



Programa de Engenharia
de Transporte
COPPE -UFRJ



COPPE
UFRJ

COR 734 – Análise e Operação de Sistemas Logísticos

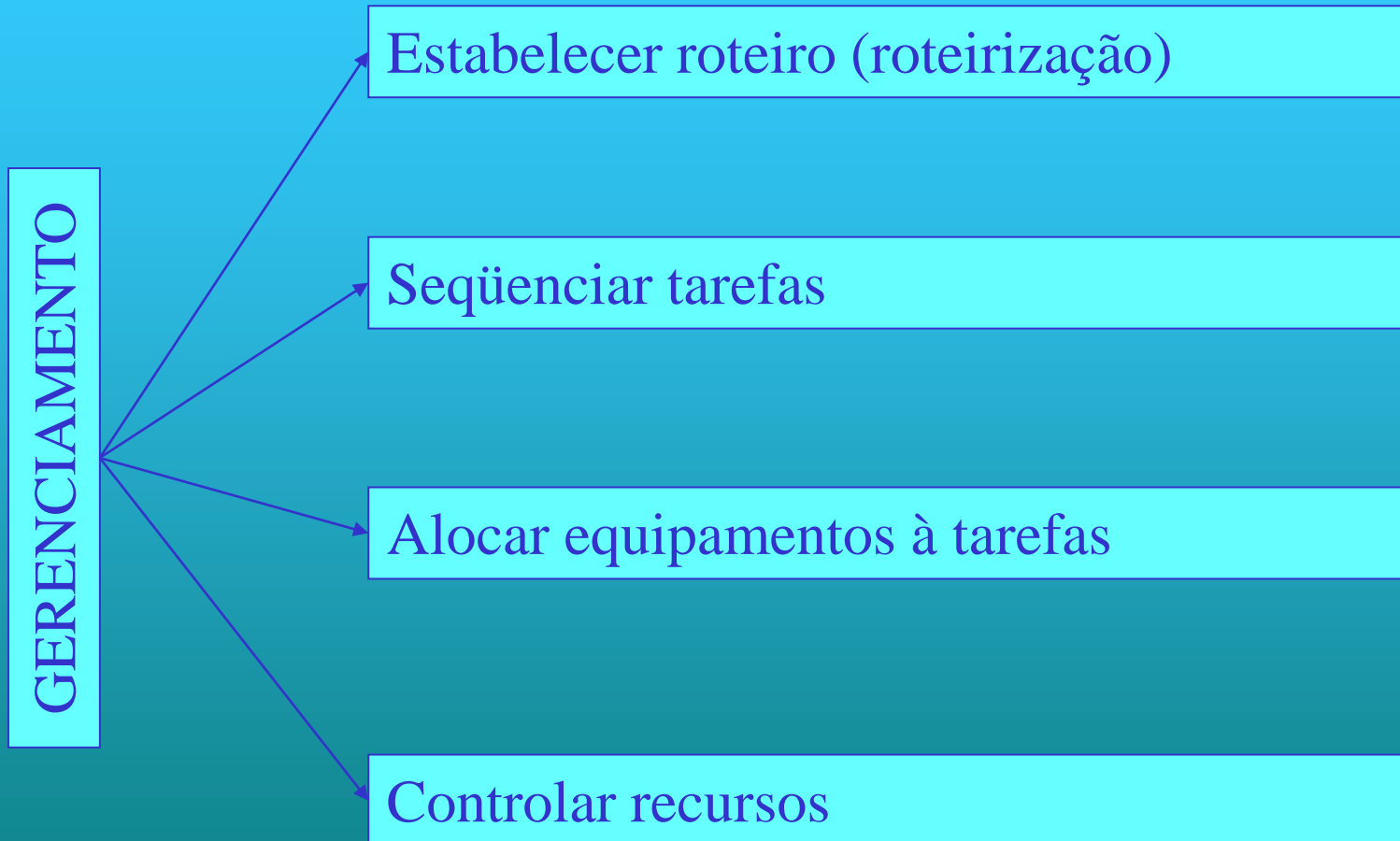
GERENCIAMENTO E OPERAÇÃO DO TRANSPORTE DE CARGA

Professor: Márcio D'Agosto, D.Sc

SUMÁRIO

- 1) GERENCIAMENTO - FUNÇÕES
- 2) ROTEIRIZAÇÃO
 - 1) Roteirização de veículos
 - 2) Roteirização e seqüenciamento
- 3) ALOCAÇÃO DE EQUIPAMENTO
- 4) CONTROLE DE RECURSOS

GERENCIAMENTO



ROTEIRIZAÇÃO

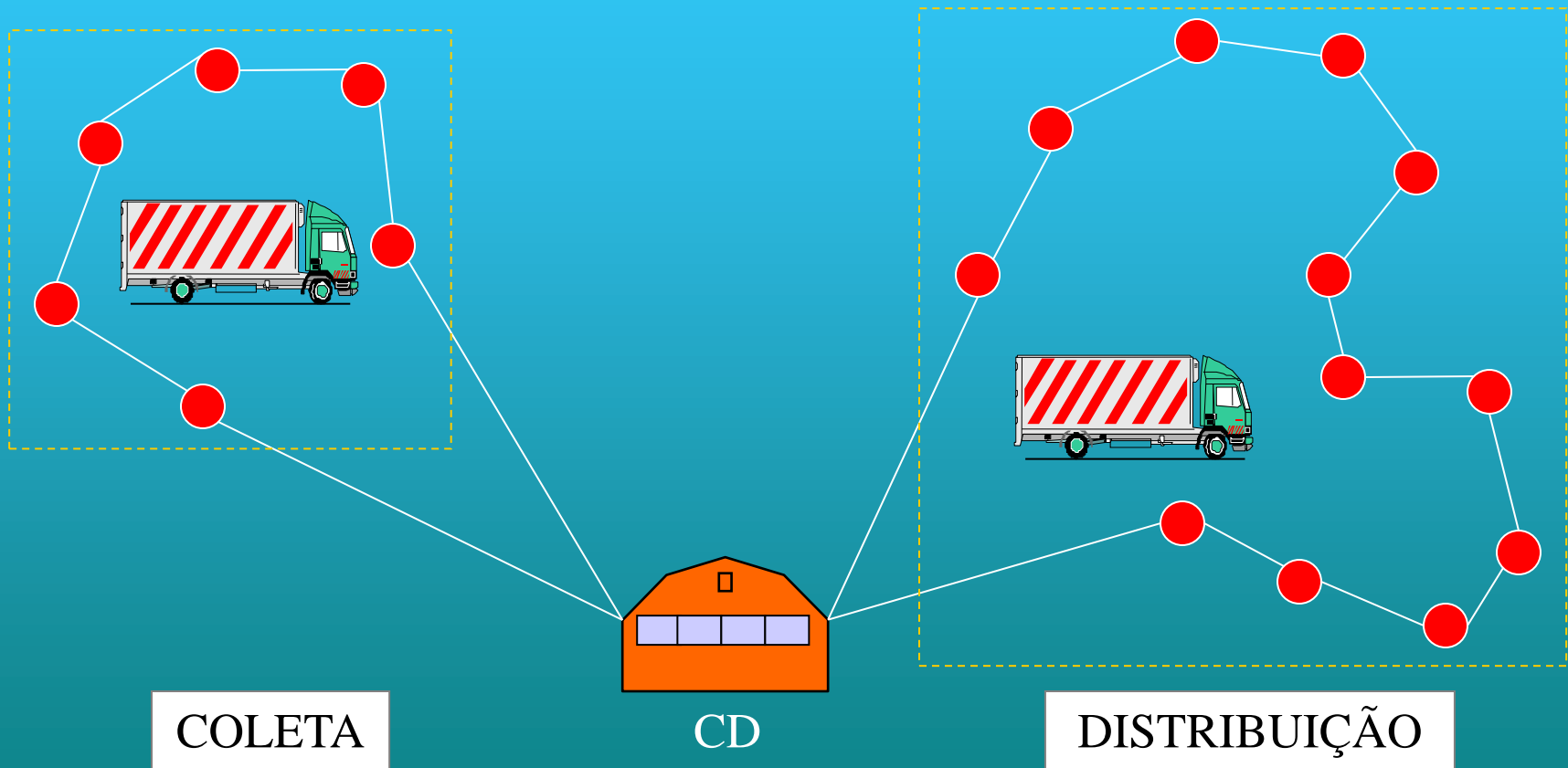
O problema de coleta e/ou distribuição:

Distribuição: seqüência ordenada de entrega de produtos e/ou serviços aos clientes a partir de um ponto inicial.

Coleta: seqüência ordenada de recolhimento de produtos e/ou serviços nos clientes “a partir de um ponto inicial”.

ROTEIRIZAÇÃO

O CICLO DE COLETA E DISTRIBUIÇÃO



ROTEIRIZAÇÃO

O problema de coleta e/ou distribuição:

Problema do “caixeiro viajante”: A partir de um nó de origem (centro de distribuição), deseja-se visitar uma única vez todos os nós (clientes) de uma rede retornando ao nó de partida. Determinar em que sequência os nós (clientes) devem ser visitados de forma a minimizar a distância (custo) total percorrida (incorrido).

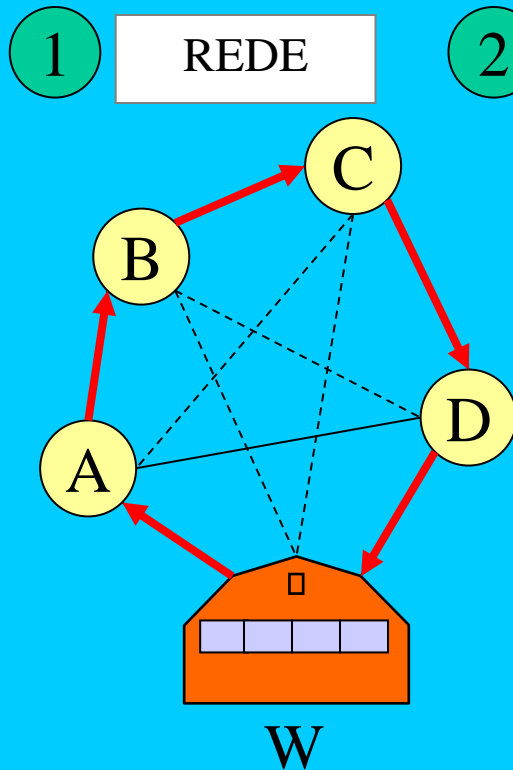
ROTEIRIZAÇÃO DE VEÍCULOS

Problema do “caixeiro viajante”:

- Resolução por meio de métodos matemáticos formais - pesquisa operacional.
 - É possível obter a solução ótima;
 - Pouco prático para problemas reais com muitos pontos.
- Sugestão de soluções por métodos lógicos e cognitivos (heurísticos).
 - É possível propor soluções boas;
 - É intuitivo e pode ser prático no dia a dia.

ROTEIRIZAÇÃO DE VEÍCULOS

Exemplo 13:



2 MATRIZ DE CUSTOS

	W	A	B	C	D
W	0	34	47	67	48
A	34	0	17	34	23
B	47	17	0	26	34
C	67	34	26	0	31
D	48	23	34	31	0

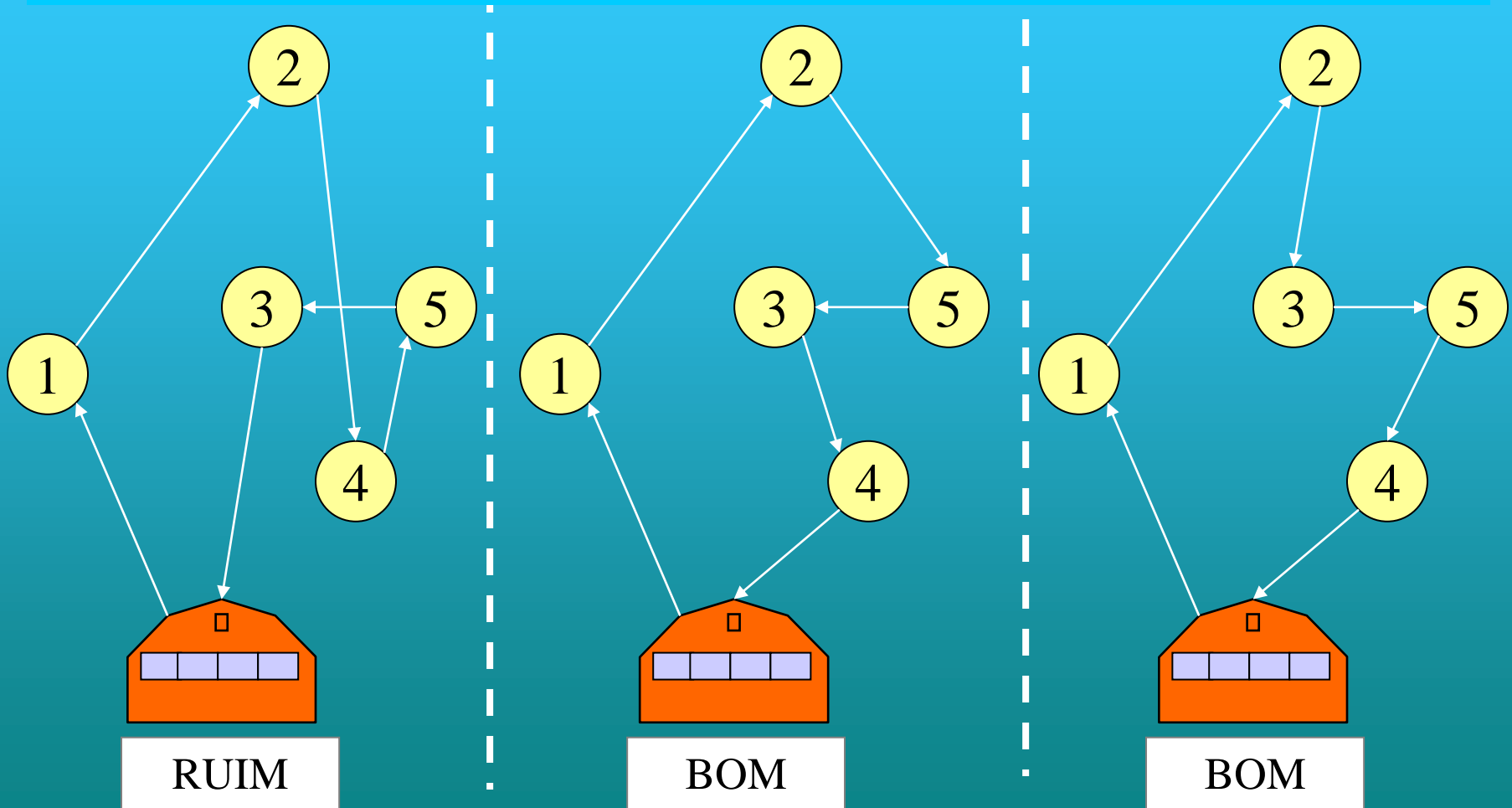
4 SEQUENCIAMENTO

3 ORDENAÇÃO

- 1 $AB = BA = 17$
 $AD = DA = 23$
- 2 $BC = CB = 26$
- 3 $DC = CD = 31$
- 5 $WA = AW = 34$
 $AC = CA = 34$
 $BD = DB = 34$
 $WB = BW = 47$
- 4 $WD = DW = 48$
 $WC = CW = 67$

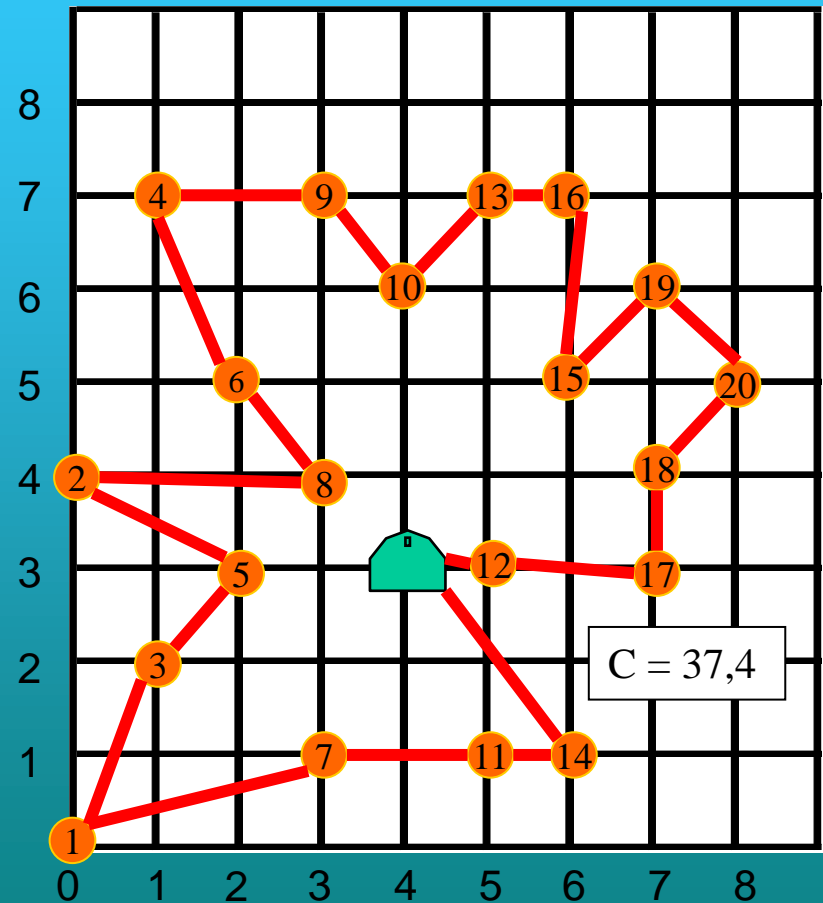
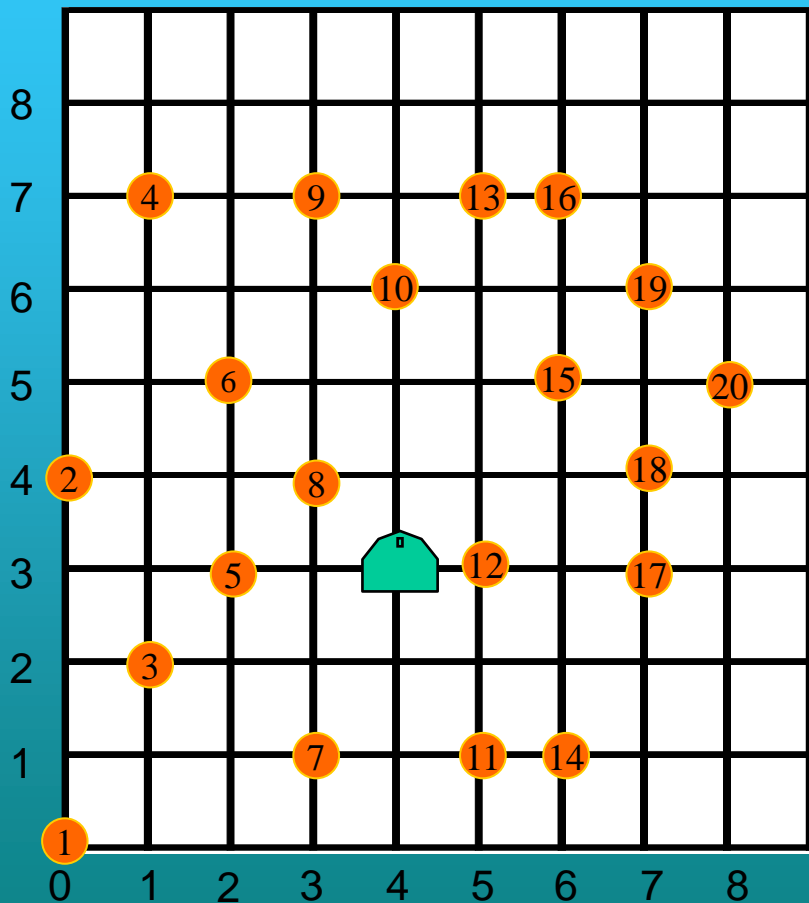
ROTEIRIZAÇÃO DE VEÍCULOS

Exemplo 14: Heurística da gota d'água.



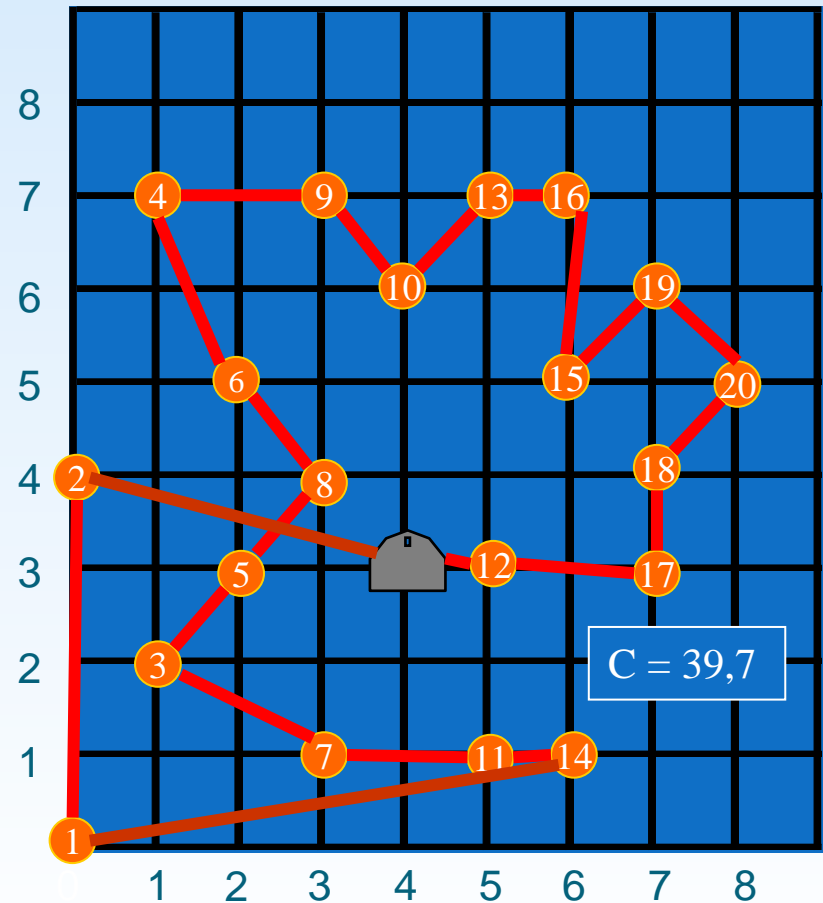
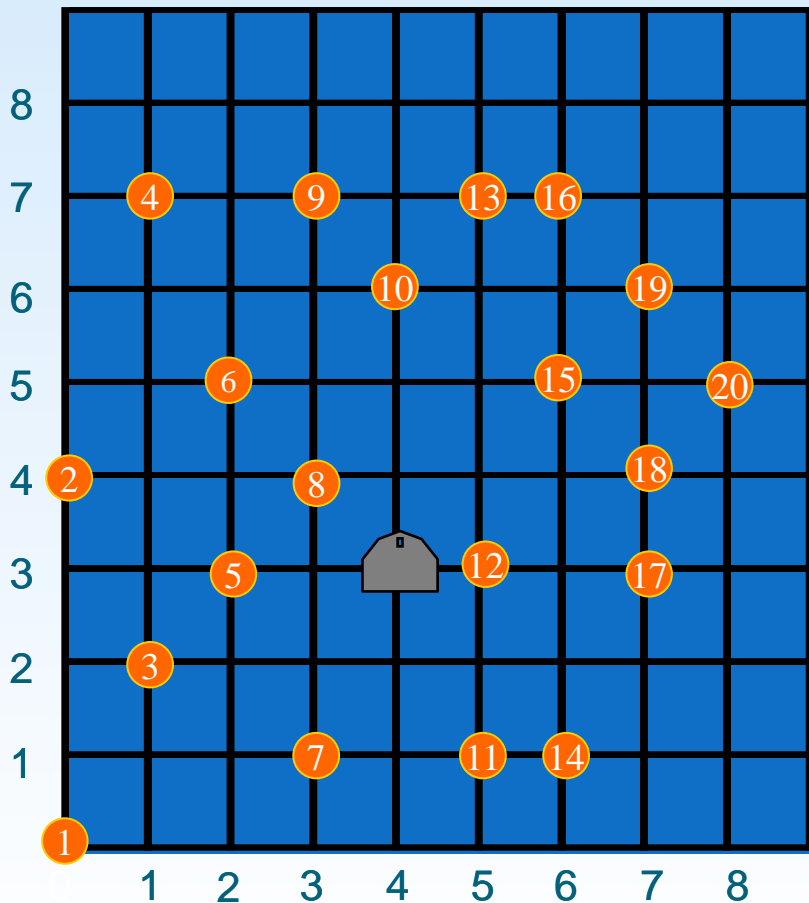
ROTEIRIZAÇÃO DE VEÍCULOS

Exemplo 15: Aplicação da heurística da gota d'água.



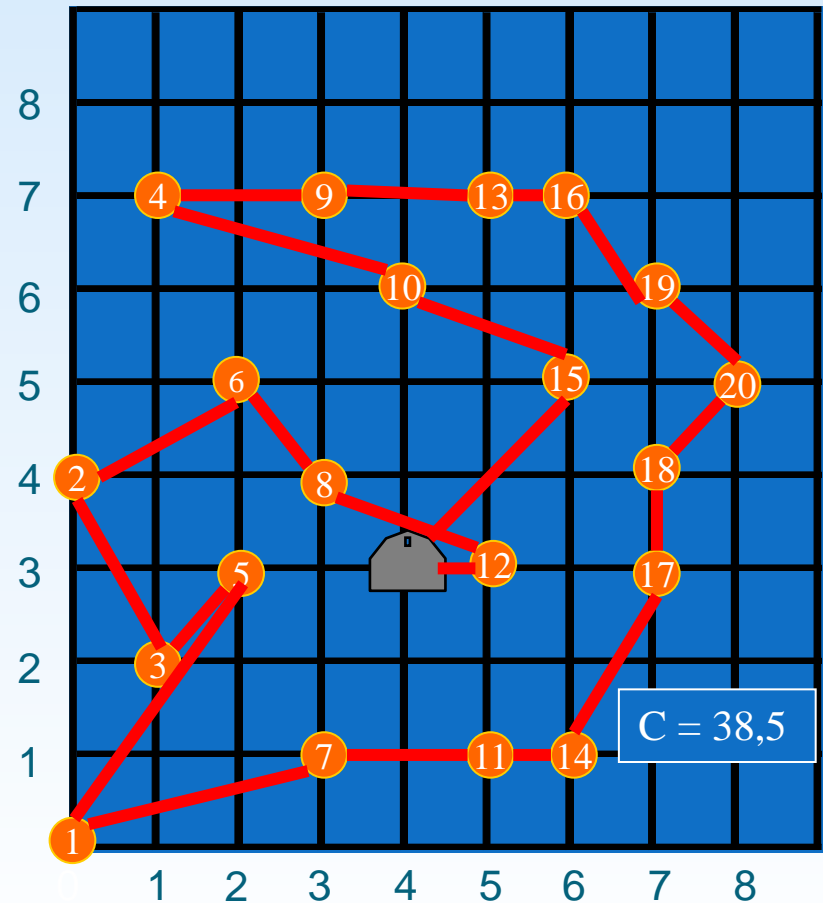
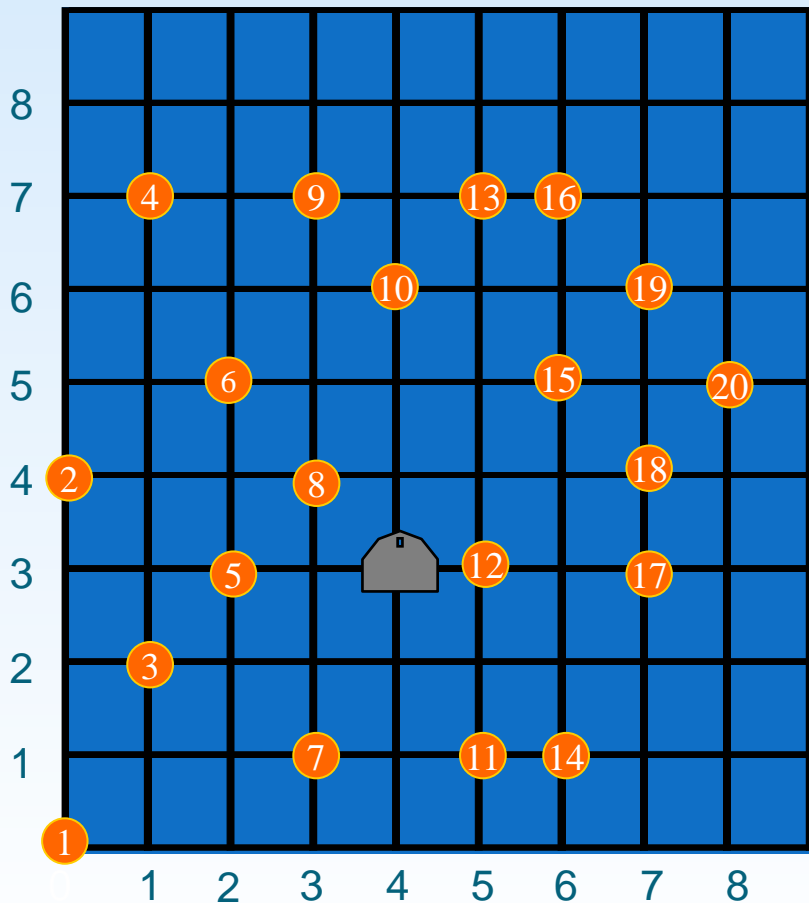
ROTEIRIZAÇÃO DE VEÍCULOS

Exemplo 15.1: Aplicação da heurística do vizinho mais próximo
(Software Wingsb)



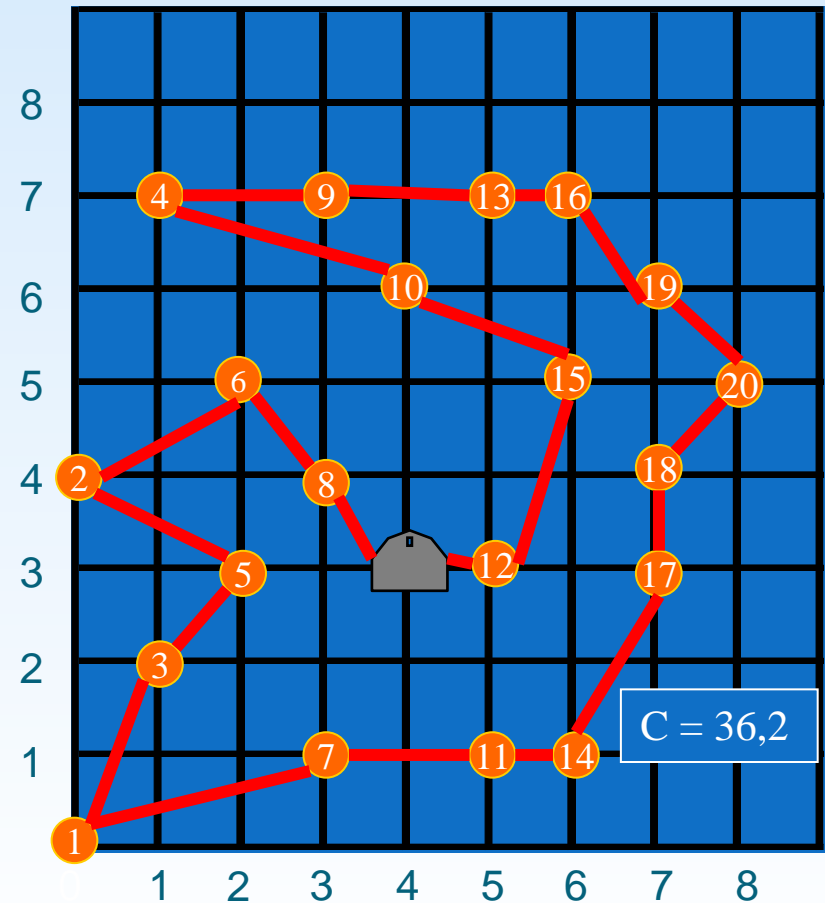
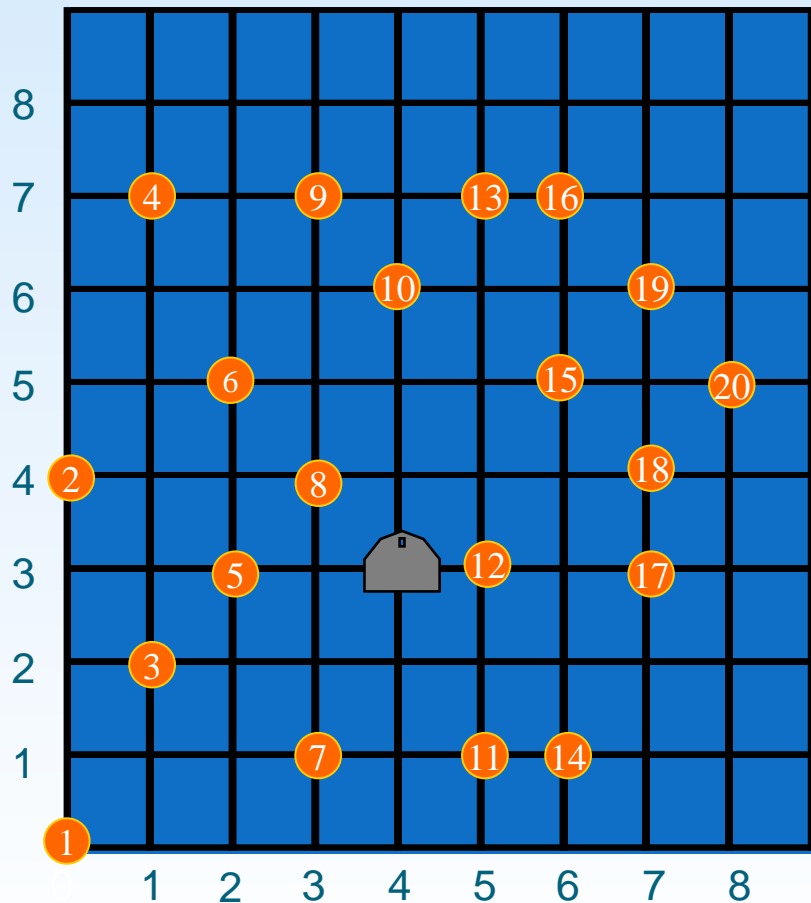
ROTEIRIZAÇÃO DE VEÍCULOS

Exemplo 15.2: Aplicação da “Heurística da Interseção Mais Barata” e “Método Branch and Bound” (Software Wingsb)



ROTEIRIZAÇÃO DE VEÍCULOS

Exemplo 15.3: Aplicação da “Two-way Exchange Improvement Heuristic” (Software Wingsb)



ROTEIRIZAÇÃO DE VEÍCULOS – CÁLCULO DE DISTÂNCIA

Distância percorrida (D):

$$D = 2 \cdot d_o + k \cdot \alpha \sqrt{A} \cdot q$$

Área de Z_C ou Z_E

Coeficiente de retificação

Urbano: 1,35 a 1,40

Interurbano: $\cong 1,00$

Coeficiente de otimização

0,765 empírico

Deslocamento principal

Calcule D , considerando as condições anteriores e que a entrega se dá em área urbana, com Z_E de 10 km² e distante 30 km do depósito.

ROTEIRIZAÇÃO DE VEÍCULOS – CÁLCULO DO TEMPO

Tempo de ciclo (T_C):

$$T_C = \frac{2d_o}{V_o} + \frac{D}{V_Z} + q \frac{t_s}{60}$$

ATENÇÃO: T_C tem natureza probabilística, como ele é formado por um conjunto de parcelas relativamente grande, o resultado final pode apresentar variações consideráveis em torno da média.

$t_s \geq 15 \text{ min}$

Tempo de serviço na parada [min]

$V_Z \leq 15 \text{ km/h}$

Velocidade média em Z_C ou Z_E

$V_o \geq 20 \text{ km/h}$

Velocidade média do deslocamento principal

Calcule T_C , considerando as condições anteriores.

ROTEIRIZAÇÃO E SEQÜENCIAMENTO

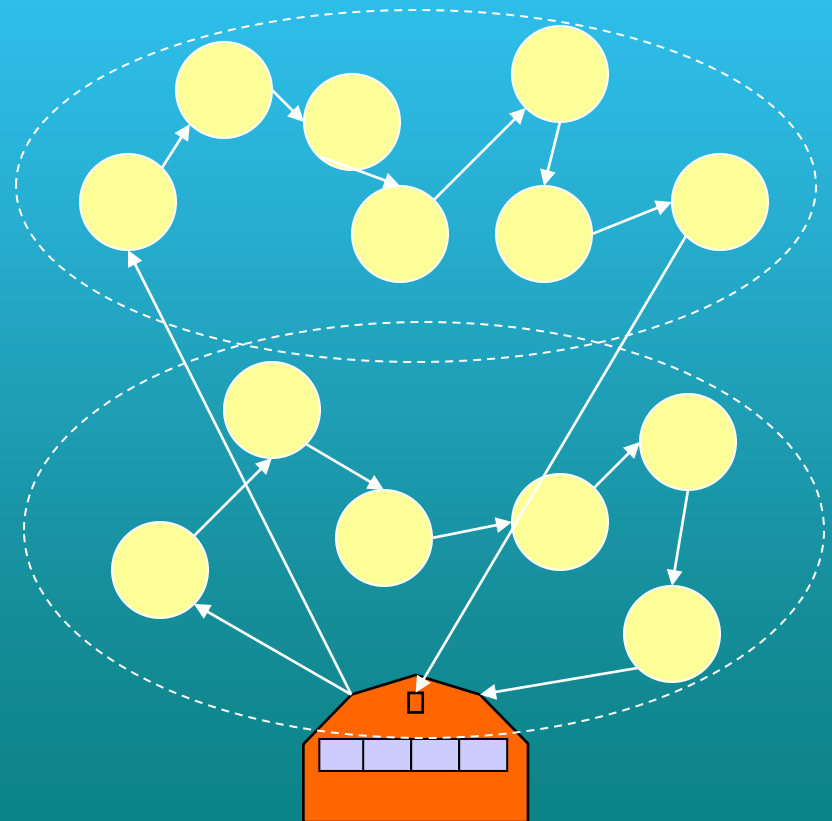
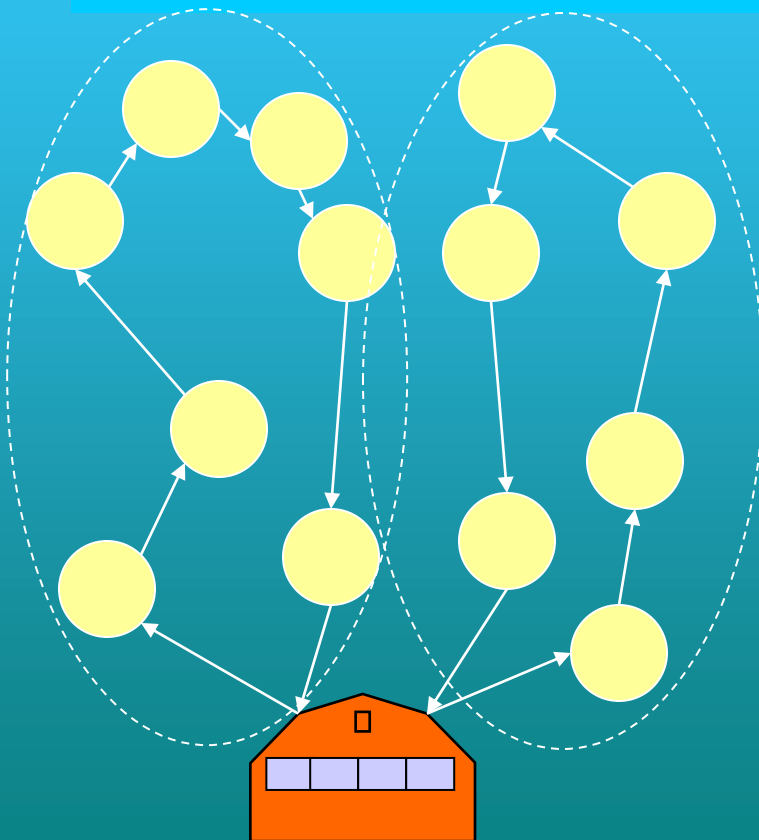
O problema de roteirização com seqüenciamento (programação) é uma extensão do problema de roteirização onde existem uma série de condicionantes:

1. Cada parada pode ser para atividade de coleta e entrega;
2. Múltiplos veículos podem ser empregados, tendo limitações de capacidade de peso (W) e volume (V);
3. O tempo total máximo de trabalho da equipagem (motorista + ajudantes) é limitado;
4. As paradas podem permitir coletas e/ou entregas somente durante alguns períodos durante o dia (janelas de tempo);
5. Em uma rota, as entregas antecedem as coletas;
6. As equipagens podem fazer intervalos para descanso.

Oito (8) diretrizes práticas!

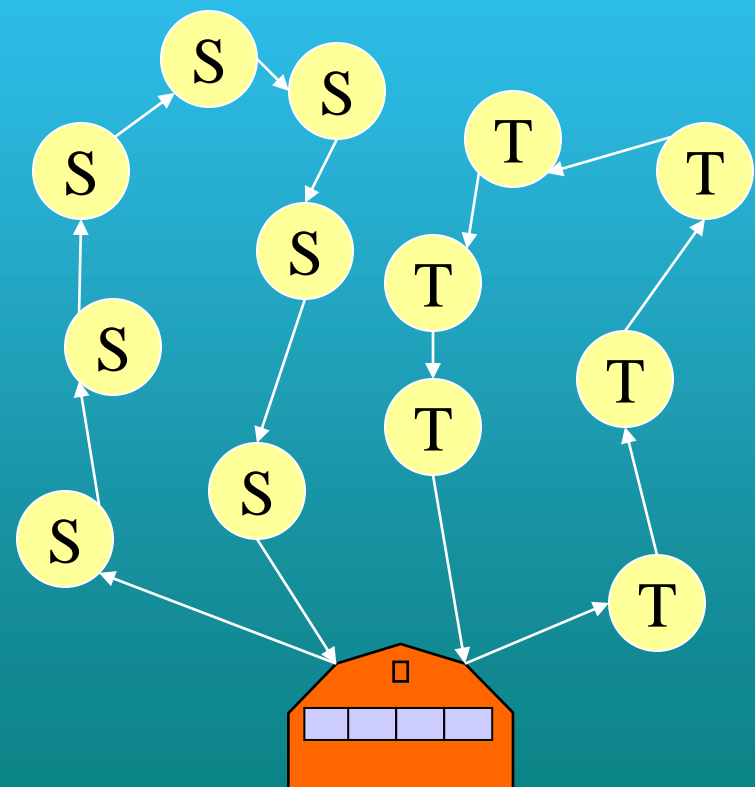
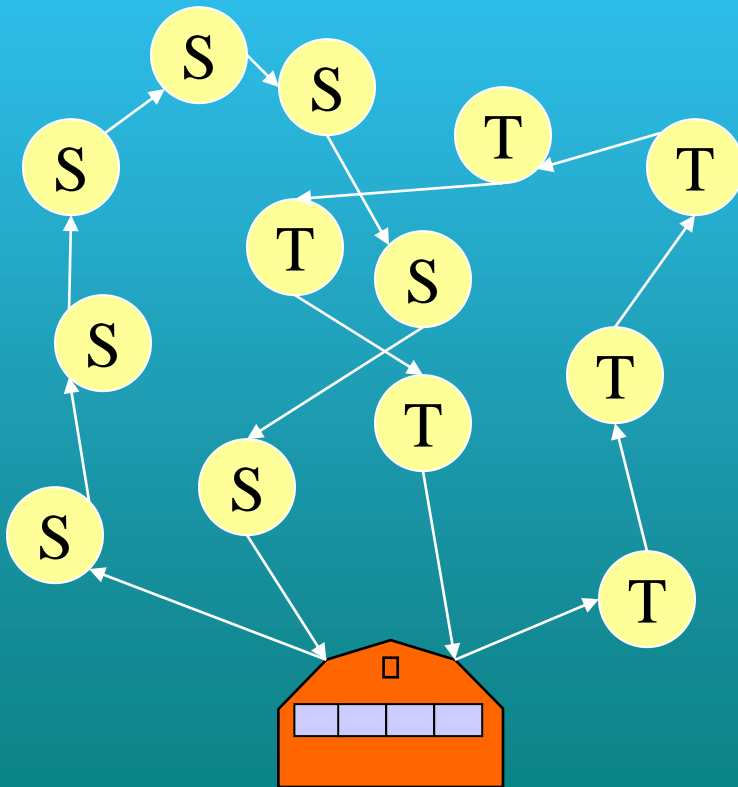
ROTEIRIZAÇÃO E SEQÜENCIAMENTO

1) Carregar os caminhões com cargas de paradas que estão próximas entre si (máximo agrupamento).



ROTEIRIZAÇÃO E SEQÜENCIAMENTO

2) Paradas em dias diferentes devem ser combinadas para produzir agrupamentos densos.



ROTEIRIZAÇÃO E SEQÜENCIAMENTO

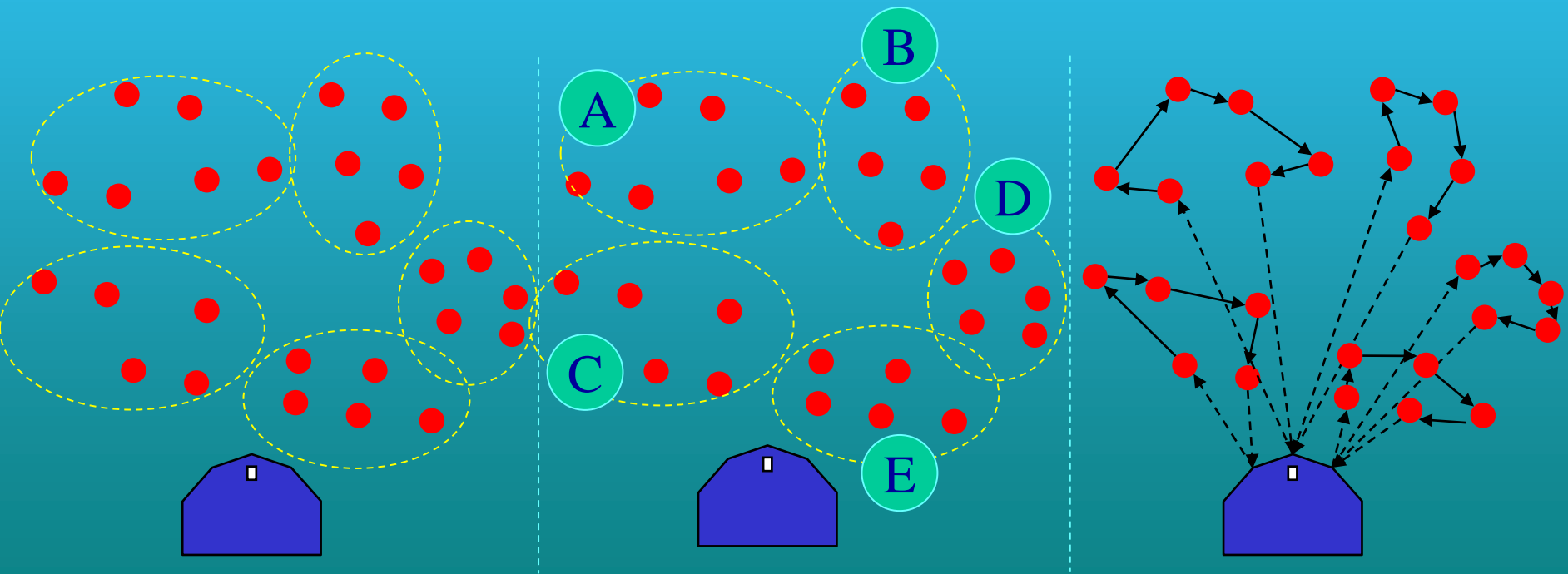
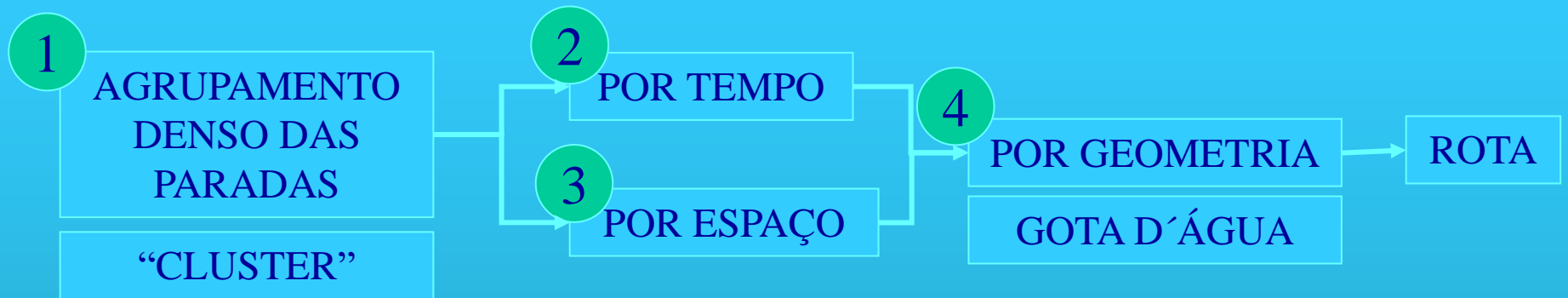
- 3) A construção de rotas começa com a parada mais distante do depósito.
- 4) A seqüência de uma rota rodoviária deve formar um padrão de gota d'água (convexo e sem cruzamentos).
- 5) As rotas mais eficientes são construídas usando os maiores veículos disponíveis.
- 6) As coletas devem ser combinadas com as rotas de entrega em vez de serem deixadas para o final.

ROTEIRIZAÇÃO E SEQÜENCIAMENTO

- 7) Uma parada que é destacada de um agrupamento de rota é uma boa candidata para um meio alternativo de entrega - veículo diferenciado, serviço contratado etc.
- 8) As limitações de janelas de tempo estreitas devem ser evitadas.

Ballou, 2001.

ROTEIRIZAÇÃO E SEQÜENCIAMENTO



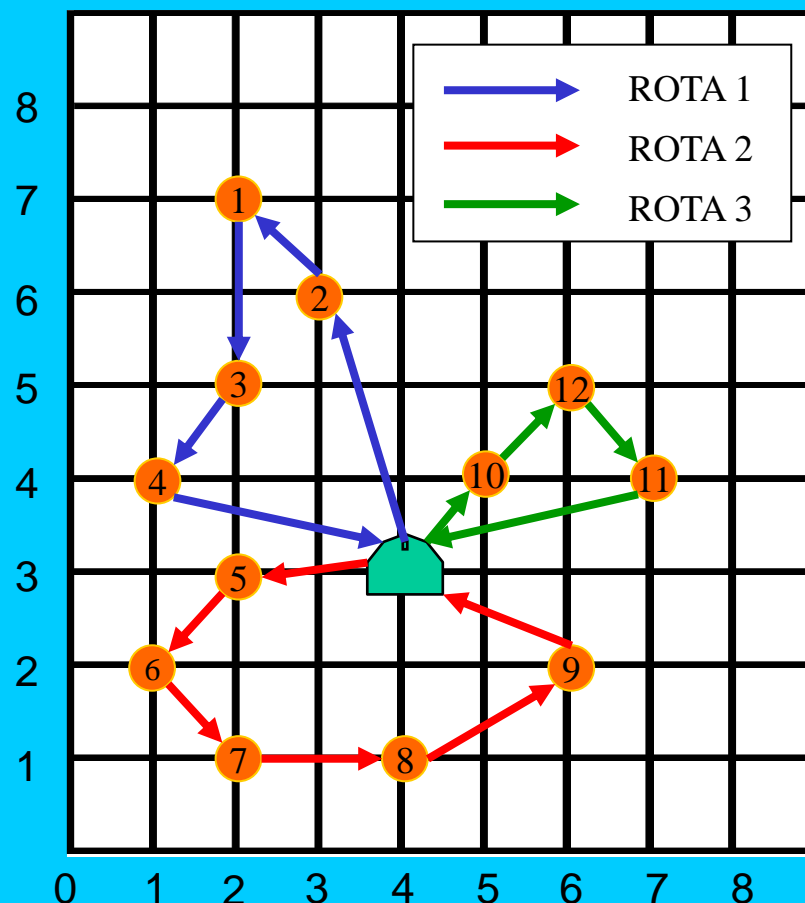
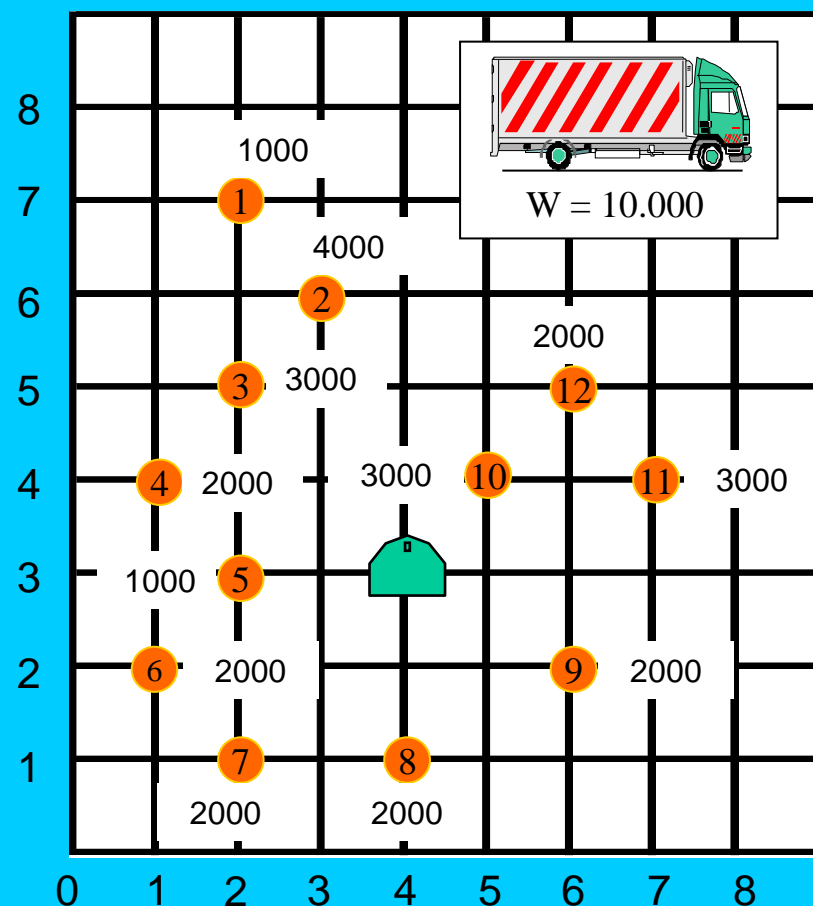
ROTEIRIZAÇÃO DE VEÍCULOS

Método da Varredura:

- 1) Localize todas as paradas, incluindo os depósitos em um mapa ou uma grade;
- 2) Estenda uma linha reta do depósito em qualquer direção. Gire a linha no sentido horário (ou anti-horário) até que cruze uma parada. Inclua a parada se a capacidade do veículo não for excedida. Caso contrário, inclua um outro veículo.
- 3) Dentro de cada rota, determine a seqüência que minimiza o custo.

ROTEIRIZAÇÃO DE VEÍCULOS

Exemplo 16: Aplicação do método da varredura.



ALOCAÇÃO DE EQUIPAMENTOS

Exemplo 17: Uma empresa possui 5 caminhões, cada um tendo que realizar 1 entre 5 roteiros. Determinar a alocação ótima, isto é, aquela que minimiza o custo global de transporte, sendo os custos apresentados na Tabela 1.

Tabela 1

CAMINHÕES		1	2	3	4	5
	1	8	3	11	13	17
	2	7	13	22	15	13
	3	16	13	8	8	11
	4	10	16	14	12	20
	5	6	8	9	3	4

Tabela 2

CAMINHÕES		1	2	3	4	5
	1					
	2					
	3					
	4					
	5					

ALOCAÇÃO DE EQUIPAMENTOS

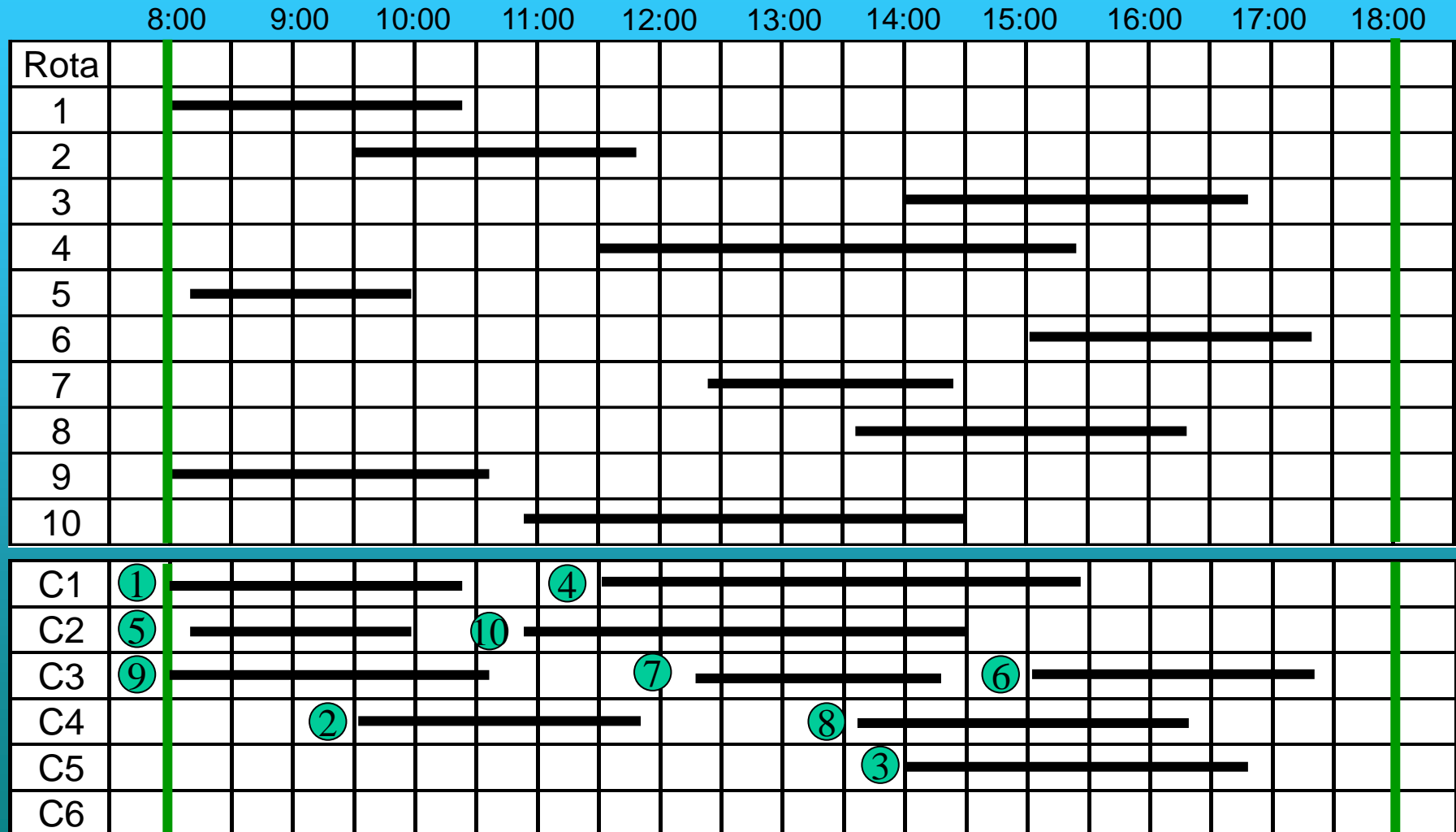
Exemplo 18: Alocação de veículos à rotas.

Uma empresa possui a seqüência de rotas por horário de partida conforme apresentado abaixo. Cada rota pode ser realizada por um caminhão, com intervalo mínimo entre partidas de meia hora. Apresente uma sugestão de alocação de caminhões a rotas que procure maximizar a utilização da frota.

Rota	Partida	Retorno
1	08:00	10:25
2	09:30	11:45
3	14:00	16:53
4	11:31	15:21
5	08:12	09:52

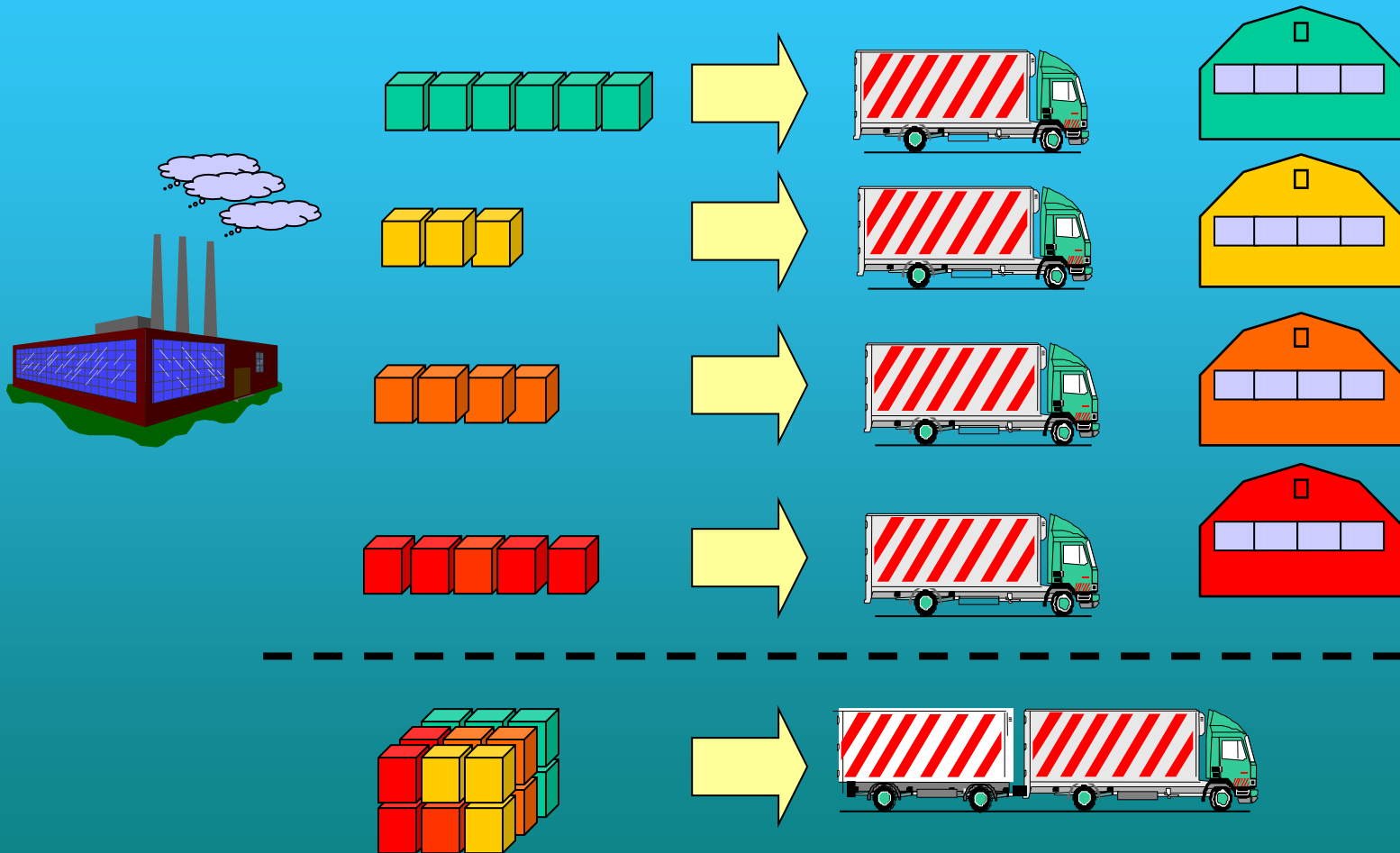
Rota	Partida	Retorno
6	15:03	17:13
7	12:24	14:22
8	13:33	16:43
9	08:00	10:34
10	10:56	14:25

ALOCAÇÃO DE EQUIPAMENTOS



CONTROLE DE RECURSOS

Exemplo 19: Consolidação de cargas.



CONTROLE DE RECURSOS

Consolidação na prática:

- Pequenas cargas com vários destinos distantes;
- Pequenas cargas com fretes unitários maiores;
- Quanto menor o tamanho do carregamento, maior o benefício da consolidação;
- Acarreta espera no atendimento dos pedidos.

CONTROLE DE RECURSOS

Exemplo 20: Benefícios da consolidação.

Serviço a ser realizado:

De	A	Carregamento [kg]			Distância [km]
		Dia 1	Dia 2	Dia 3	
Para	B	12000	15000	10000	650
	C	7000	9000	6000	550
	D	1500	2000	4000	400

Estrutura de frete:

Distância [km]	Peso [kg]						
	até 1000	1001-2000	2001-3000	3001-5000	5001-10000	10001-15000	Acima
até 400	R\$ 0,20	R\$ 0,18	R\$ 0,14	R\$ 0,12	R\$ 0,09	R\$ 0,07	R\$ 0,06
401-600	R\$ 0,40	R\$ 0,36	R\$ 0,29	R\$ 0,23	R\$ 0,18	R\$ 0,15	R\$ 0,12
601-800	R\$ 0,60	R\$ 0,54	R\$ 0,43	R\$ 0,35	R\$ 0,28	R\$ 0,22	R\$ 0,18

CONTROLE DE RECURSOS

Prática - 1 embarque/dia:

Destino	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Total
B	R\$ 2.654,21	R\$ 3.317,76	R\$ 2.764,80	R\$ 8.736,77
C	R\$ 1.290,24	R\$ 1.658,88	R\$ 1.105,92	R\$ 4.055,04
D	R\$ 270,00	R\$ 360,00	R\$ 460,80	R\$ 1.090,80
Total:				R\$ 13.882,61

Consolidado - 1 embarque/3dias:

Destino	Total [kg]	Total [R\$]
B	37000	R\$ 2.182,35
C	22000	R\$ 2.595,23
D	7500	R\$ 691,20
Total:		R\$ 5.468,77

Ganho:
R\$ 8.413,83



FIM