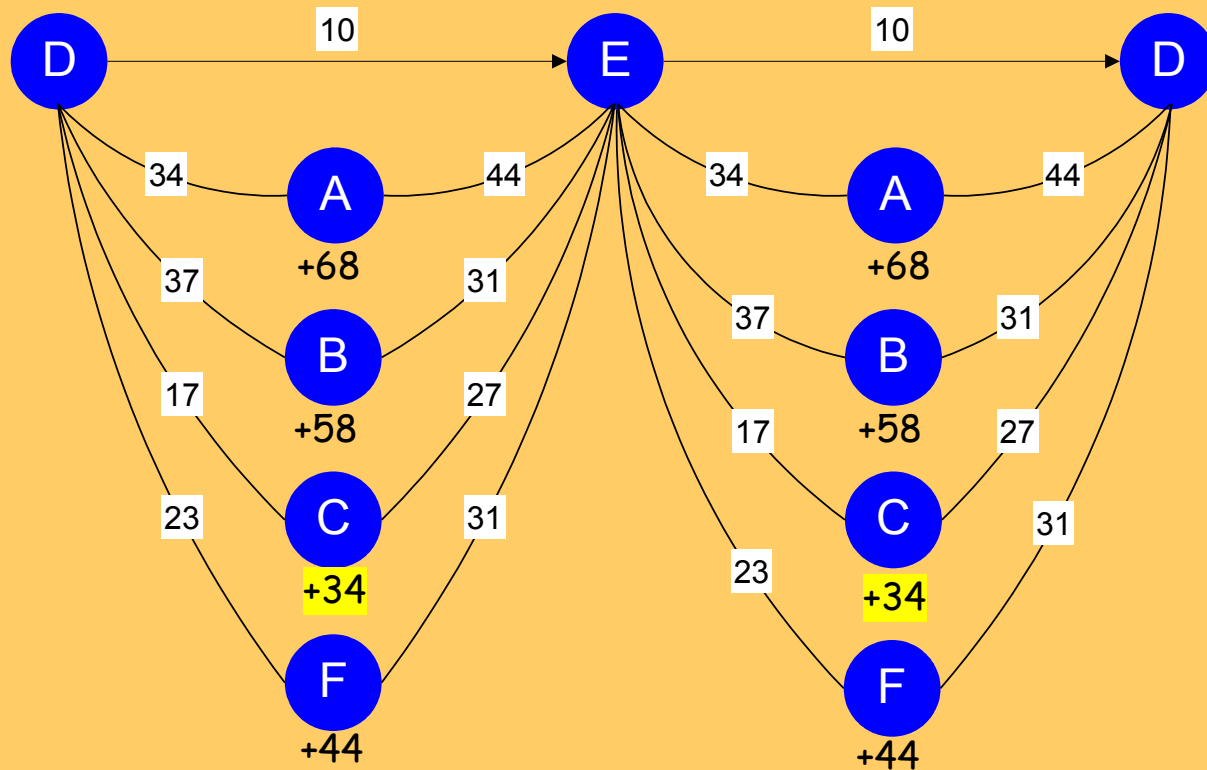
Se "C" for inserido entre "D" e "E" o subciclo D,C,E,D terá $+17 + 27 - 10 + 10 = 44$
24 km a mais do que o atual

Se "F" for inserido entre "D" e "E" o subciclo D,F,E,D terá $+23 + 31 - 10 + 10 = 54$
34 km a mais do que o atual

Inserção de A, B, C ou F no subciclo D,E,D=20 km



Inserção de A, B, C ou F no subciclo D,E,D=20 km (resumo)

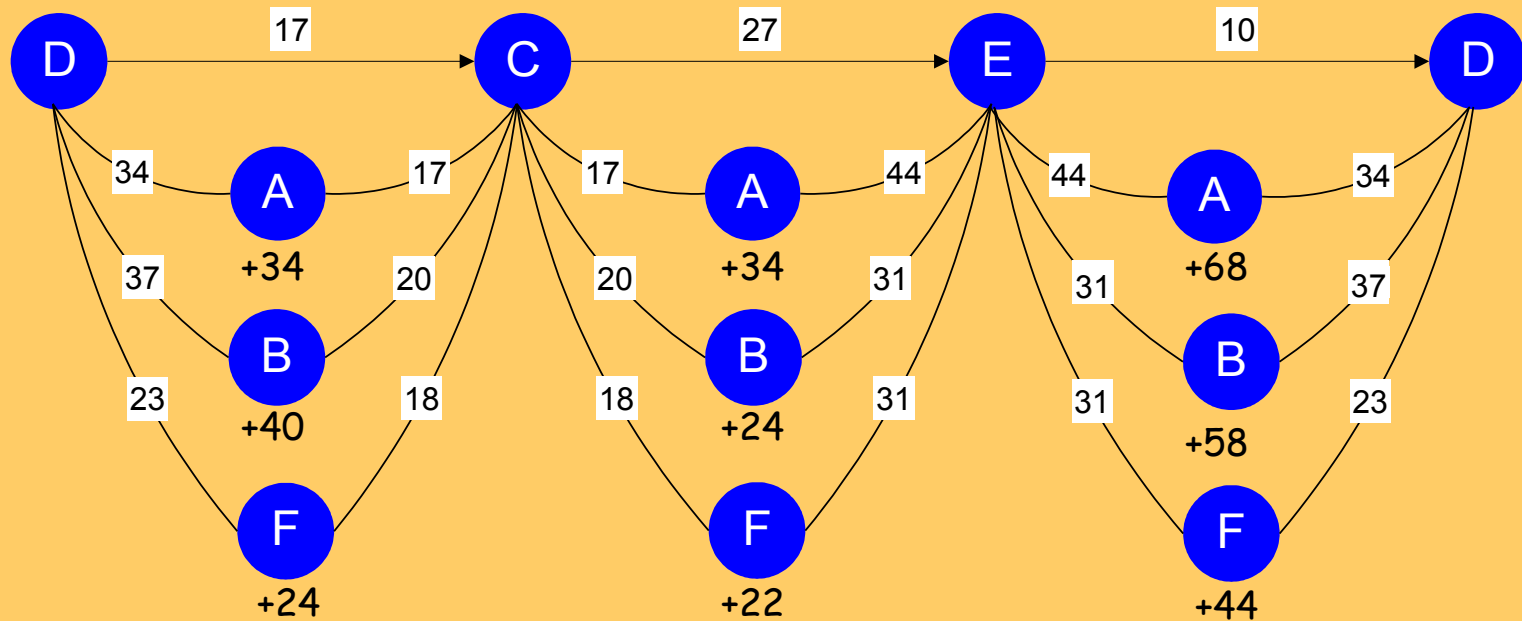


Conclusão : Inserir o vértice "C".

Porque o grafo não é orientado a decisão de inserir "C" entre "D" e "E" ou entre "E" e "D" é arbitrária.

O novo subciclo passa a ser D, C, E, D com $20+34=54$ km

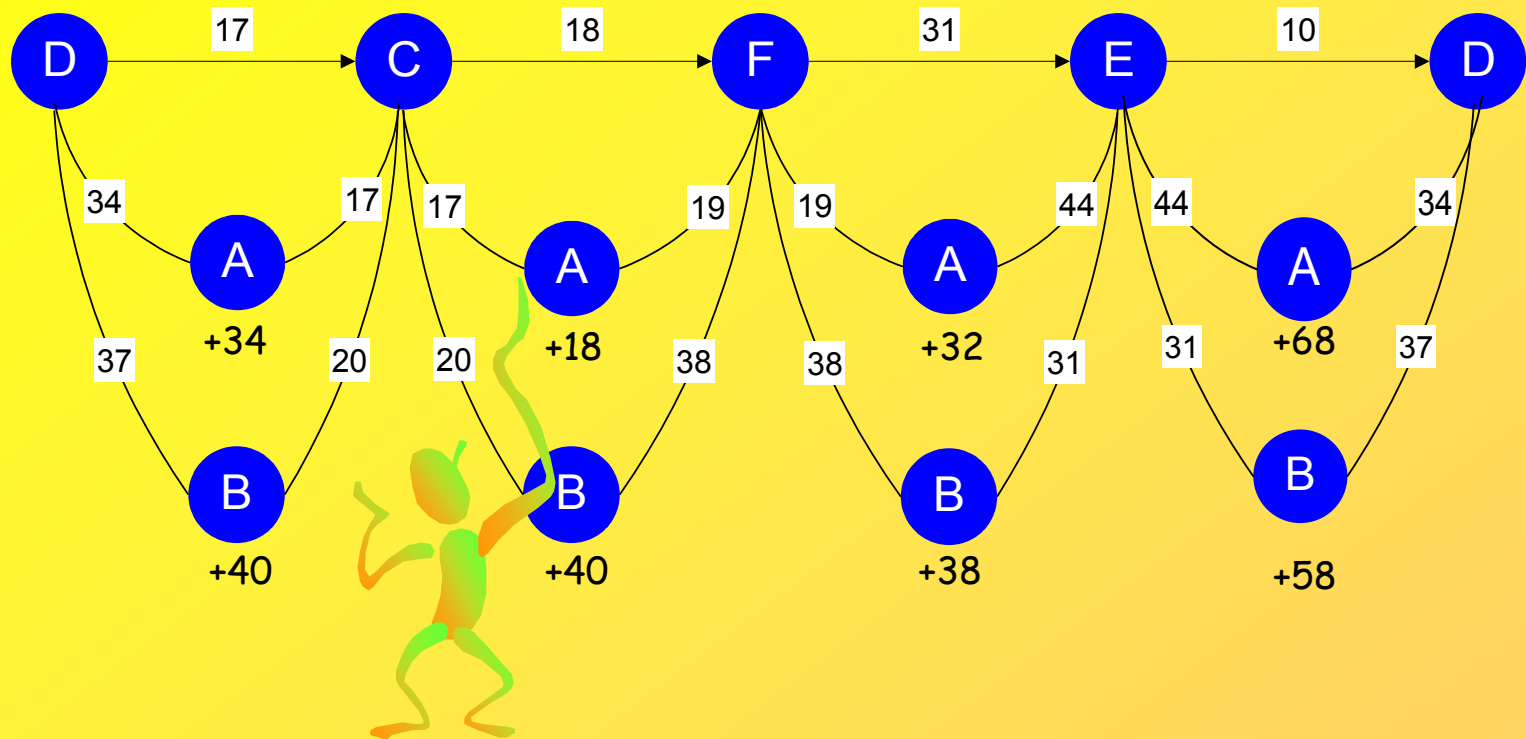
Inserção de A, B, ou F no subciclo D,C,E,D=54 km



Conclusão : Inserir o vértice "F" entre "C" e "E"

O novo subciclo passa a ser D, C , F , E , D com $54+22=76$ km

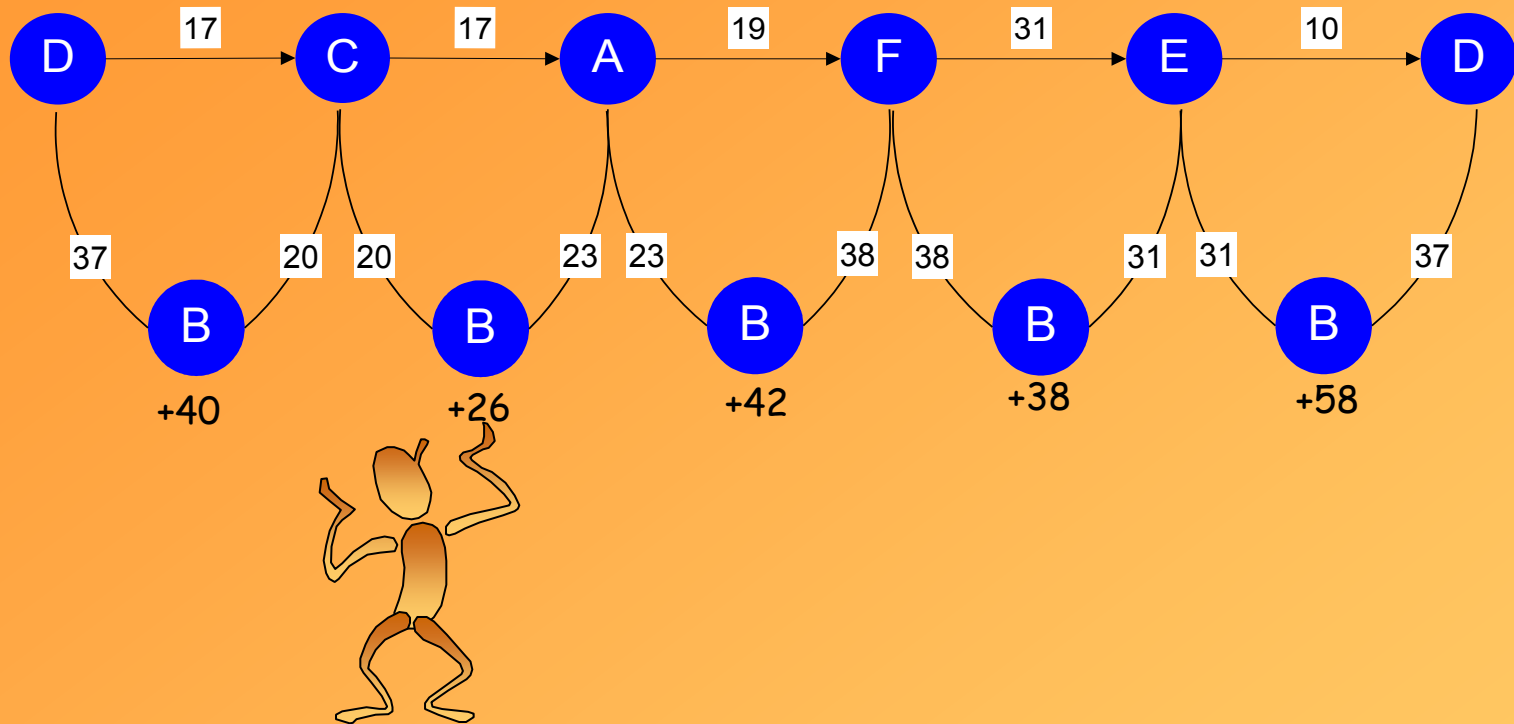
Inserção de A ou B no subciclo D,C,F,E,D=76 km



Conclusão : Inserir o vértice "A" entre "C" e "F"

O novo subciclo passa a ser D, C , A, F , E , D com $76+18=94$ km

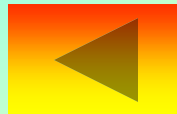
Inserção de B no subciclo D,C,A,F,E,D=94 km



Conclusão : Inserir o vértice "B" entre "C" e "A"

O ciclo é D, C, B, A, F, E, D com $94+26=120$ km

Regressar ao Menu Principal



Método da Inserção com o maior afastamento

Heurística (*)

1. Escolher o par de vértices que formam o subciclo de maior distância total.
2. Escolher o vértice a inserir no subciclo corrente, com o maior afastamento
3. Inserir o vértice escolhido de modo a minimizar o aumento da distância total.
4. Repetir este procedimento, no subciclo corrente, até completar o ciclo.

(*) Válida para circuito

Par de vértices formando o subciclo
de maior distância total.

	Distâncias (km)					
	A	B	C	D	E	F
A		23	17	34	44	19
B	23		20	37	31	38
C	17	20		17	27	18
D	34	37	17		10	23
E	44	31	27	10		31
F	19	38	18	23	31	

	Distância Total (i, j, i) (km)					
	A	B	C	D	E	F
A		46	34	68	88	38
B			40	74	62	76
C				34	54	36
D					20	46
E						62
F						

A, E, A = 88 km

Escolher o vértice a inserir no subciclo corrente
A,E,A=88 km

Vértices a Inserir				
	B	C	D	F
A	23	17	34	19
E	31	27	10	31

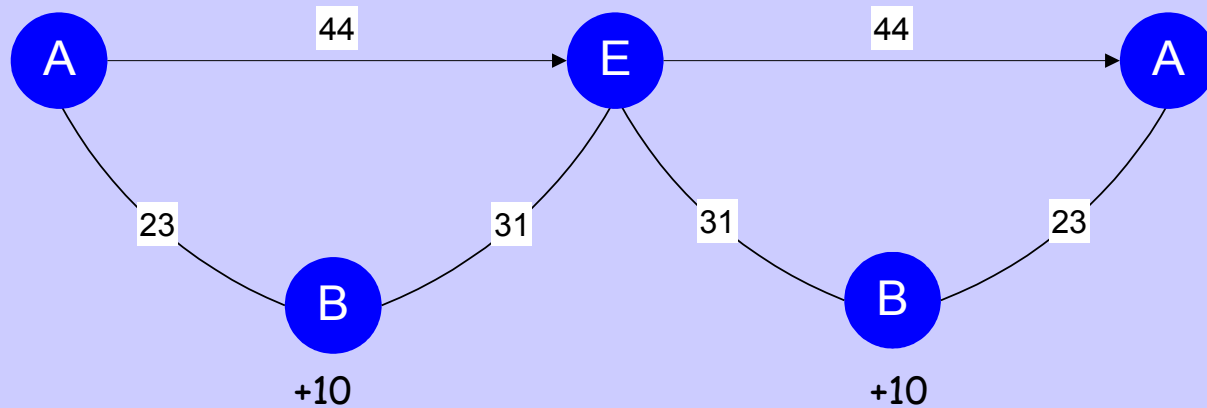
Mínimo
da coluna

23	17	10	19
----	----	----	----

Máximo { 23 17 10 19 } = 23 de "B"

Conclusão : Inserir o vértice "B".

Inserção de B no subciclo A,E,A=88 km



Conclusão

O vértice "B" deve ser inserido entre "A" e "E" ou entre "E" e "A" (escolha arbitrária).

O novo subciclo passa a ser A, B, E, A com $88+10=98$ km

Escolher o vértice a inserir no subciclo corrente A,B,E,A=98 km

Vértices a Inserir			
	C	D	F
A	17	34	19
B	20	37	38
E	27	10	31

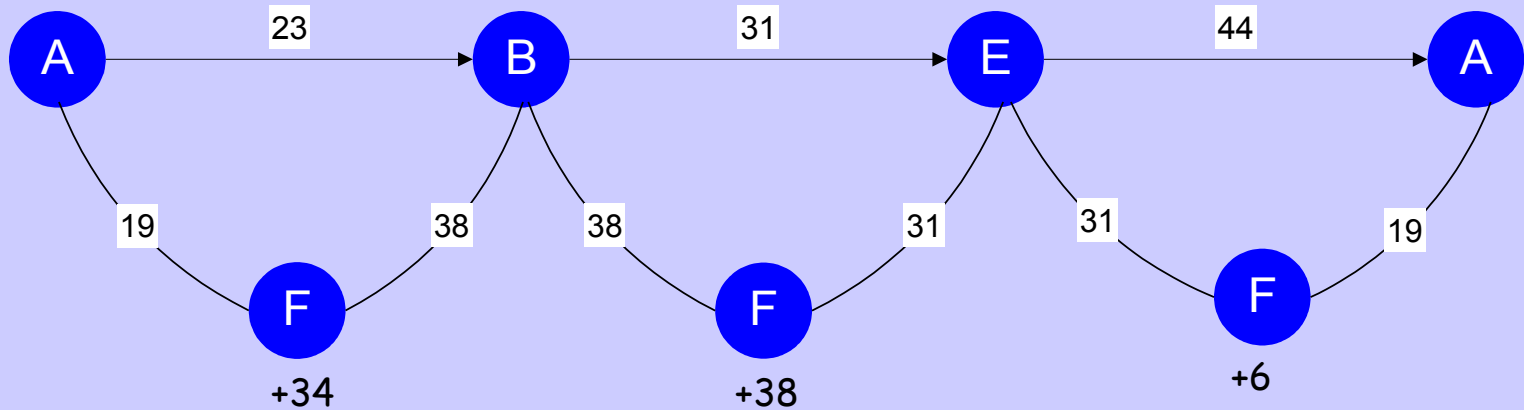
Mínimo
da coluna

17	10	19
----	----	----

Máximo { 17 10 19 } = 19 de "F"

Conclusão : Inserir o vértice "F".

Inserção de F no subciclo A,B,E,A=98 km



Conclusão

O vértice "F" deve ser inserido entre "E" e "A".

O novo subciclo passa a ser A, B, E, F, A com $98+6=104$ km

Escolher o vértice a inserir no subciclo corrente
A,B,E,F,A=104 km

Vértices a Inserir		
	C	D
A	17	34
B	20	37
E	27	10
F	18	23

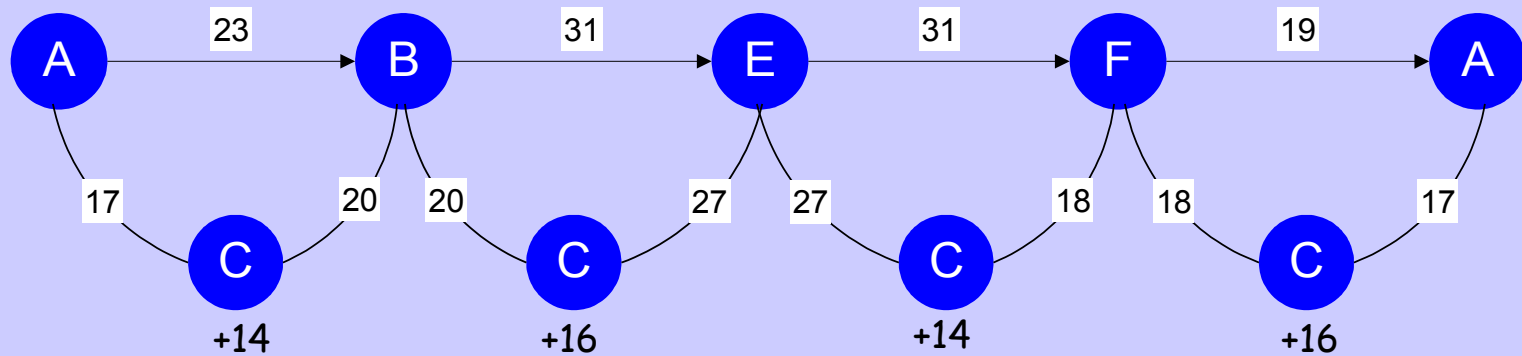
Mínimo
da coluna

17	10
----	----

Máximo { 17 10 } = 17 de "C"

Conclusão : Inserir o vértice "C".

Inserção de C no subciclo A,B,E,F,A=104 km

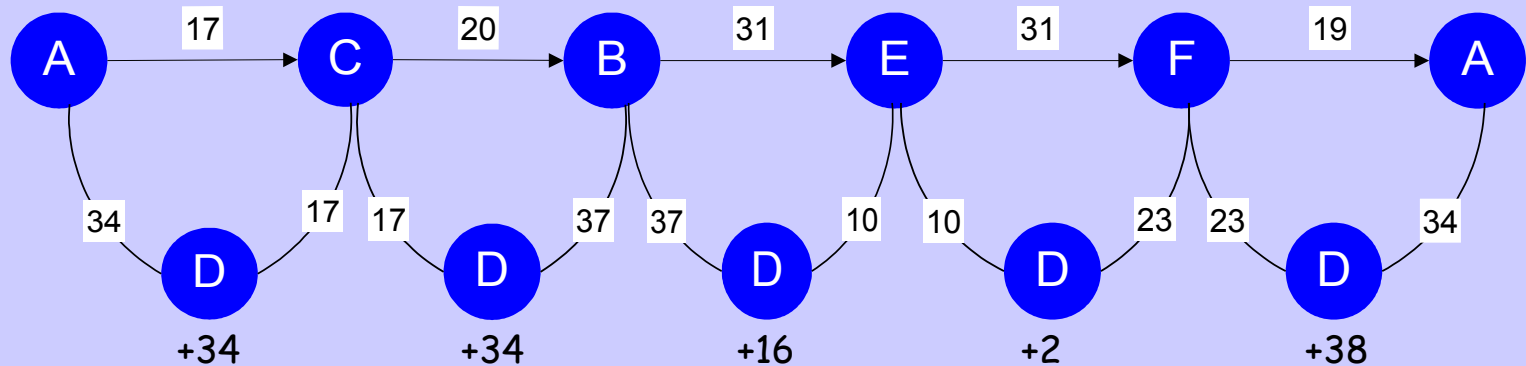


Conclusão

O vértice "C" deve ser inserido entre "A" e "B" ou entre "E" e "F" (escolha arbitrária).

O novo subciclo passa a ser A, C, B, E, F, A com $104+14=118$ km

Inserção de D no subciclo A,C,B,E,F,A=118km (último vértice)



Conclusão

O vértice "D" deve ser inserido entre "E" e "F".

O ciclo é A, C, B, E, D, F, A com $118+2=120$ km

Regressar ao Menu Principal

