LOGÍSTICA E CADEIA DE SUPRIMENTOS



Engenharia de Petróleo

Dr. Regina Meyer Branski
reginabranski@gmail.com

Variáveis nas decisões logísticas

Estratégias de estoque

- Previsão
- Níveis de estoque
- Decisões de compra e programação de abastecimento
- Disposição de estoque
- Métodos de controle



Estratégias de transporte

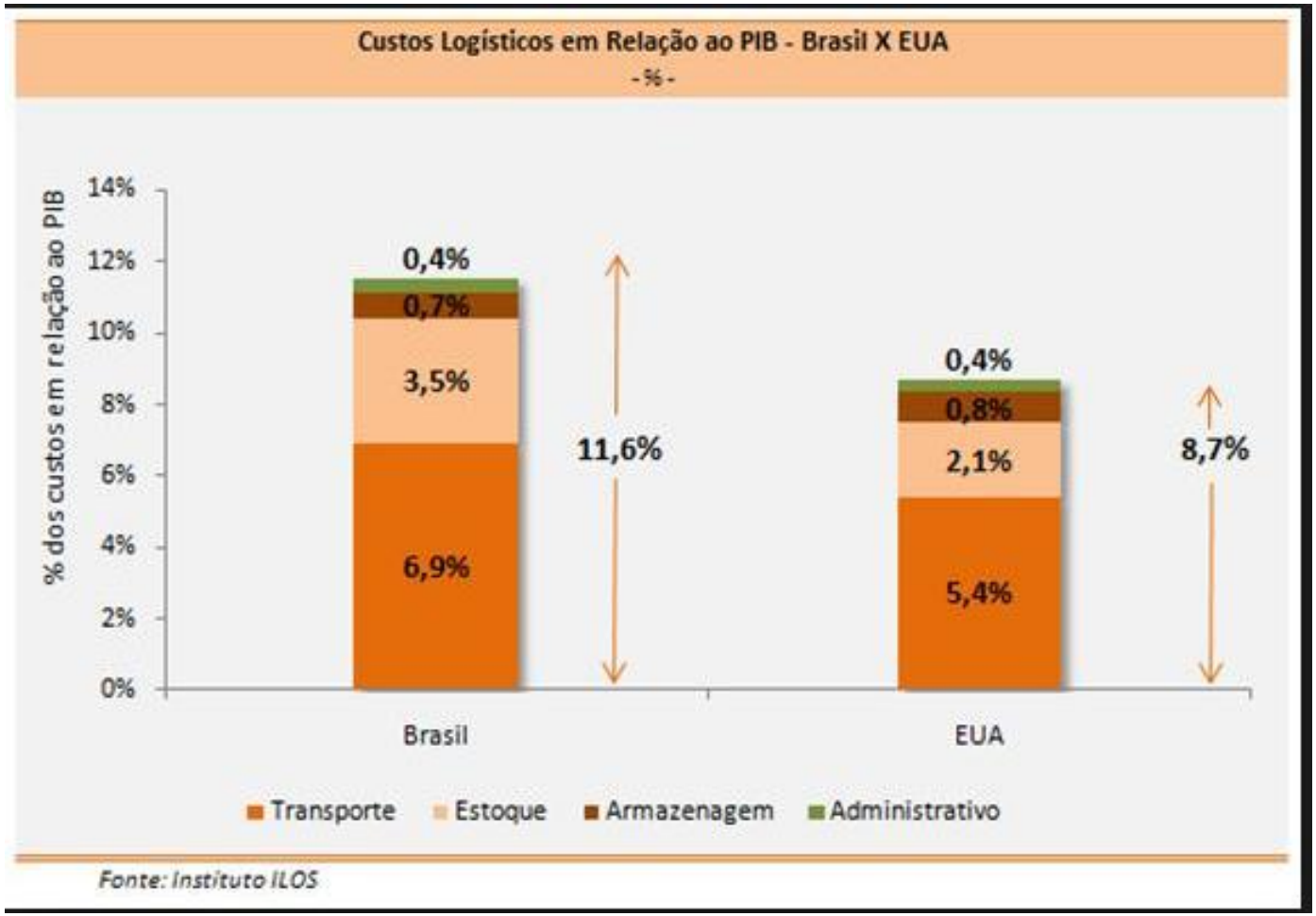
- Modais de transporte
- Roteirização
- Tamanho /consolidação do embarque

Estratégias de localização

- Número tamanho e localização das instalações
- Designação de pontos de estocagem para os pontos de fornecimento
- Designação de demanda para pontos de estocagem ou pontos de fornecimento

BALLOU (2006)

Custos Logísticos X PIB (2010)



Custo de produção da soja

(preço por tonelada)

BRASIL	187 dólares
–	
EUA	238 dólares
DIFERENÇA	51 dólares

SALDO = 51 dólares a favor do BRASIL

Custo de transporte

(preço por tonelada)

BRASIL	97 dólares
–	
EUA	26 dólares
DIFERENÇA	71 dólares

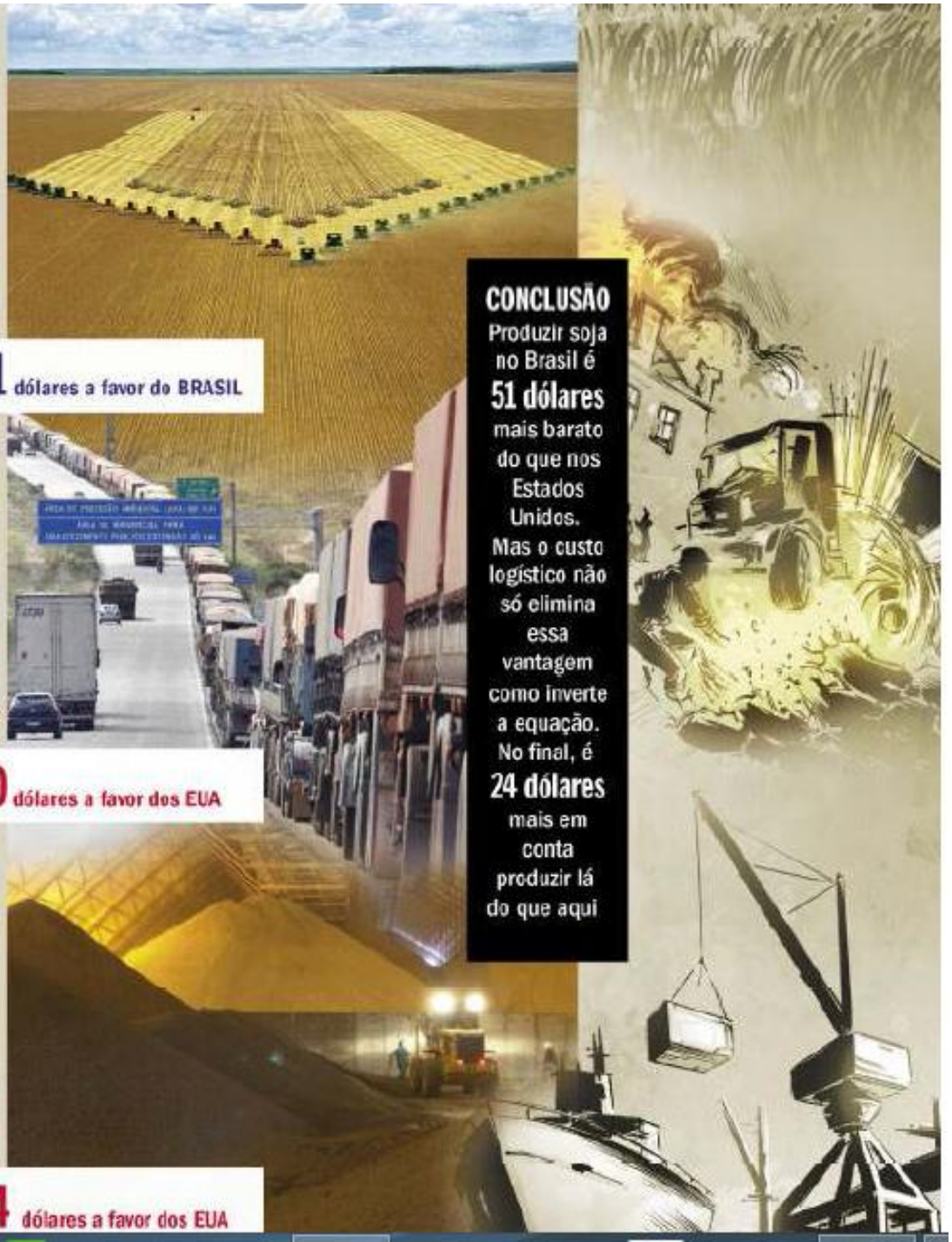
SALDO 51 - 71 = 20 dólares a favor dos EUA

Despesas portuárias

(preço por tonelada)

BRASIL	7 dólares
–	
EUA	3 dólares
DIFERENÇA	4 dólares

SALDO FINAL 20 + 4 = 24 dólares a favor dos EUA



CONCLUSÃO

Produzir soja no Brasil é **51 dólares** mais barato do que nos Estados Unidos. Mas o custo logístico não só elimina essa vantagem como inverte a equação. No final, é **24 dólares** mais em conta produzir lá do que aqui

Objetivos da Aula

- Escolher o modal de transporte adequado para cada tipo de produto
- Entender a relação entre transporte e níveis de estoques
- Conhecer e ser capaz de utilizar conceitos que permitam reduzir custos de transporte
- Entender o conceito de roteirização

Modais



Modais

Rodoviário

Ferroviário

Hidroviário

Aeroviário

Dutoviário



Classificação dos modais

- **Velocidade:** tempo de movimentação numa rota
- **Disponibilidade**: capacidade do modal para atender qualquer localidade.
- **Confiabilidade**: variabilidade potencial das programações de entrega esperadas
- **Capacidade**: relacionado com tamanho e tipo de carga.
- **Frequência**: relacionada à quantidade de movimentações programadas.

Critérios para seleção de modal

As opções estão ordenadas da melhor (1) para a pior (5)

Modal	Custo	Velocidade	Capacidade	Disponibilidade	Frequência
Hidroviário					
Dutoviário					
Ferroviário					
Rodoviário					
Aéreo					

CEL/COPPEAD (2000)

Critérios para seleção de modal

As opções estão ordenadas da melhor (1) para a pior (5)

Modal	Custo	Velocidade	Capacidade	Disponibilidade	Frequência
Hidroviário	1	4	1	4	5
Dutoviário	2	5	5	5	1
Ferroviário	3	3	2	2	4
Rodoviário	4	2	3	1	2
Aéreo	5	1	4	3	3

CEL/COPPEAD (2000)

Modais de Transporte

- Atividade em grupo (5 minutos)
- Relacione produtos para cada modal

Modais de Transporte

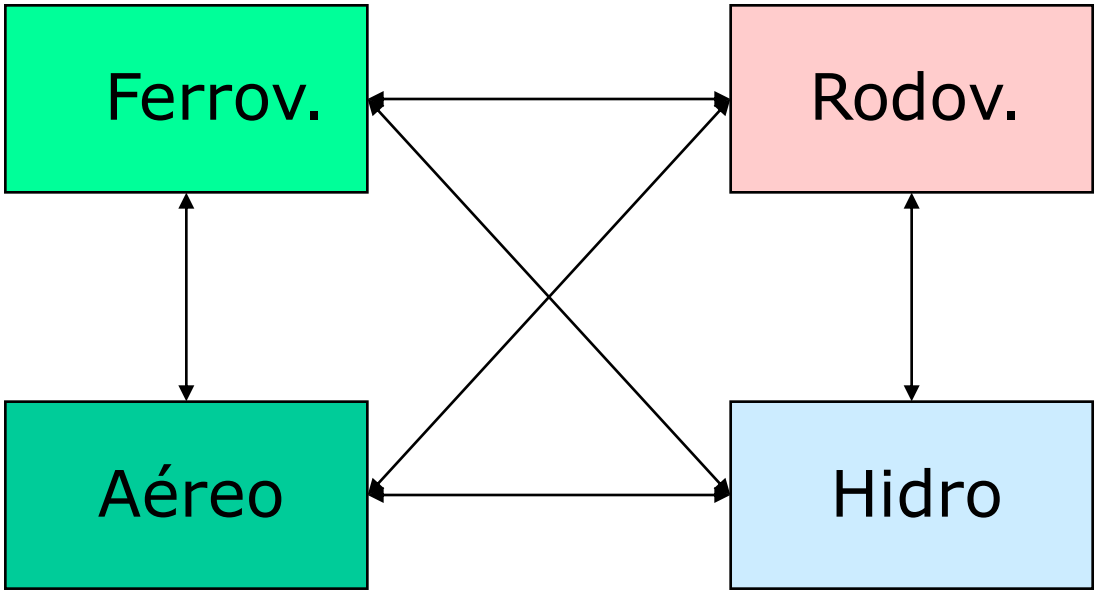
	Principais produtos
Ferroviário	Grãos, minério
Rodoviário	Bens de consumo
Hidroviário	Grãos, minério
Aéreo	Eletrônicos, produtos de alto valor
Dutoviário	Petróleo, gás, químicos, minerais

Intermodalidade

- Combinação de duas ou mais modalidades de transporte
- Vantagens de custo e/ou serviço
- Livre troca de equipamentos entre os modais



Intermodalidade



Intermodalidade



1. "Rodoviária rolante" ou "autoestrada ferroviária": transporte de caminhões e seus motoristas em um vagão-leito.



2. **Transporte combinado:** apenas as caçambas, encaixadas em vagões, seguem viagem.



3. **Transporte de contêineres:** a operação é feita com um guindaste, os contêineres são içados sobre um caminhão com caçamba.



4. **Técnica do semitrem:** as caçambas repousam sobre vagões descobertos.

Adaptado de *Atlas do Meio Ambiente Le Monde Diplomatique*. São Paulo: Instituto Pólis, 2009.

Exercício

Um fabricante de utensílios domésticos compra 3000 caixas de peças de plásticos avaliadas em R$ 100,00 a caixa de dois fornecedores, metade de cada um. Ambos utilizam o transporte ferroviário e entregam o produto no mesmo prazo médio. O fabricante se dispõe a alterar os termos do negócio atribuindo 5% do total desta compra ao fornecedor que conseguir reduzir o tempo de entrega – 150 caixas por dia de redução. O fornecedor A ganha 20% em cada caixa menos a tarifa de transporte. A seguintes taxas de transporte por caixa e tempo médio de entrega são conhecidas:

Modal	Tarifa de transporte	Tempo de entrega
Ferroviário	R$ 2,50 a caixa	7 dias
Rodoviário	R$ 6,00 a caixa	4 dias
Aéreo	R$ 10,35 a caixa	2 dias

Qual modal o fornecedor A deve escolher?

Exercício

Modal	Tarifa de transporte	Tempo de entrega
Ferroviário	R$ 2,50 a caixa	7 dias
Rodoviário	R$ 6,00 a caixa	4 dias
Aéreo	R$ 10,35 a caixa	2 dias

Modal	Quantidade	Lucro Bruto	Custo Frete	Lucro Líquido
Ferroviário				
Rodoviário				
Aéreo				

Exercício

Modal	Tarifa de transporte	Tempo de entrega
Ferroviário	R$ 2,50 a caixa	7 dias
Rodoviário	R$ 6,00 a caixa	4 dias
Aéreo	R$ 10,35 a caixa	2 dias

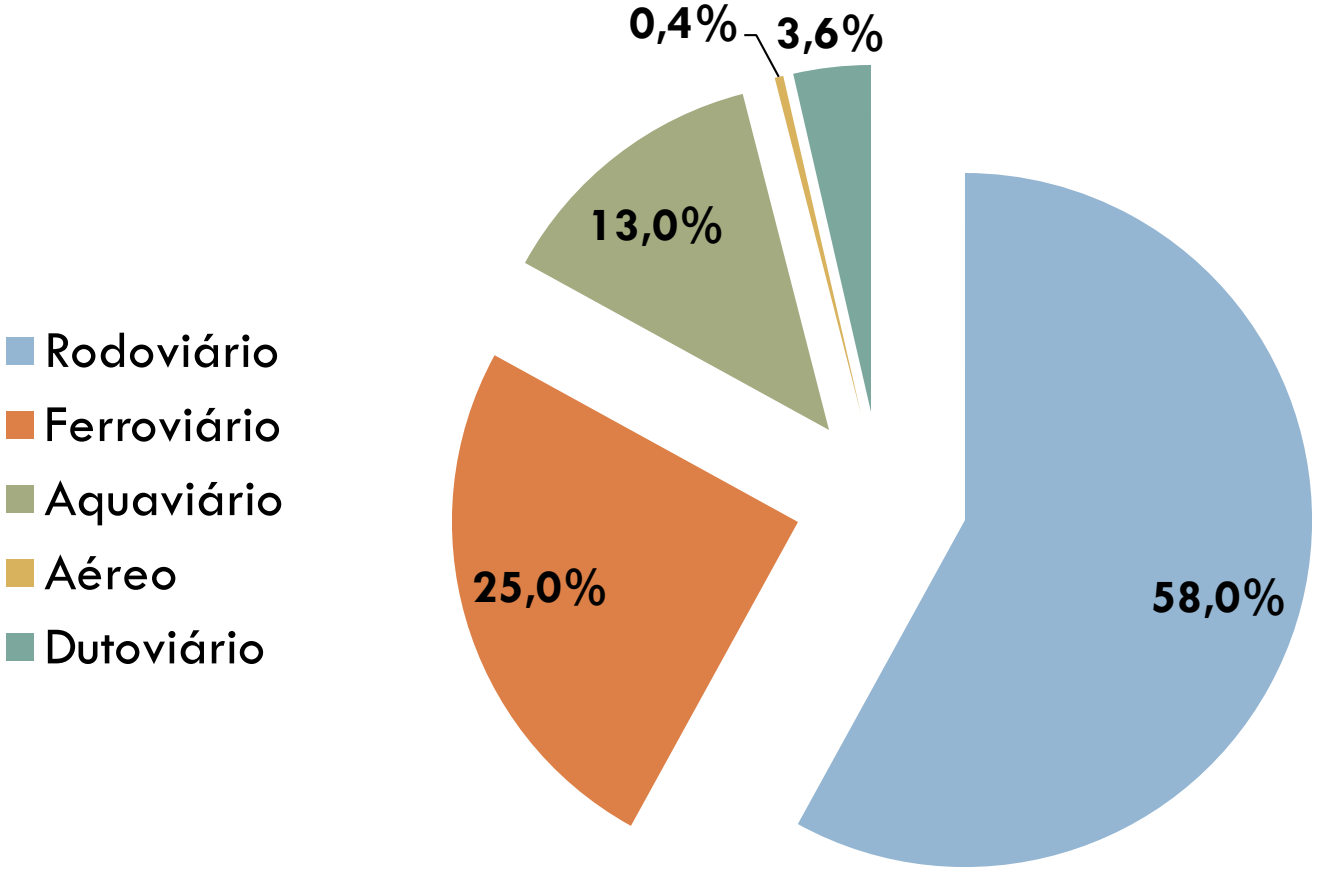
Modal	Quantidade	Lucro Bruto	Custo Frete	Lucro Líquido
Ferroviário		LB = (Q*100)*0,2	CF=Q*Tarifa	LL=LB-CF
Rodoviário				
Aéreo				

Exercício

Modal	Tarifa de transporte	Tempo de entrega
Ferroviário	R$ 2,50 a caixa	7 dias
Rodoviário	R$ 6,00 a caixa	4 dias
Aéreo	R$ 10,35 a caixa	2 dias

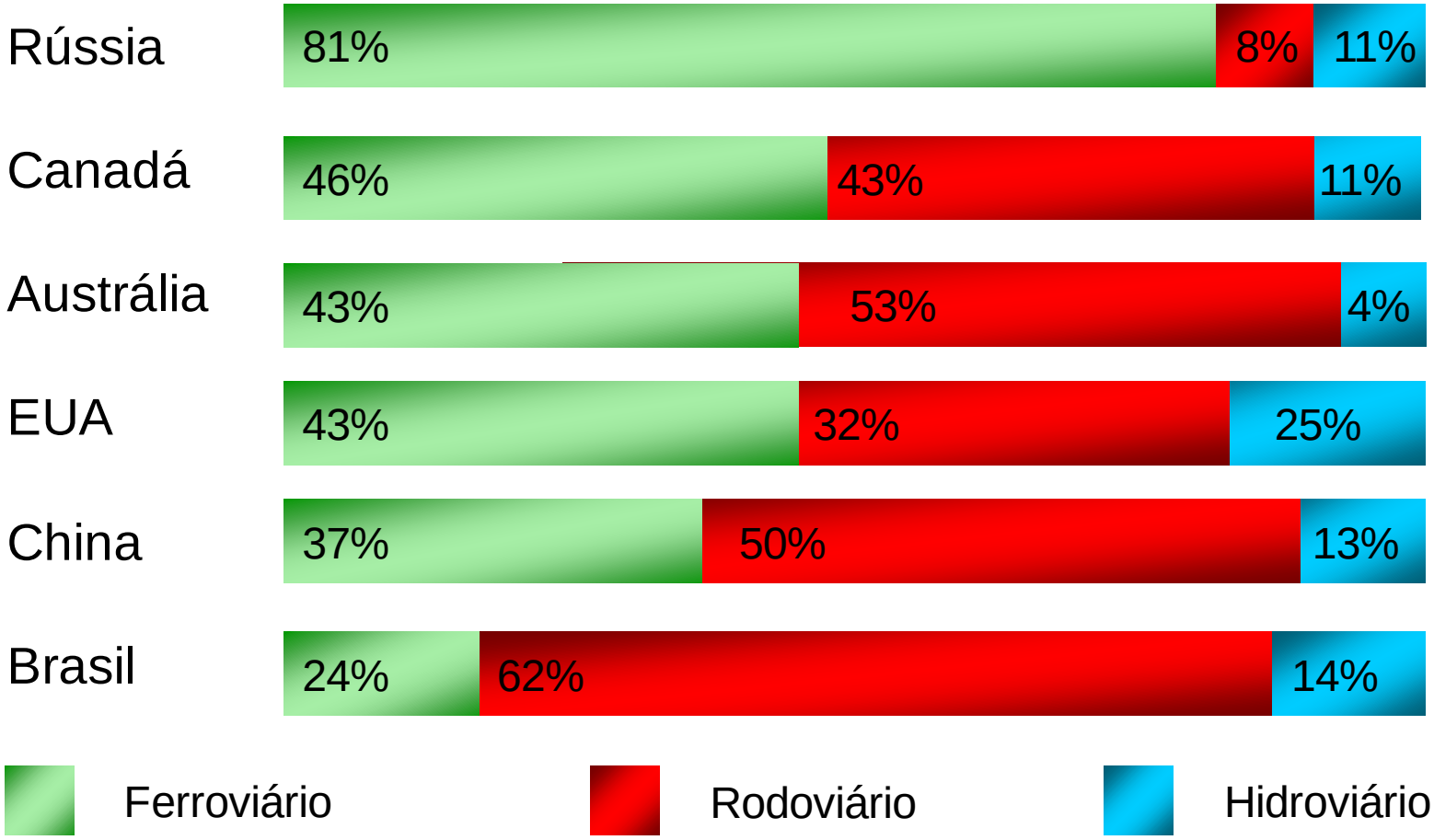
Modal	Quantidade	Lucro Bruto	Custo Frete	Lucro Líquido
Ferroviário	1500	(1500 *100)*0,2 =30.000	2,50*1500 =3750	26.250,00
Rodoviário	1500 + 450 = 1950	(1950*100)*0,2 =39.000	6,00*1950 =11.700	27.300,00
Aéreo	1500 + 750 = 2250	(2250*100)*0,2 =45000	10,35*2250 =23.287,50	21.712,50

Matriz de Transporte



PNLT 2010

Comparativo Internacional




Ferrovias
28 mil km de ferrovias, operados pelo setor privado
COLÔMBIA
VENEZUELA
Boa Vista
GUIANA
SURINAME
GUIANA FRANCESA
ESTRADA DE FERRO DO AMAPÁ
Macapá
E.F. TROMBETAS
E.F. JARI
Belém
São Luis
Manaus
ESTRADA DE FERRO CARAJÁS
Fortaleza
Teresina
CIA. FERROVIÁRIA DO NORDESTE
Natal
João Pessoa
Recife
Maceió
Aracaju
Porto Velho
Rio Branco
FERROVIA NORTE-SUL
Palmas
FERROVIA CENTRO ATLÂNTICA
Salvador
PERU
Cuiabá
FERRONORTE
DF
Goiânia
BOLÍVIA
FERROVIA VITÓRIA-MINAS
Belo Horizonte
Campo Grande
FERROVIA NOVOESTE
Vitória
MRS LOGÍSTICA
PARAGUAI
CHILE
São Paulo
Rio de Janeiro
FERROESTE
Curitiba
FERROBAN
Florianópolis
FERROVIA TEREZA CRISTINA
ARGENTINA
Porto Alegre
AMÉRICA LATINA LOGÍSTICA
URUGUAI
Ministério dos Transportes
BRASIL

Quadro comparativo
Rodoviário X Ferroviário

Países	Área do Território (km^2) (A)	Rede Rodoviária Total (km) (B)	Rede Ferroviária Principal (km) (C)	B/A	C/A
EUA	9.363.398	6.303.770	177.712	0,673	0,019
França	551.000	1.502.964	32.579	2,728	0,059
Japão	377.682	1.113.387	20.251	2,948	0,054
Índia	3.285.000	1.604.110	62.486	0,488	0,019
México	1.969.269	213.192	26.445	0,108	0,013
Itália	301.262	293.799	15.942	0,975	0,053
Espanha	504.750	237.904	12.601	0,471	0,025
Brasil	**8.511.965**	**1.495.087**	**30.277**	**0,176**	**0,004**
Argentina	2.792.000	207.630	34.059	0,074	0,012

COPPEAD (2008)

Principais problemas das Ferrovias

- Invasão da faixa de domínio nos centros urbanos e nos acessos aos portos;
- Utilização compartilhada das linhas para passageiros e cargas na Região Metropolitana de São Paulo;
- Idade média elevada e quantidade insuficiente de vagões e locomotivas;
- Interação operacional deficiente das malhas;
- Traçado das linhas incompatível com as condições atuais.



https://www.youtube.com/watch?v=b4MUrlAF2z0




PRINCIPAIS PORTOS
Manaus
Santarém
Macapá
Belém
Vila do Conde
Itaqui
Luíz Corrêa (Planejado)
Pecém (Em Construção)
Fortaleza
Areia Branca
Natal
Cabedelo
Recife
Suape
Maceió
Barra dos Coqueiros
Salvador
Aratu
Ilhéus
Pirapora
Barra do Riacho
Vitória
Forno
Niterói
Rio de Janeiro
Sepetiba
Angra dos Reis
São Sebastião
Santos
Antonina
Paranaguá
São Francisco do Sul
Itajaí
Imbituba
Laguna
Estrela
Porto Alegre
Cachoeira do Sul
Pelotas
Rio Grande
Porto Velho
Cáceres
Ladário
Corumbá
Boa Vista
Rio Branco
Porto Velho
Manaus
Macapá
Belém
São Luís
Teresina
Fortaleza
Natal
João Pessoa
Recife
Maceió
Aracaju
Salvador
Palmas
Cuiabá
DF
Goiânia
Campo Grande
Belo Horizonte
Vitória
Rio de Janeiro
São Paulo
Curitiba
Florianópolis
Porto Alegre
PORTOS FLUVIAIS E MARÍTIMOS
Portos Administrados Por Cia. Docas Controladas da União
Portos Administrados por Estados e Municípios
Portos Administrados por Empresas Privadas
Observação:
Não foram incluídos os terminais de uso exclusivo e misto.
MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES
GOVERNO FEDERAL


Hidrovias
28 mil km de vias navegáveis
interiores e potencial de aproveitamento
de mais 15 mil km de novas vias
Principais Hidrovias
Hidrovia do Madeira
Hidrovia Paraguai-Paraná
Hidrovia do São Francisco
Hidrovia Tocantins-Araguaia
Hidrovia Paraná-Tietê
Ministério dos Transportes
BRASIL UM PAÍS DE TODOS
VENEZUELA
GUIANA
SURINAME
GUIANA FRANCESA
COLÔMBIA
PERU
BOLIVIA
PARAGUAY
CHILE
ARGENTINA
URUGUAY
Oceano Pacífico
Santiago
RR
AP
AM
PA
AC
RO
MT
MA
PI
CE
RN
PB
PE
AL
SE
TO
BA
GO
MG
ES
RJ
SP
MS
PR
SC
RS
R. Negro
R. Branco
R. Japurá
R. Içá
R. Javari
R. Solimões
R. Juruá
R. Purus
R. Madeira
R. Tapajós
R. Xingu
R. Jari
R. Amazonas
R. Uatumã
R. Trombetas
R. Guamá
R. Tocantins
R. Araguaia
R. Paraguai
R. Paraná
R. Tietê
R. São Francisco
R. Grande
R. Paraíba do Sul
R. Doce
R. Jacuí
R. Taquari
R. Ivaí
R. Paranapanema
R. Guaporé
R. Mamoré
R. Acre
R. Iguaçu
R. Uruguai

Aquaviário - Cabotagem



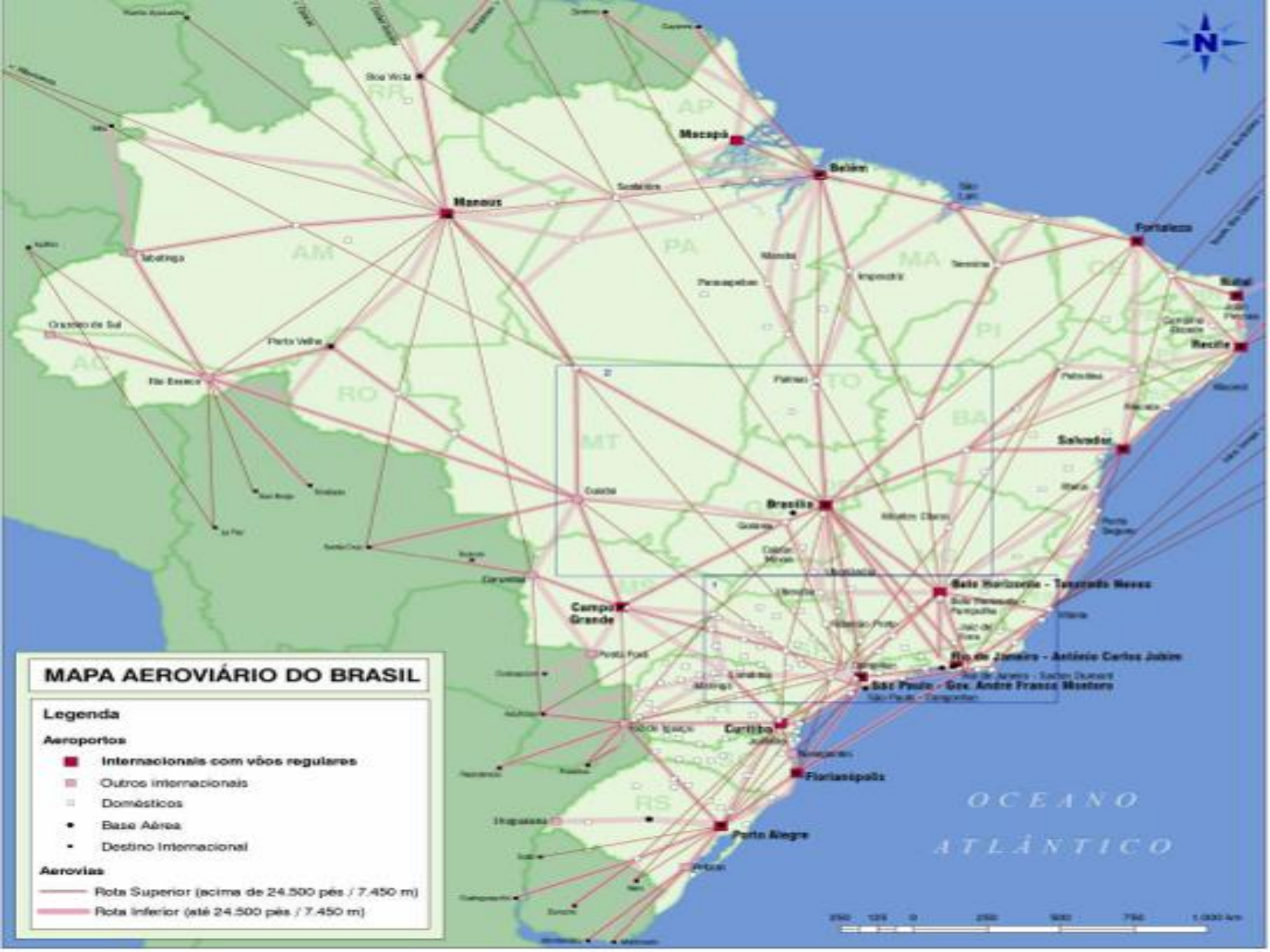
» Cingapura	393 400 000 t
» Xangai	379 700 000 t
» Rotterdã	352 400 000 t
» Tubarão	76 568 035 t
» São Sebastião	52 767 721 t
» Ponta da Madeira	58 400 000 t
» Santos	67 890 000 t
» Paranaguá	32 021 644 t

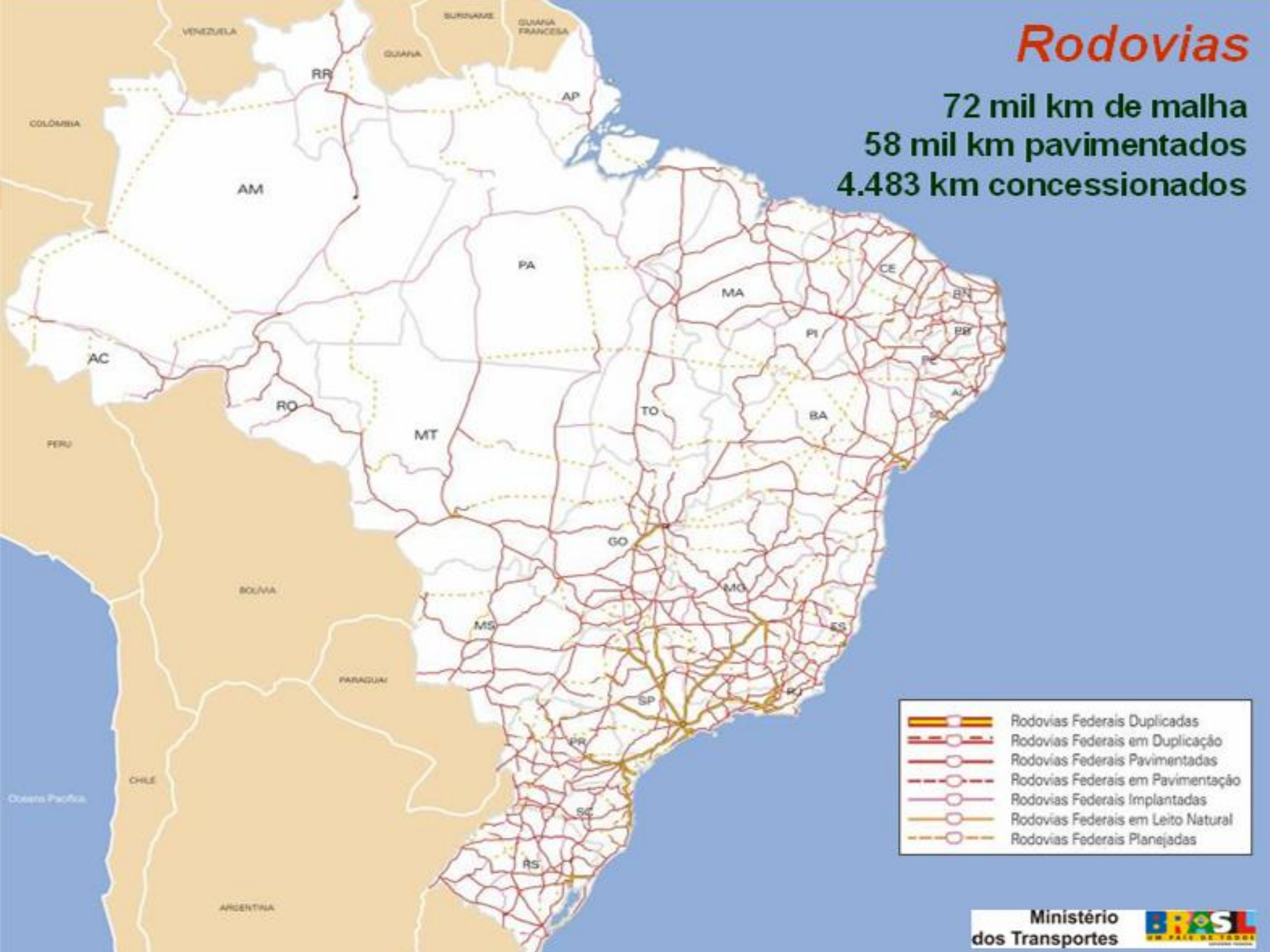
Infraestrutura Aeroportuária

Principais Aeroportos

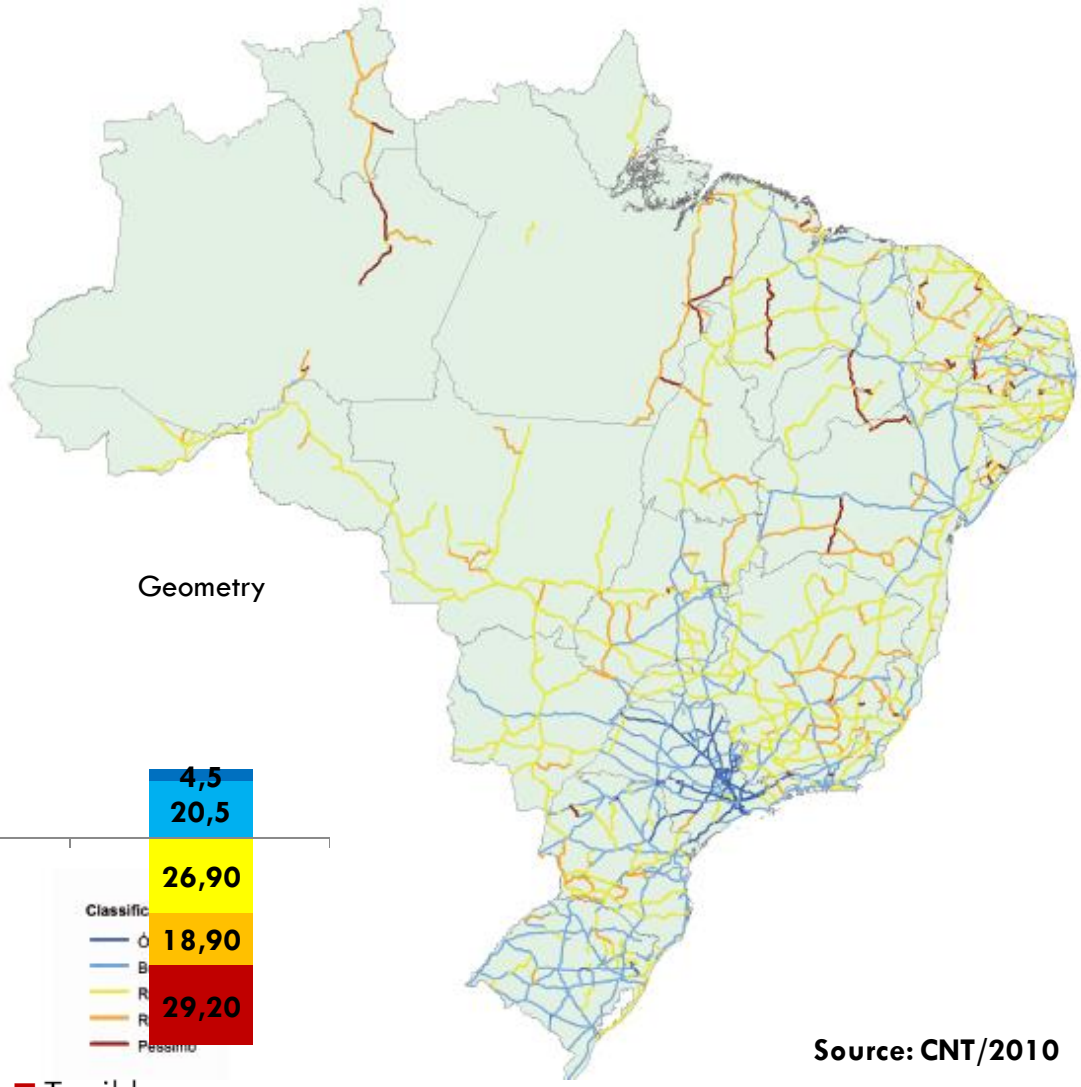
Aeroportos	
Internationais	33
Domésticos	33



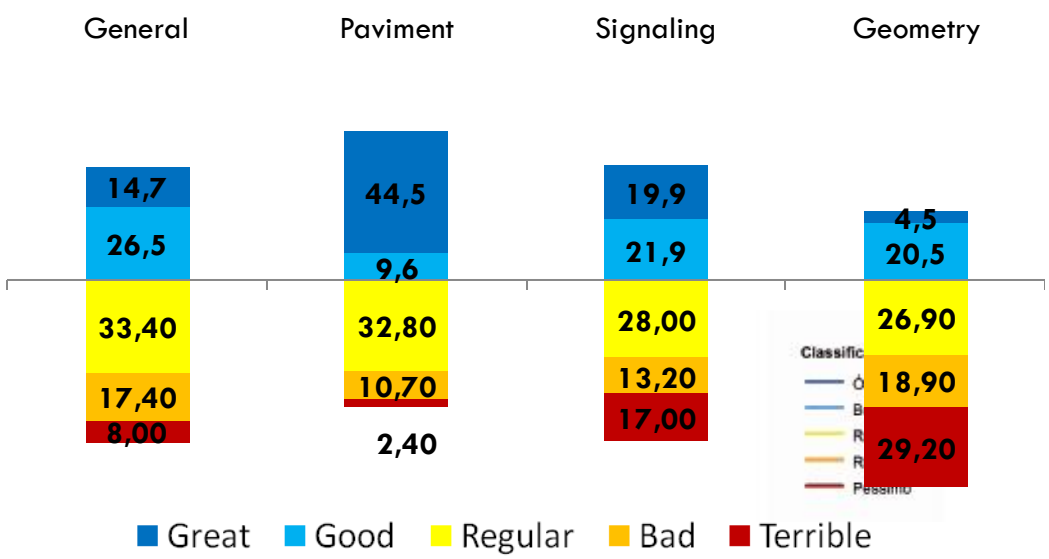

MAPA AEROVIÁRIO DO BRASIL
Legenda
Aeroportos
Internacionais com vôos regulares
Outros internacionais
Domésticos
Base Aérea
Destino Internacional
Aerovias
Rota Superior (acima de 24.500 pés / 7.450 m)
Rota Inferior (até 24.500 pés / 7.450 m)
Macapá
Belém
Manaus
Fortaleza
Natal
Recife
Salvador
Brasília
Belo Horizonte - Tancredo Neves
Campo Grande
Rio de Janeiro - Antônio Carlos Jobim
São Paulo - Gov. André Franco Montoro
Curitiba
Florianópolis
Porto Alegre
OCEANO ATLÂNTICO
N


Rodovias
72 mil km de malha
58 mil km pavimentados
4.483 km concessionados
VENEZUELA
SURINAME
GUIANA FRANCESA
GUIANA
RR
AP
COLÔMBIA
AM
PA
MA
CE
RN
PI
PB
PE
AL
SE
BA
AC
RO
MT
TO
PERU
GO
MG
ES
MS
SP
RJ
PR
SC
RS
BOLÍVIA
PARAGUAI
CHILE
Oceano Pacífico
ARGENTINA
Rodovias Federais Duplicadas
Rodovias Federais em Duplicação
Rodovias Federais Pavimentadas
Rodovias Federais em Pavimentação
Rodovias Federais Implantadas
Rodovias Federais em Leito Natural
Rodovias Federais Planejadas
Ministério dos Transportes
BRASIL

Infraestrutura Rodoviária



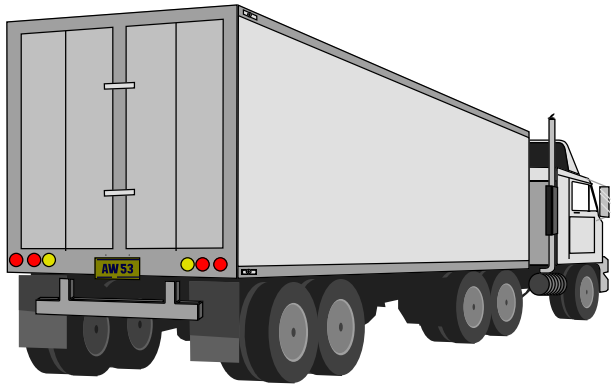
Classificação das Rodovias



Source: CNT/2010

Transporte Rodoviário
Uma operação “simples”

- Um cliente liga
- O veículo é enviado
- O produto é carregado
- Viaja até o destino
- Descarrega
- O cliente paga.



Rodoviário

- Muito fragmentado (56% são autônomos)
- Idade média da frota: 20 anos
- Desbalanceamento de fluxos entre regiões
- Falta de regulação
  - Brasil: 281 mortes/100.000 caminhoneiros (34.000 mortes ao ano)
  - EUA: 25 mortes/100.000 caminhoneiros
- Diesel subsidiado
- Roubos: US$600 millhões ao ano
  - Gerenciamento de Risco
- Burocracia e greves de funcionários públicos (alfândega, ANVISA)
- Instabilidade regulatória

Rodoviário

95% mão simples

72% das principais rodovias em condições precárias

Falta de balanças

Políticas de manutenção inadequadas









Rodoviário



- Mas o cenários esta mudando…
  - Privatizações a partir dos anos 90
    - Principalmente em SP
  - Novas regulamentações
  - Aumento da demanda gerando aumento das tarifas
  - Aumento da importância da pontualidade da entrega
  - Início de um processo de consolidação do mercado
  - Transporte colaborativo
  - *Back-hauling*

Definição do modal

- Análise do custo *versus* desempenho
- Efeitos indiretos
  - Transporte versus nível de estoque

Transporte versus nível de estoque

Como estão relacionados transporte e estoque?

Transporte versus nível de estoque

Transporte rápido e de alta confiabilidade permite estoques menores do que quando são mais vagarosos ou irregulares

Transporte versus nível de estoque

Gerente deve escolher entre transporte aéreo ou caminhões para entregar peças de computador produzidas na fábrica de componentes na cidade A para a montagem na cidade B. As peças valem R$ 30 mil por caixa e a fábrica precisa de 100 caixas por mês para atender a programação de produção. A entrega aérea exige um lote mínimo de cinco caixas ao frete de R$ 100 a caixa, com tempo de trânsito de 1 dia. O lote mínimo para o transporte rodoviário é de 20 caixas ao frete de R$ 10 por caixa com tempo de trânsito de 4 dias. A taxa de manutenção de estoque equivalem a 25% do valor médio do produto por ano. Qual modal deve ser escolhido??

Escolha do Modal

Tipo de custo	Método de Cálculo	Aéreo	Rodoviário
Transporte	D X F		
Estoque na Planta	i.p.Q / 2		
Estoque em trânsito	(i.p.D.T)/365		
Estoque no Armazém	i.p´.Q / 2		
	Total		

F = Taxa transporte (frete)

D = Demanda anual

i = Taxa anual de manutenção do estoque

p = Valor unitário do produto na planta

p"= Valor unitário do produto no armazém = (C+F)

T = Tempo em transito

Q = Tamanho do Lote

Escolha do Modal

Tipo de custo	Método de Cálculo	Aéreo	Rodoviário
Transporte	D x F	1200 x 100 = 120.000	1200 x 10 = 12.000
Estoque na Planta	i.p.Q / 2	.25 x 30.000 x 5 / 2 = 18.750	.25 x 30.000 x 20 / 2 = 75.000
Estoque em trânsito	i.p.D.T / 365	.25x30000x1200x1/365 = 24.657	25x30000x1200x4/365 = 98.630
Estoque no Armazém	i.p'.Q / 2	.25 x 30.100 x 5 / 2 = 18.812,50	.25 x 30.010 x 20 / 2 = 75.025
	Total	182.219,5	260.655

F = Taxa transporte (frete)

D = Demanda anual

i = Taxa anual de manutenção do estoque

p = Valor unitário do produto na planta

p"= Valor unitário do produto no armazém = (C+F)

T = Tempo em transito

Q = Tamanho do Lote

Exercício

A empresa A fornece motores elétricos à empresa B a preços contra entrega. O transporte é de responsabilidade de A. O gerente de tráfego tem três opções para a entrega: ferrovia, *piggyback* e rodovia. Ele compilou as seguintes informações:

Modal	Tempo em trânsito	Tarifa (R$/unidade)	Tamanho da carga
Trem	16	25,00	10.000
Piggyback	10	44,00	7.000
caminhão	4	88,00	5.000

A empresa B compra 50 mil unidades anuais ao preço contratado contra entrega de R$ 500 a unidade. A taxa de manutenção do estoque para ambas as empresas é de 25% ao ano. Qual modal deveria ser escolhido por A?

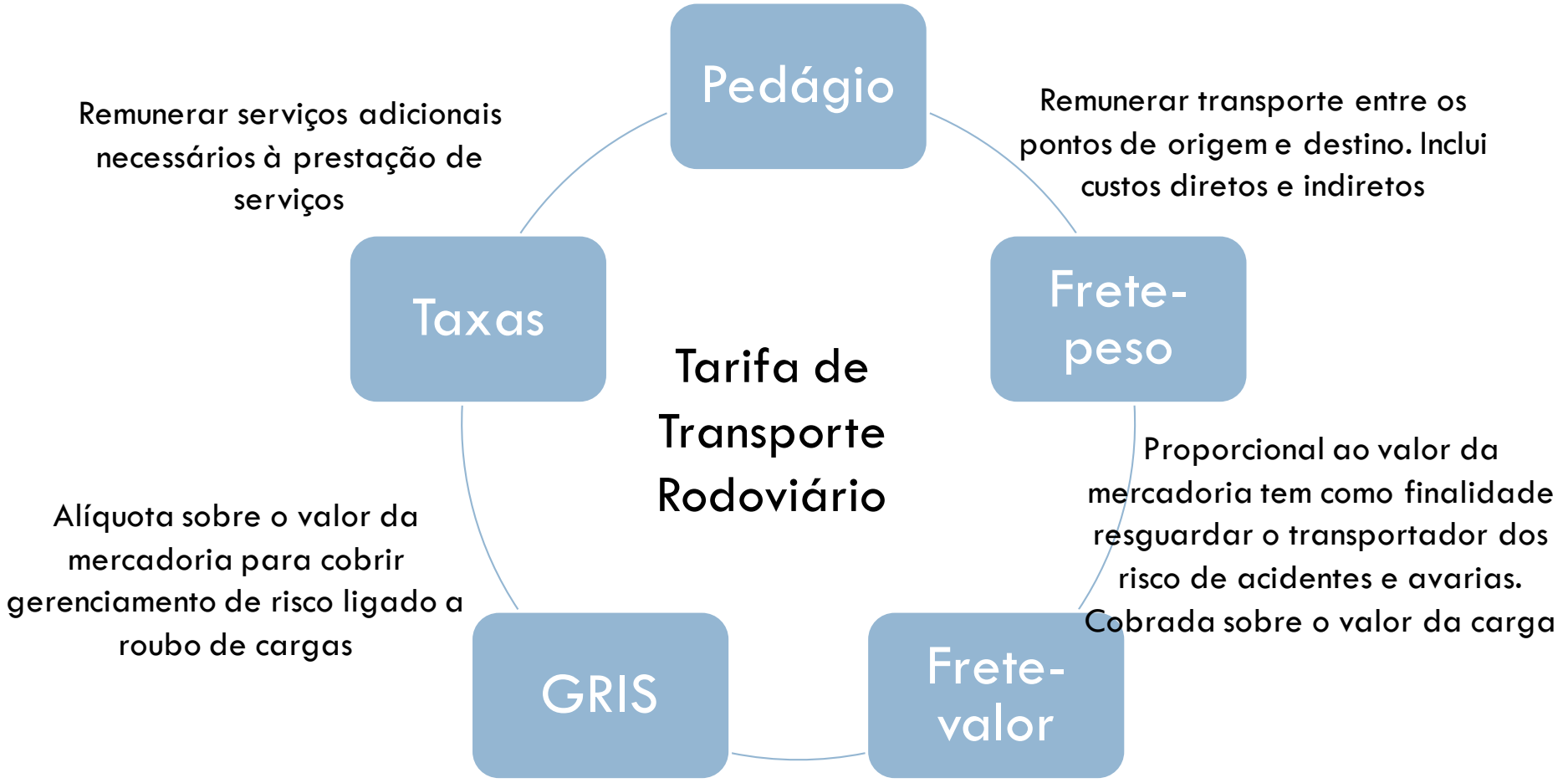
Exercício

Tipo de custo	Método de Cálculo	Ferroviário	Piggyback	Rodoviário
Transporte	D X F	50.000 X 25	50.000 X 44	50.000 X 88
Estoque na Planta	i.p.Q / 2	0,25 X 475 X 10.000/2	0,25 X 456 X 7.000/2	0,25 X 412 X 5.000/2
Estoque em trânsito	(i.p.D.T)/365	0,25 X 475 X 50.000 X 16/365	0,25 X 456 X 50.000 X 10/365	0,25 X 412 X 50.000 X 4/365
Estoque no Armazém	i.p´.Q / 2	0,25 X 500 X 10.000/2	0,25 X 500 X 7.000/2	0,25 X 500 X 5.000/2
Total		625.000	437.000	312.000

Seleção do Transportador

- Serviços contratados
  - Fretes, documentação, auditoria, consolidação de frete
- Serviço Próprio
  - Despacho, balanceamento de carga, roteirização

Composição de Tarifas

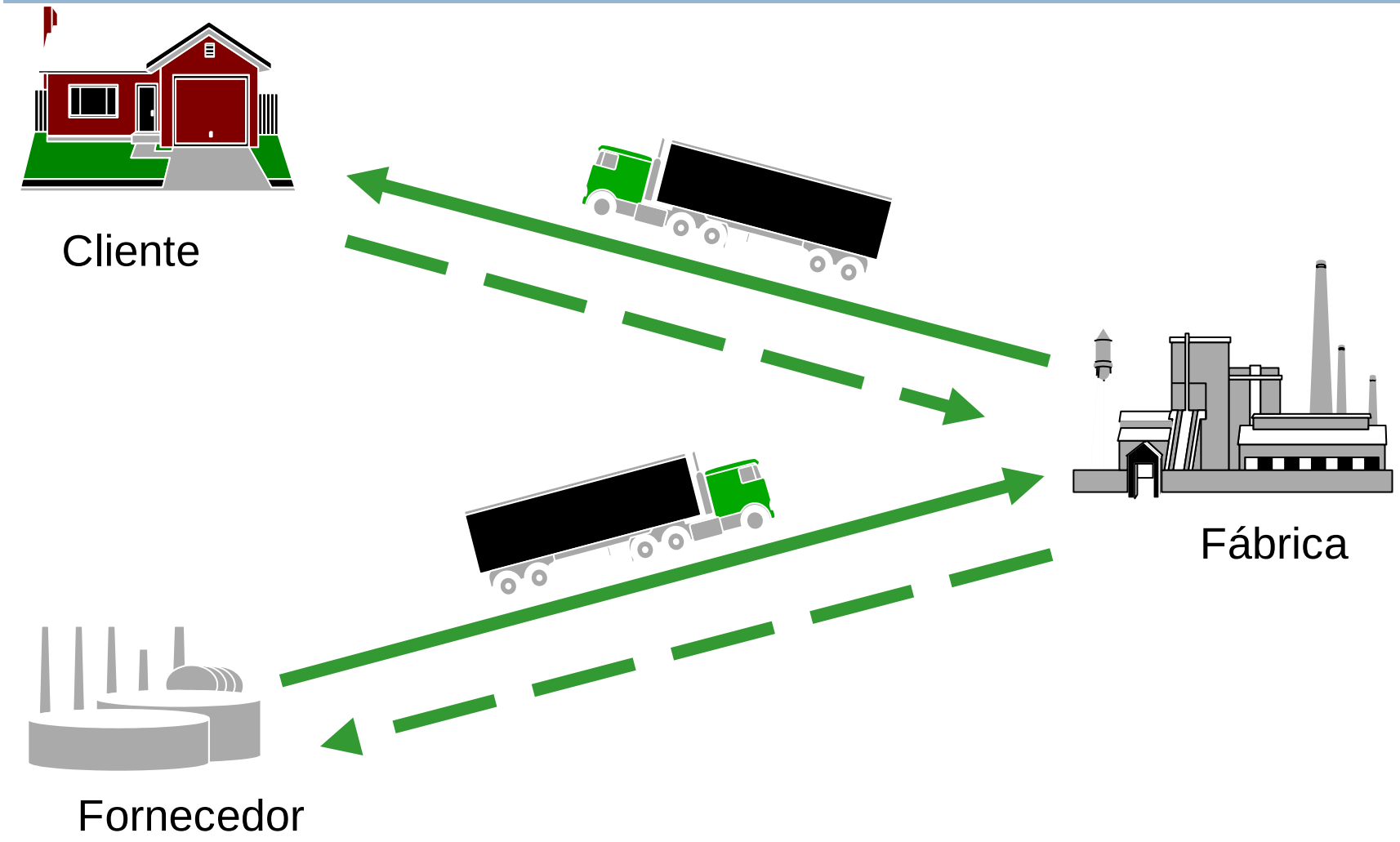


Balanceamento de Carga

- Cerca de 40% dos caminhões circulam vazios no Brasil!!!!!
- Fluxos reversos diminuem o impacto dos custos



Backhauling

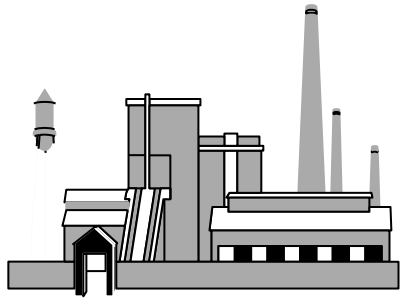


Backhauling

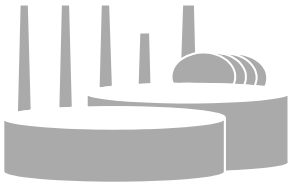


Cliente





Fábrica



Fornecedor

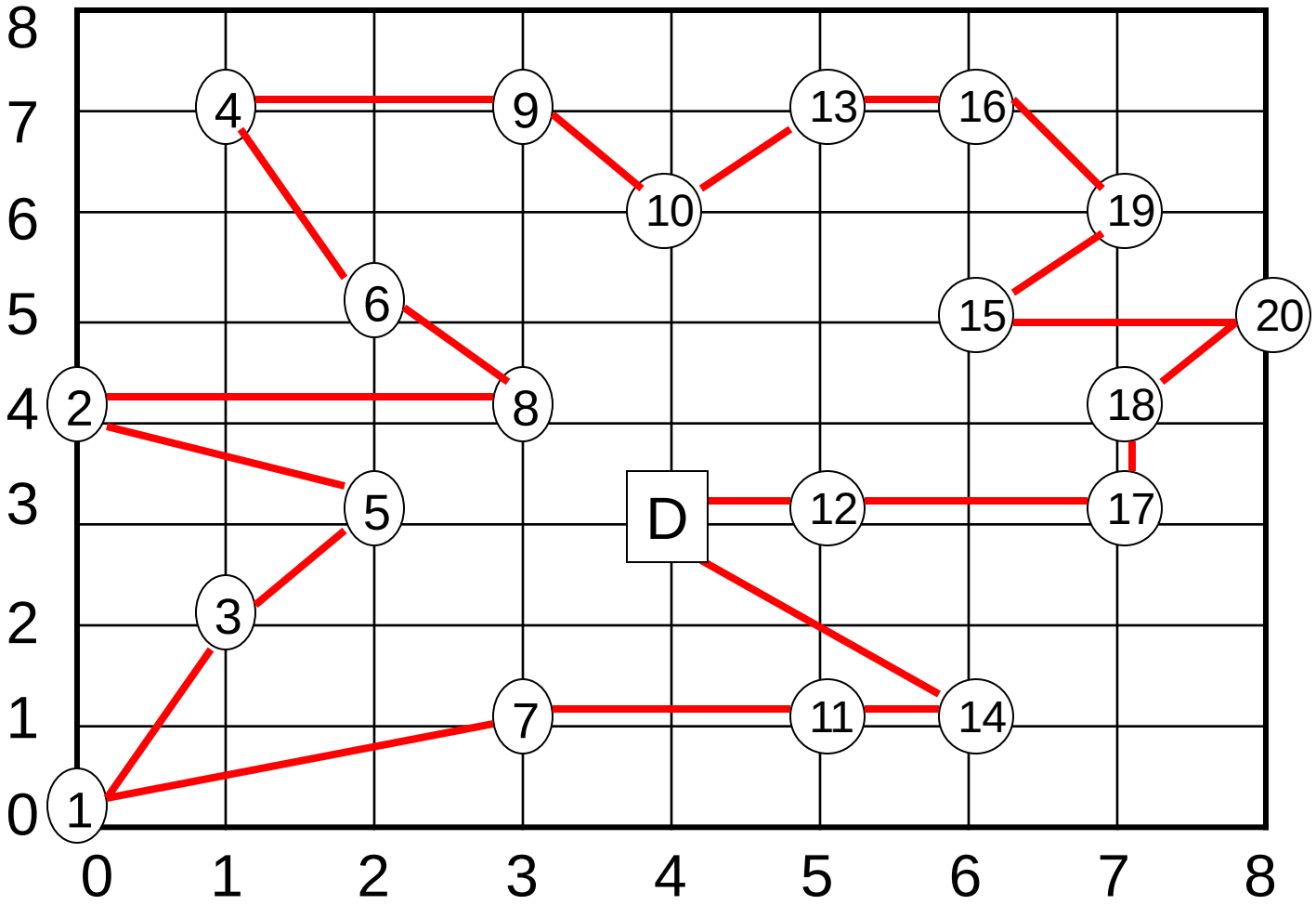
Rotas de Transporte

- Ponto de Origem = Ponto de Destino
- Ponto de Origem ≠ Ponto de Destino
- Múltiplos pontos de Origem e Destino

BALLOU (2006)

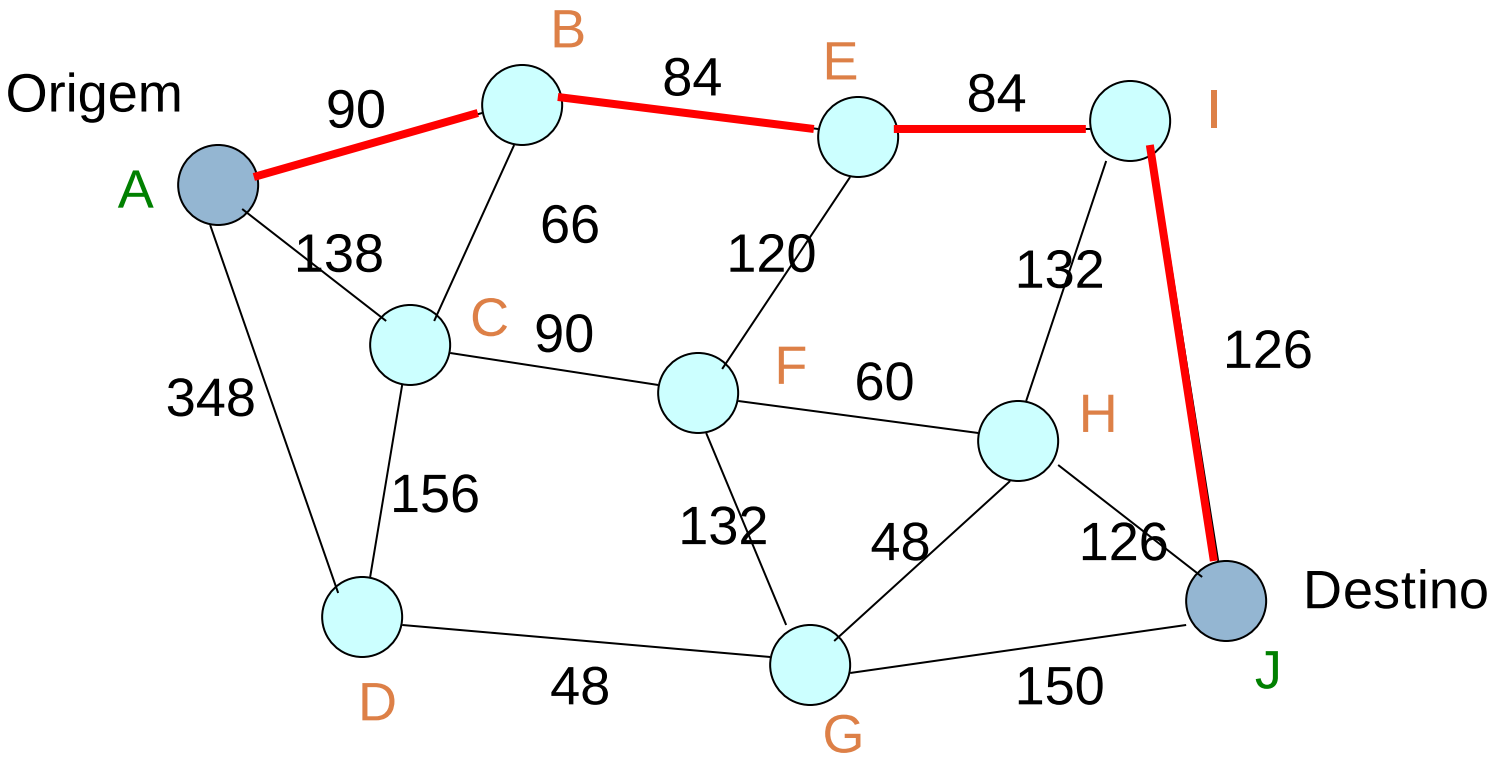
Definição das Rotas de Transportes

Ponto de Origem = Ponto de Destino



Definição das rotas de transportes

Ponto de Origem ≠ Ponto de Destino



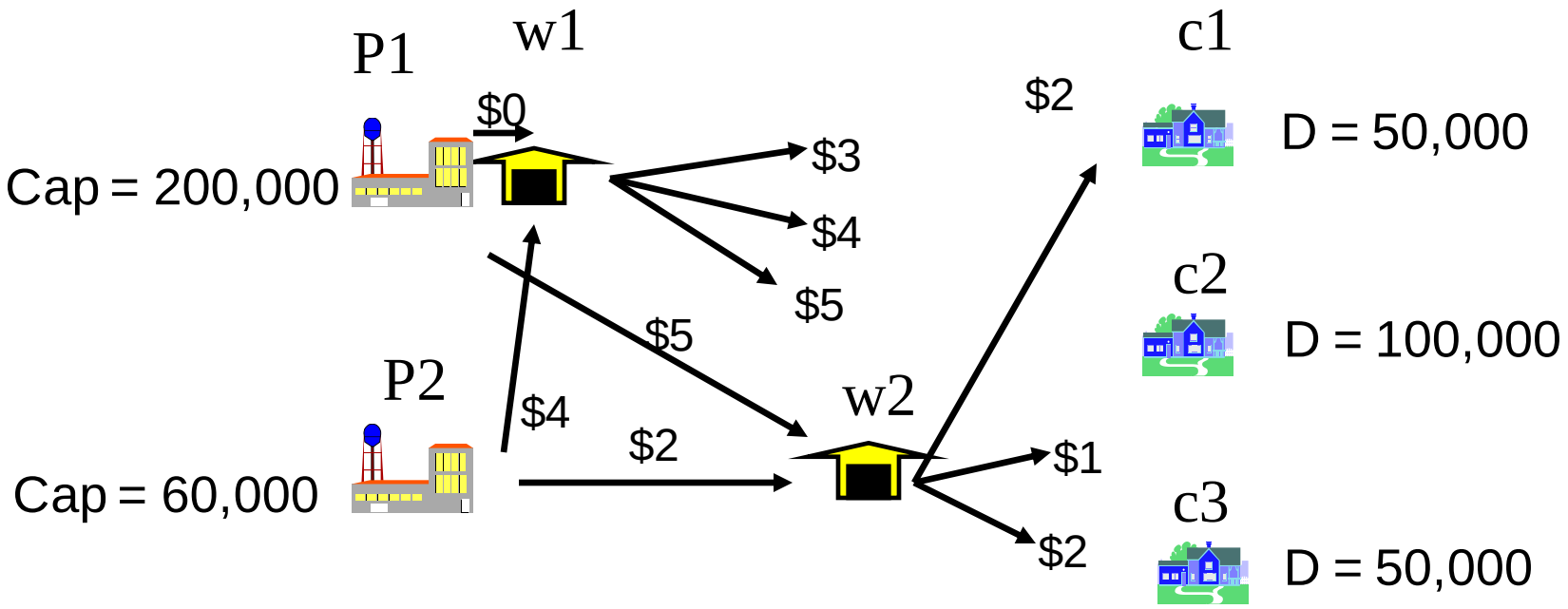
Ballou, 2006

Tabulação das etapas computacionais

Step	Solved Nodes Directly Connected to Unsolved Nodes	Its Closest Connected Unsolved Node	Total Cost Involved	nth Nearest Node	Its Minimum Cost	Its Last Connection [a]
1	A	B	90	B	90	**AB***
2	A	C	138	C	138	AC
	B	C	90+66=156			
3	A	D	348			
	B	E	90+84=174	E	174	**BE***
	C	F	138+90=228			
4	A	D	348			
	C	F	138+90=228	F	228	CF
	E	I	174+84=258			
5	A	D	348			
	C	D	138+156=294			
	E	I	174+84=258	I	258	**EI***
	F	H	228+60=288			
6	A	D	348			
	C	D	138+156=294			
	F	H	228+60=288	H	288	FH
	I	J	258+126=384			
7	A	D	348			
	C	D	138+156=294	D	294	CD
	F	G	288+132=360			
	H	G	288+48=336			
	I	J	258+126=384			
8	H	J	288+126=414			
	I	J	258+126=384	J	384	**IJ***

Definição das Rotas de Transportes

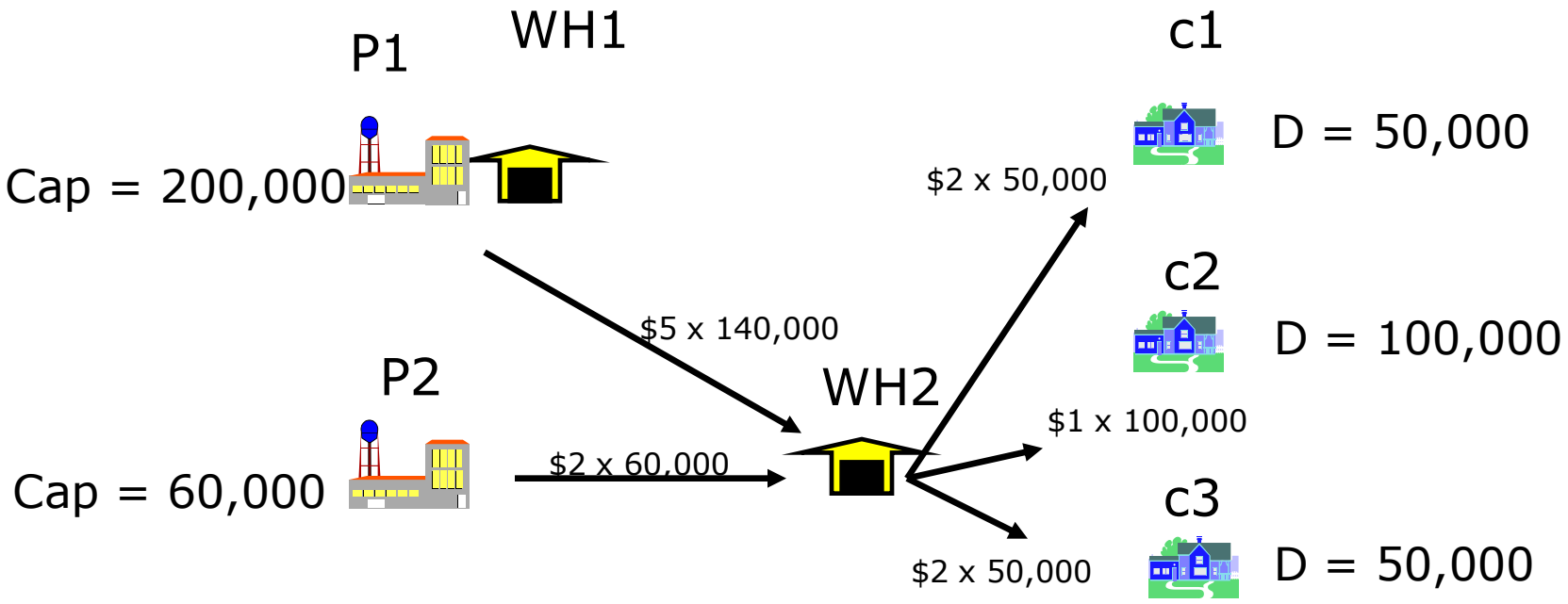
Múltiplos pontos de Origem e destino



Definição das Rotas de Transportes

Heurística do Local mais próximo

Atribuir cada mercado ao depósito mais próximo e depois determinar a fábrica de origem

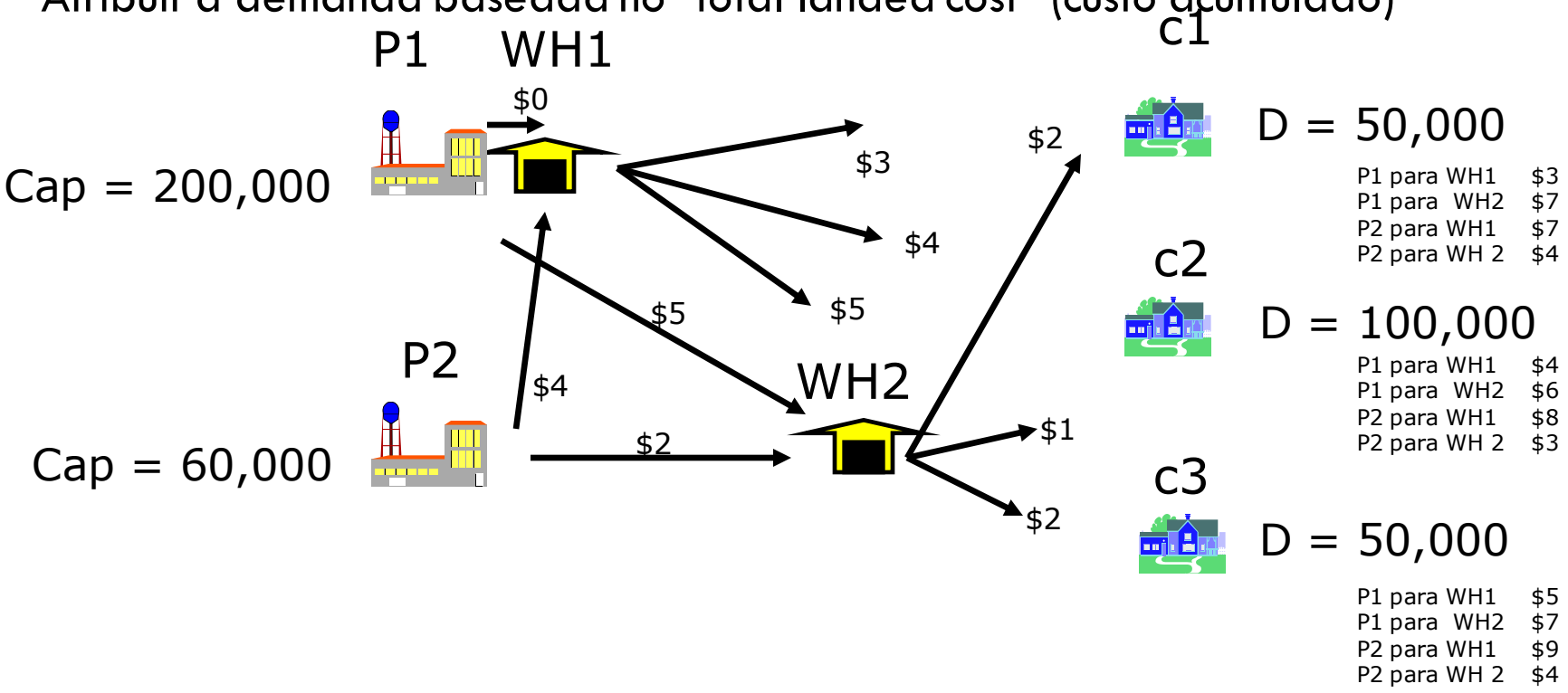


Custo Total = $1,120,000

Definição das Rotas de Transportes

Heurística do Local mais próximo

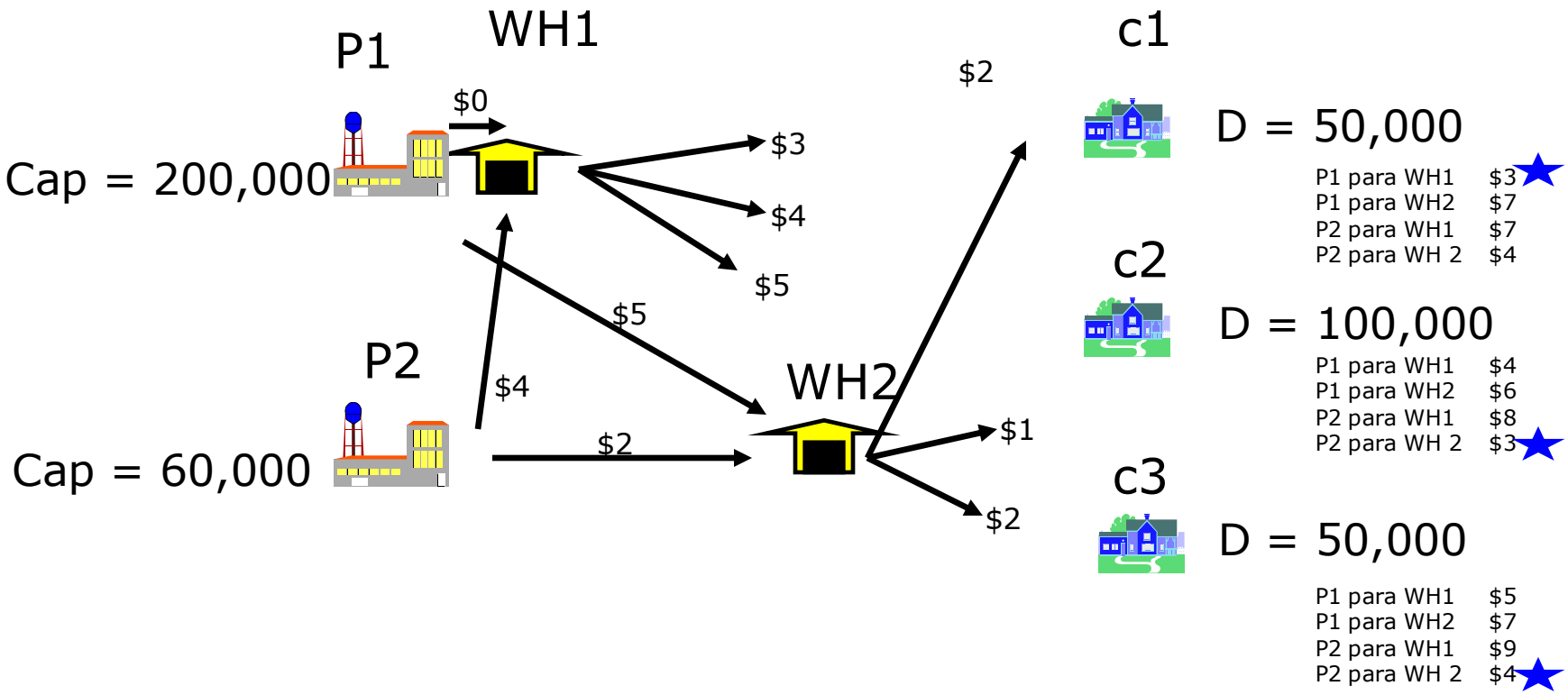
Atribuir a demanda baseada no "total landed cost" (custo acumulado)



Definição das rotas de transportes

Heurística do Local mais próximo

Atribuir a demanda baseado no "total landed cost" (custo acumulado)

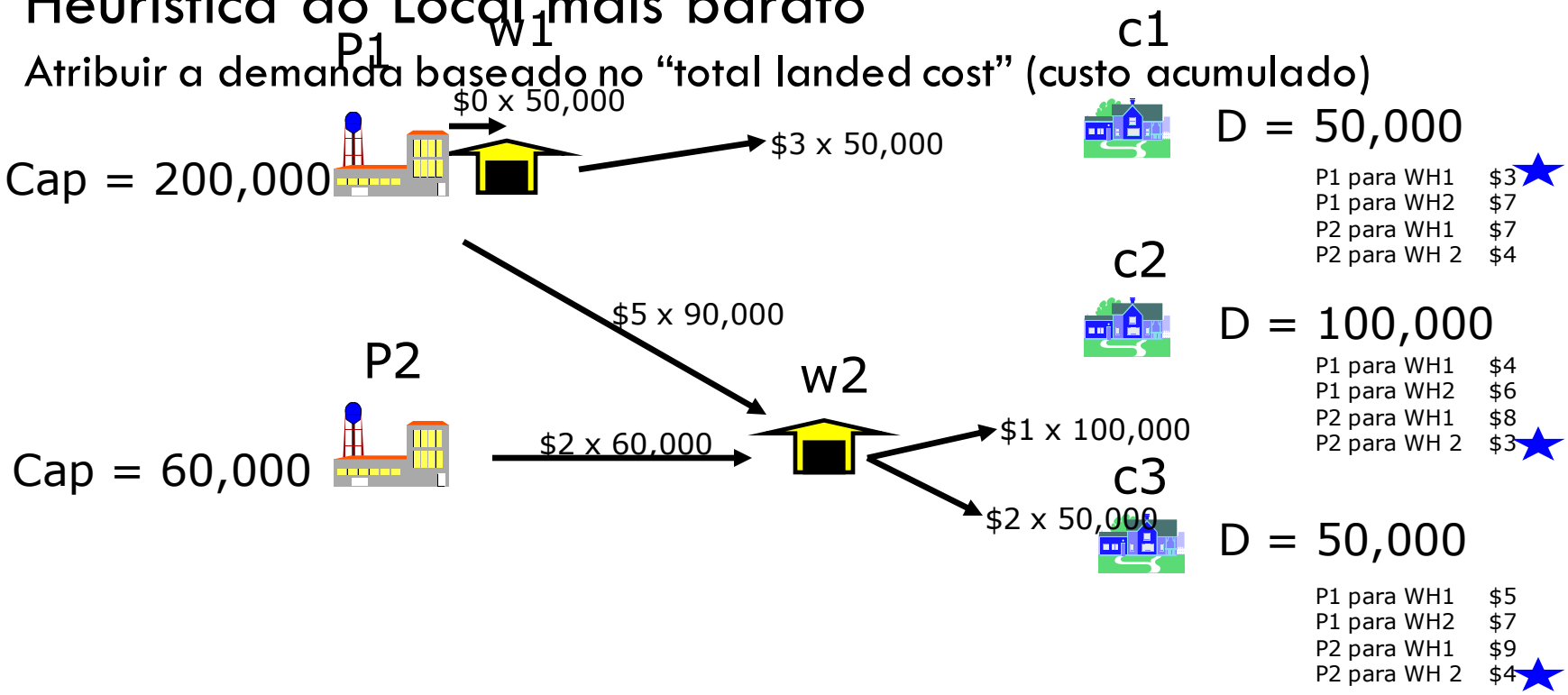


Região 1 é atendida pelo WH1, regiões 2 e 3 pelo WH2

Definição das Rotas de Transportes

Heurística do Local mais barato

Atribuir a demanda baseado no "total landed cost" (custo acumulado)



Custo total = $920,000

Seleção de Rotas

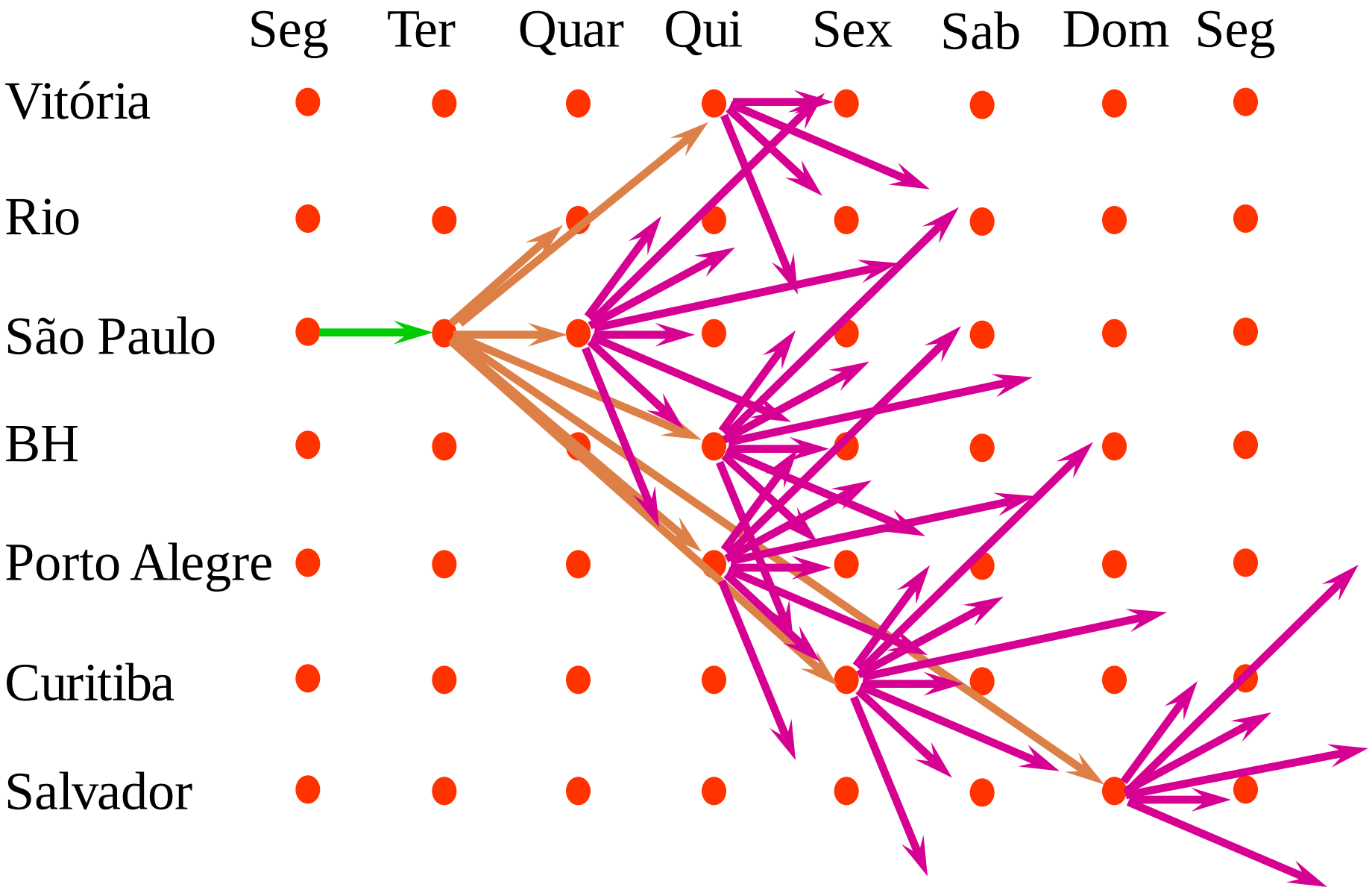
- Carregar caminhões com volumes de paradas que estão próximas entre si;
- Paradas em dias diferentes devem ser combinadas para produzir agrupamentos densos;
- Construção de rotas começando com a parada mais distante do depósito;
- Seqüência das paradas em uma rota rodoviária deve formar um padrão de gota d'água;
- Rotas mais eficientes são construídas usando os maiores veículos disponíveis;
- Coletas devem ser combinadas com as rotas de entrega em vez de serem deixadas para o final das rotas;
- Uma parada que é removível de um agrupamento de rota é uma boa candidata para um meio alternativo de entrega;
- Limitações das janelas de tempo estreitas devem ser evitadas.

Despacho de veículo

- Difere da roteirização porque os volumes de cargas e as paradas não são conhecidas antes da programação

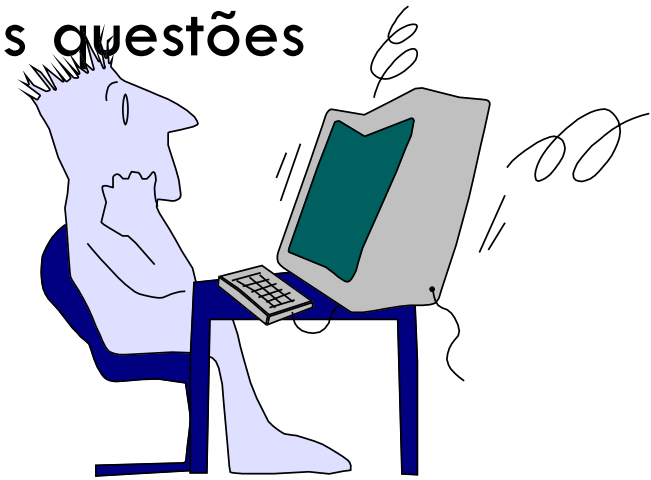
- Demanda acontece enquanto os caminhões percorrem as rotas

Representação de Rede no Tempo - Espaço

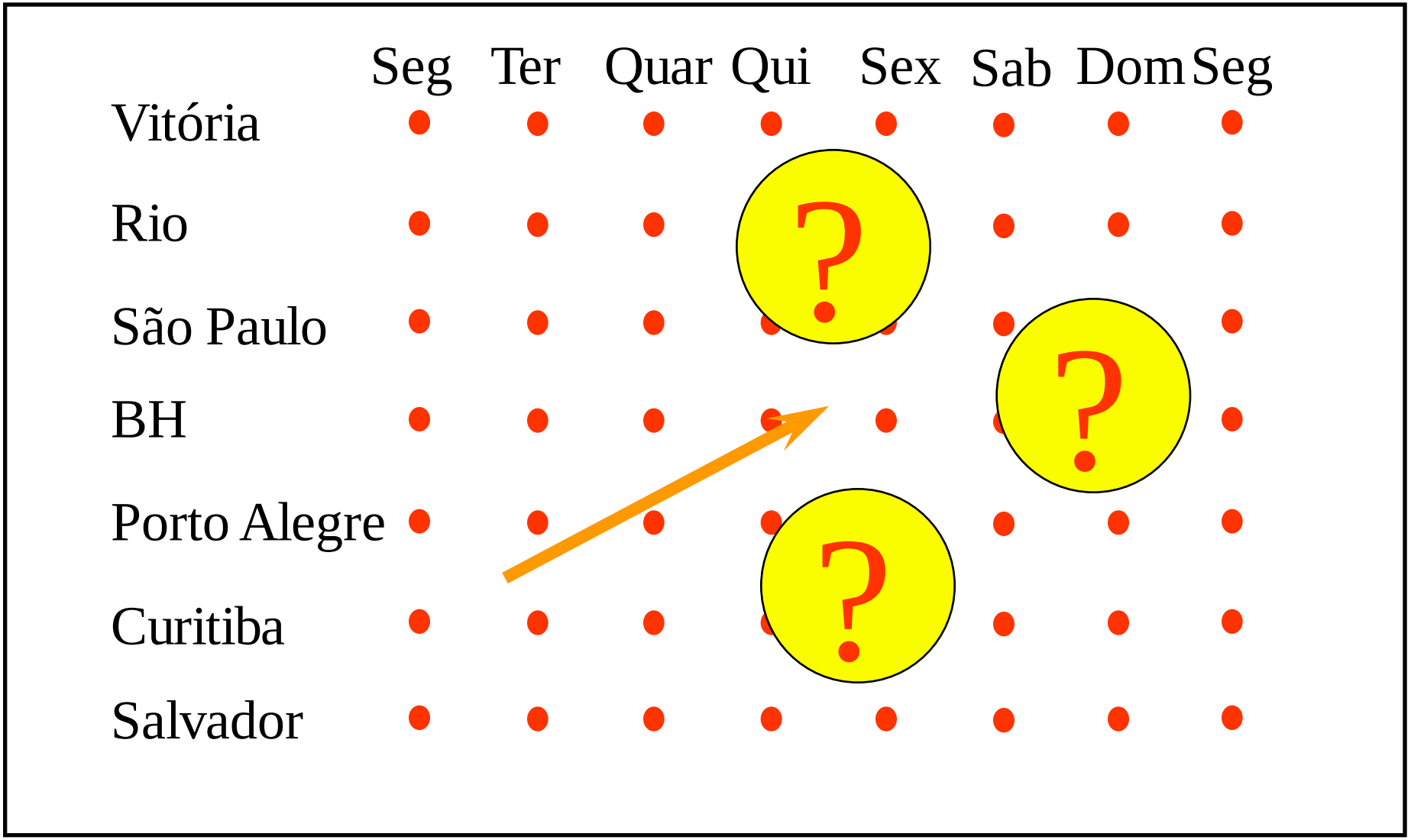


Considerações para a decisão

- Olhando apenas 3 movimentações futuras (assumindo 80 regiões) existem 512,000 possíveis trajetórias
- Uma companhia de transporte coordena centenas de veículos…..
- Considerações adicionais de local de moradia do motorista, manutenção, e muitos outras questões

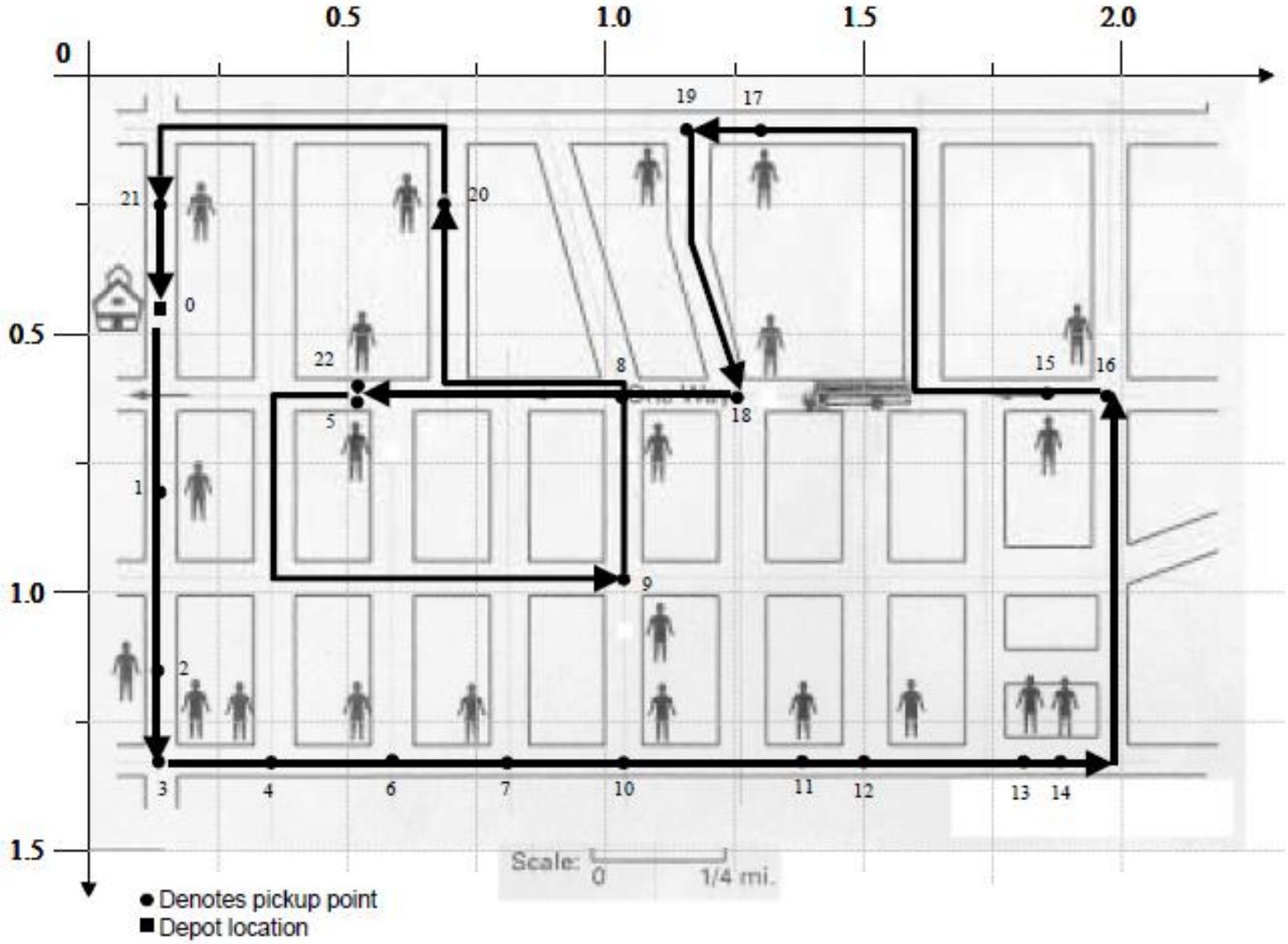


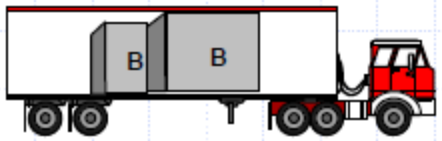
Desafios: Incertezas dos fluxos futuros



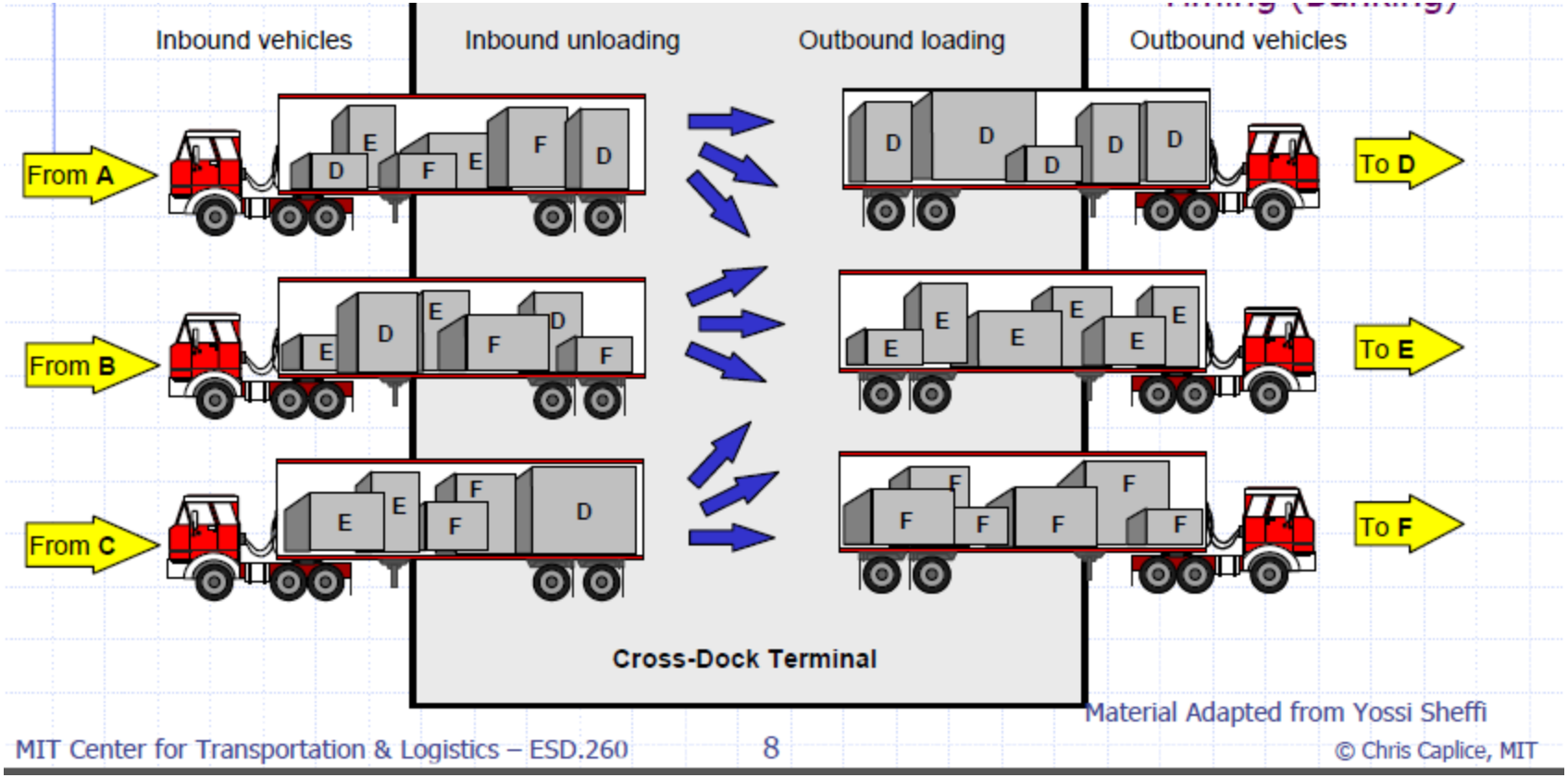
Formas de redução dos custos de transporte

- Analisar densidade/freqüência das linhas para aproveitar possíveis sinergias:
  - Consolidação Inbound/outbound (*backhauling*)
  - Consolidação temporal
  - Consolidação de veículo
  - Consolidação da transportadora
  - Alteração do modal
  - Consolidação da malha (Hubs)

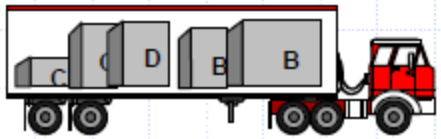

0
0.5
1.0
1.5
2.0
0
0.5
1.0
1.5
19
17
21
20
0
22
8
15
16
5
18
1
9
2
3
4
6
7
10
11
12
13
14
Scale: 0 1/4 mi.
● Denotes pickup point
■ Depot location



Cross-Docking



© Chris Caplice, MIT



Plant A

Customer B

- Vehicle Routing
  - Key drivers:
    - Number/Density of stops
    - Vehicle Capacity
    - Time
  - Origin or Destination
    - One to Many
    - Many to One
    - Interleavened

Customer D

Customer C

© Chris Caplice, MIT