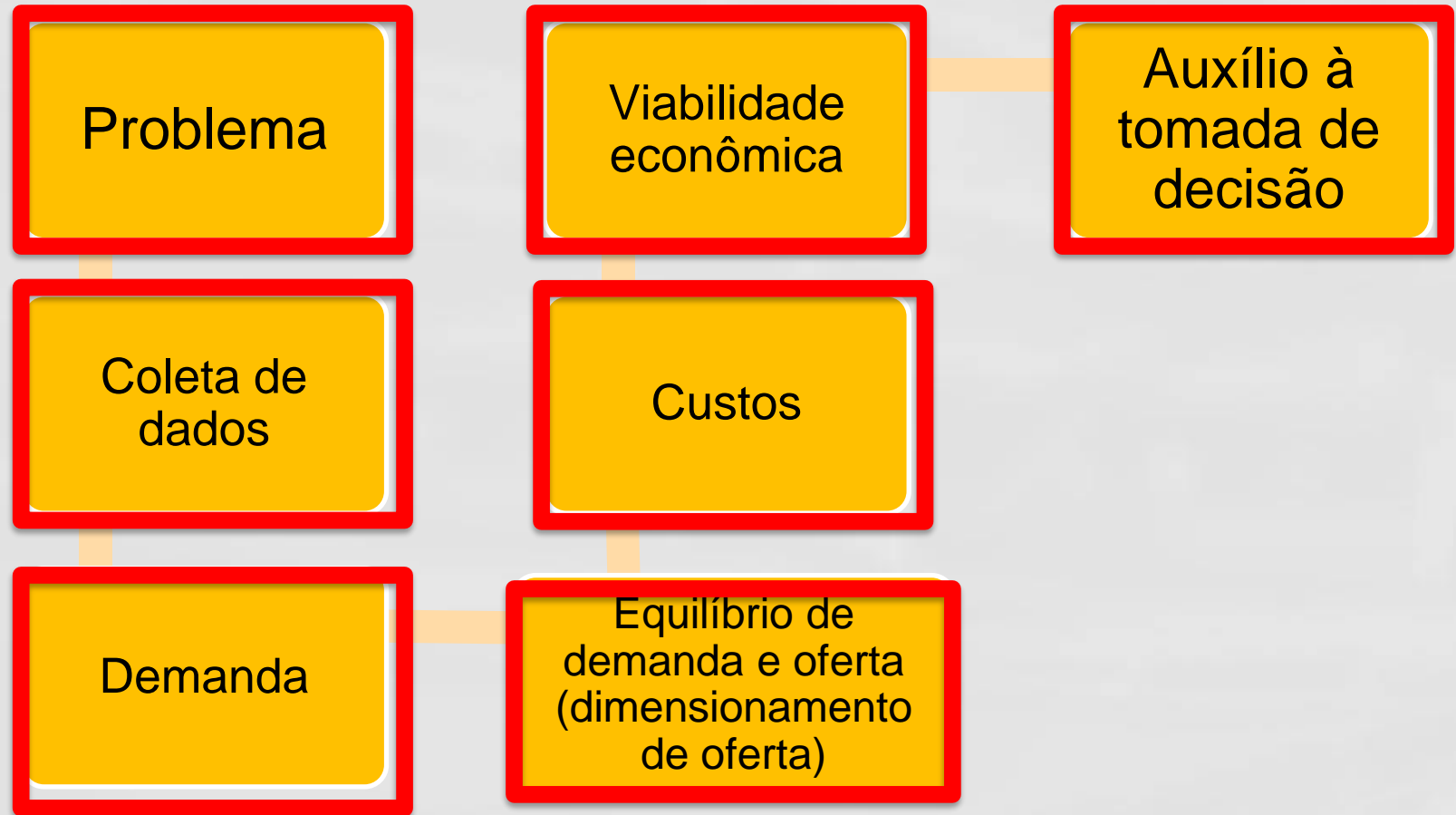


UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES
STT405 - PLANEJAMENTO E ANÁLISE DE SISTEMAS DE
TRANSPORTES

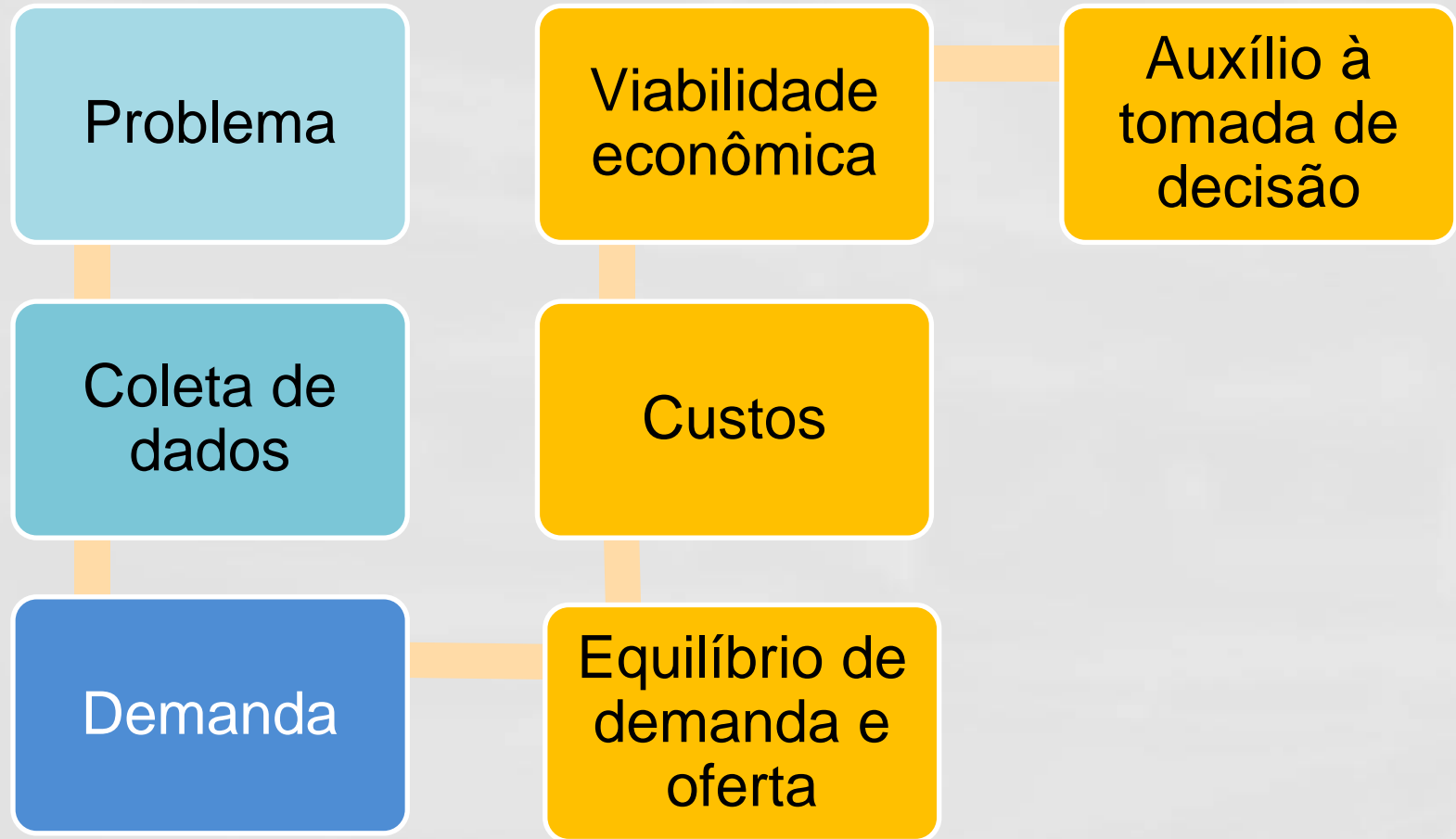
Aula: Modelos Diretos

Docente: Cira Souza Pitombo

O QUE VIMOS ATÉ AQUI....



O QUE VIMOS ATÉ AQUI....



O QUE VOCÊ
PRECISA
SABER.....



DEMANDA POR TRANSPORTES

É o desejo de
uma pessoa (ou grupo de pessoas)
de locomover alguma coisa
(a si próprio, outras pessoas ou cargas),
de um lugar para outro.



DEMANDA POR TRANSPORTES



USUÁRIOS DE TREM

DEMANDA POR TRANSPORTES



QUANTIDADE DE VEÍCULOS

DEMANDA POR TRANSPORTES



QUANTIDADE DE PASSAGEIROS

DEMANDA POR TRANSPORTES



QUANTIDADE DE USUÁRIOS

O QUE VOCÊ
PRECISA
SABER.....



MODELOS DE DEMANDA POR TRANSPORTES

Objetivo é conhecer o volume de viagens que ocorre entre regiões, por determinado motivo e modo de viagem.



O QUE VOCÊ
PRECISA
SABER.....



MODELOS DE DEMANDA POR TRANSPORTES

MODELOS DE DEMANDA POR TRANSPORTES

**MEDIDAS DE
DEMANDA POR
TRANSPORTES
(VOLUME DE
TRÁFEGO)**



**VARIÁVEIS
SOCIOECONÔMICAS,
CARACTERÍSTICAS
DOS SISTEMAS DE
TRANSPORTES**



MODELOS DE DEMANDA POR TRANSPORTES

Para que modelar a demanda?

Não é mais fácil contar o volume de tráfego nas ruas ou nas estradas?



MODELOS DE DEMANDA POR TRANSPORTES

São funções matemáticas que associam a demanda por transportes (variável dependente) a características Sociodemográficas, da Viagem e do Sistema de transportes (variáveis independentes)

A sua calibração propicia o conhecimento da demanda numa data futura



HORA DE
TRABALHAR.....



EXERCÍCIO 1

Considere os exemplos de modelos a seguir:

$$Q_{ijm}^n = \alpha \cdot X_1^\beta \cdot X_2^\gamma \cdot X_3^\delta \cdot X_4^\varepsilon \cdot \dots$$

$$Q_{ijm}^n = \alpha + \beta \cdot X_1 + \gamma \cdot X_2 + \delta \cdot X_3 + \varepsilon \cdot X_4 + \dots$$

$$Q_{ijm}^n = \alpha \cdot X_1^\beta \cdot X_2^\gamma \cdot \dots \cdot X_n^\eta \cdot e^{\theta_0 + \theta_1 \cdot X_p + \theta_2 \cdot X_q + \dots}$$

Onde:

Q_{ijm}^n : é o volume de usuários que vão de i a j , por motivo n , usando o modo m

X_i : são as variáveis do modelo

As letras gregas são os parâmetros do modelo

EXERCÍCIO 1

Na calibração deste modelo, sendo X_1 a *População em i* e X_2 o *Custo da viagem* pelo modo m de i a j , quais os sinais esperados para os parâmetros β e γ , respectivamente?

$$Q_{ijm}^n = \alpha \cdot X_1^\beta \cdot X_2^\gamma \cdot X_3^\delta \cdot X_4^\varepsilon \cdot \dots$$

$$Q_{ijm}^n = \alpha + \beta \cdot X_1 + \gamma \cdot X_2 + \delta \cdot X_3 + \varepsilon \cdot X_4 + \dots$$

$$Q_{ijm}^n = \alpha \cdot X_1^\beta \cdot X_2^\gamma \cdot \dots \cdot X_n^\eta \cdot e^{\theta_0 + \theta_1 \cdot X_p + \theta_2 \cdot X_q + \dots}$$

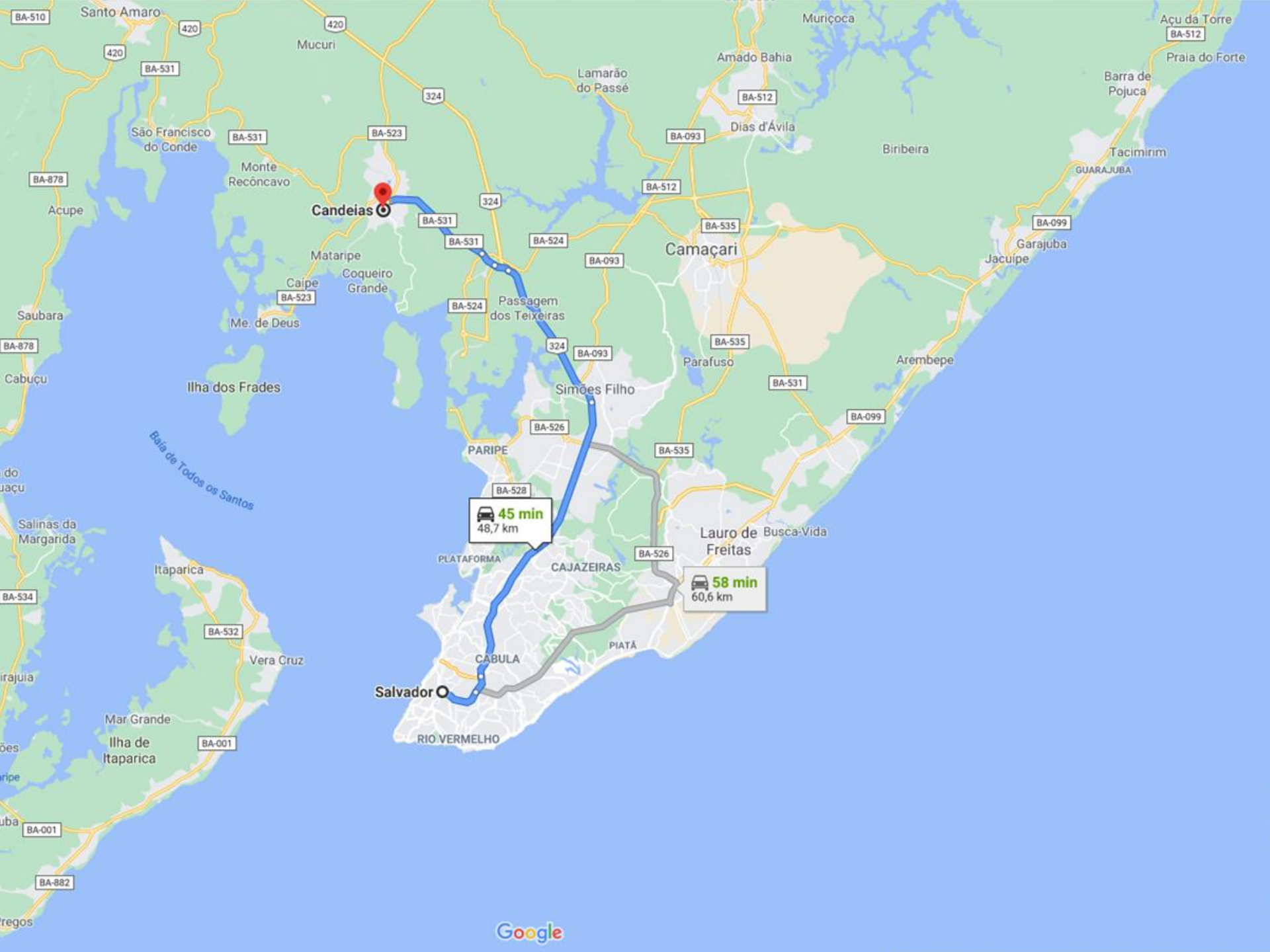
EXERCÍCIO 1

a) Negativo e Negativo

b) Positivo e Negativo

c) Positivo e Positivo

d) Negativo e Positivo



Candeias

Camaçari

Salvador

45 min
48,7 km

58 min
60,6 km

EXERCÍCIO 2

O modelo a seguir foi calibrado para estimar a quantidade de viagens entre *Salvador* e *Candeias* pelo modo *trem* e motivo *trabalho*

$$V_{\substack{\text{Trem} - \text{Trabalho} \\ \text{Salvador} - \text{Candeias}}} = 997 - 0,8 \text{ População}_{\text{Salvador}} - 74. \text{Tarifa}_{\text{trem}} + 82. \text{Tarifa}_{\text{ônibus}}$$

EXERCÍCIO 2

<https://forms.gle/ZbjpzMD6JGCaqELz5>

$$V_{\text{Trem - Trabalho Salvador - Candeias}} = 997 \boxed{- 0,8} \text{População}_{\text{Salvador}} - 74. \text{Tarifa}_{\text{trem}} + 82. \text{Tarifa}_{\text{ônibus}}$$

QUAL PARÂMETRO ESTIMADO
NÃO PARECE CORRETO?

EXERCÍCIO 3

<https://forms.gle/pfR1Y94rSjCnrBCj8>

OBSERVE O MODELO A SEGUIR:

$$D_{\text{auto}} = 8,18 \cdot 10^{-9} \cdot H_{\text{SC}}^{0.8} \cdot E_{\text{AR}}^{1.0} \cdot R_{\text{SC}}^{1.5} \cdot P_a^{-0.9} \cdot P_b^{0.5} \cdot P_t^{0.05} \cdot T_a^{-0.7} \cdot T_b^{0.2} \cdot T_t^{0.03} \cdot C_a^{0.9} \cdot C_b^{-0.1} \cdot C_t^{-0.01}$$

Onde:

D - demanda diária de viagens por automóvel com motivo trabalho entre São Carlos e Araraquara

H_{SC} - População de São Carlos

E_{AR} - Número de empregos em Araraquara

R_{SC} - Renda média (ou renda percapita) de São Carlos

P_a, P_b, P_t - Custo monetário da viagem em automóvel, ônibus e trem, respectivamente

T_a, T_b, T_t - Tempo de viagem em automóvel, ônibus e trem

C_a, C_b, C_t - Conforto em automóvel, ônibus e trem

EXERCÍCIO 3

<https://forms.gle/pfR1Y94rSjCnrBCj8>

OBSERVE O MODELO A SEGUIR:

$$D_{\text{auto}} = 8,18 \cdot 10^{-9} \cdot H_{\text{SC}}^{0.8} \cdot E_{\text{AR}}^{1.0} \cdot R_{\text{SC}}^{1.5} \cdot P_a^{-0.9} \cdot P_b^{0.5} \cdot P_t^{0.05} \cdot T_a^{-0.7} \cdot T_b^{0.2} \cdot T_t^{0.03} \cdot C_a^{0.9} \cdot C_b^{-0.1} \cdot C_t^{-0.01}$$

Você consegue detectar algum problema nesse modelo?

- a) Sim, com o parâmetro associado ao Conforto do trem C_t
- b) Sim, com o parâmetro associado à População de São Carlos H_{sc}
- c) Sim, com o parâmetro associado ao tempo de viagem por Automóvel T_a
- d) Não, o modelo parece correto

EXERCÍCIO 4

QUAIS ASPECTOS DA DEMANDA
SÃO REPRESENTADOS NOS TRÊS
EXEMPLOS DE MODELOS
APRESENTADOS?

EXERCÍCIO 4

QUAIS ASPECTOS DA DEMANDA SÃO REPRESENTADOS NOS TRÊS EXEMPLOS DE MODELOS APRESENTADOS?

a) Rotas

b) Horários do dia

c) Motivo de viagem e modo de transporte

d) Origem, destino, motivo de viagem e modo de transporte

MODELOS DE DEMANDA POR TRANSPORTES

Modelos diretos ou simultâneos

Procuram representar a demanda por um dado modo e motivo de viagem, entre um determinado par de origem e destino.

MODELOS DE DEMANDA POR TRANSPORTES



MOTIVO
MODO
ORIGEM
DESTINO

MODELOS SIMULTÂNEOS DE DEMANDA POR TRANSPORTES



ORIGEM: SÃO CARLOS

MODELOS SIMULTÂNEOS DE DEMANDA POR TRANSPORTES



DESTINO: SALVADOR

MODELOS SIMULTÂNEOS DE DEMANDA POR TRANSPORTES



MOTIVO: LAZER

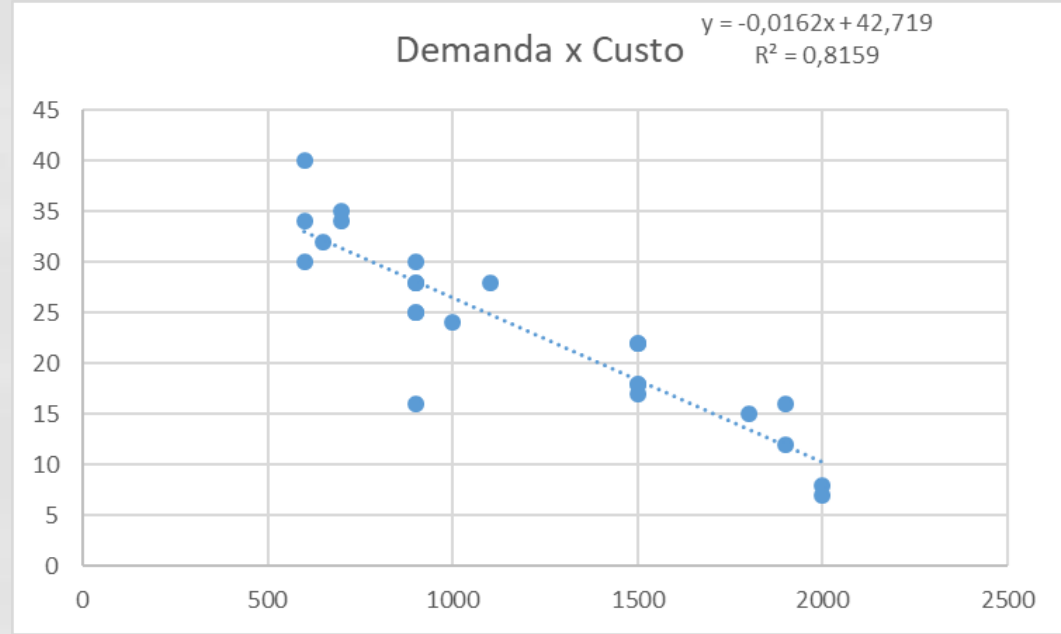
MODELOS SIMULTÂNEOS DE DEMANDA POR TRANSPORTES



MODO: AVIÃO

MODELOS SIMULTÂNEOS DE DEMANDA POR TRANSPORTES

Turma	Quantidade	Preço
2014	17	1500
2014	24	1000
2014	28	900
2014	32	650
2015	15	1800
2015	28	1100
2015	30	900
2015	34	700
2016	8	2000
2016	22	1500
2016	25	900
2016	35	700
2017	7	2000
2017	18	1500
2017	25	900
2017	30	600
2018	12	1900
2018	18	1500
2018	16	900
2018	34	600
2019	16	1900
2019	22	1500
2019	28	900
2019	40	600



MODELOS SIMULTÂNEOS DE DEMANDA POR TRANSPORTES

$$\begin{aligned} \text{Demanda}_{SC_SSA-LAZER}^{AVIÃO} &= 25,30 \\ &+ 0,48 * \text{Tamanho da Turma} - \\ &0,02 * \text{Preço} \end{aligned}$$

Turma	Tamanho da turma	Preço	Quantidade
2014	38	1500	17
2014	38	1000	24
2014	38	900	28
2014	38	650	32
2015	35	1800	15
2015	35	1100	28
2015	35	900	30
2015	35	700	34
2016	37	2000	8
2016	37	1500	22
2016	37	900	25
2016	37	700	35
2017	30	2000	7
2017	30	1500	18
2017	30	900	25
2017	30	600	30
2018	35	1900	12
2018	35	1500	18
2018	35	900	16
2018	35	600	34
2019	40	1900	16
2019	40	1500	22
2019	40	900	28
2019	40	600	40

COMO POSSO
PREVER AS
VIAGENS PARA A
TURMA STT405
(2020)?

MODELOS SIMULTÂNEOS DE DEMANDA POR TRANSPORTES

$$Demanda_{SC_SSA-LAZER}^{AVIÃO} = 25,30 + 0,48 * \text{Tamanho da Turma} - 0,02 * \text{Preço}$$

Demanda Estimada	Tamanho da Turma	Preço
13,62	59	2000

MODELOS SIMULTÂNEOS DE DEMANDA POR TRANSPORTES

$$Demanda_{SC_SSA-LAZER}^{AVIÃO} = 25,30 + 0,48 * \text{Tamanho da Turma} - 0,02 * \text{Preço}$$

Demanda Estimada	Tamanho da Turma	Preço
13,62	59	2000
33,62	59	1000

MODELOS SIMULTÂNEOS DE DEMANDA POR TRANSPORTES

$$Demanda_{SC_SSA-LAZER}^{AVIÃO} = 25,30 + 0,48 * \text{Tamanho da Turma} - 0,02 * \text{Preço}$$

Demanda Estimada	Tamanho da Turma	Preço
13,62	59	2000
33,62	59	1000
37,62	59	800

MODELOS SIMULTÂNEOS DE DEMANDA POR TRANSPORTES

$$Demanda_{SC_SSA-LAZER}^{AVIÃO} = 25,30 + 0,48 * \text{Tamanho da Turma} - 0,02 * \text{Preço}$$

Demanda Estimada	Tamanho da Turma	Preço
13,62	59	2000
33,62	59	1000
37,62	59	800
43,62	59	500

COMO POSSO
PREVER AS
VIAGENS PARA A
TURMA STT405
(2023)?

EXERCÍCIO 5 (FORMULÁRIO 5)

<https://forms.gle/FNvbSZn5kXnT33vy9>

Em quais situações você faria uma viagem com motivo lazer, modo avião, origem São Carlos e Destino Salvador?

Para um custo equivalente a R\$2000

- A) Sim
- B) Não

Para um custo equivalente a R\$1000

- A) Sim
- B) Não

Para um custo equivalente a R\$800

- A) Sim
- B) Não

Para um custo equivalente a R\$500

- A) Sim
- B) Não

OBSERVADOS 2023

QUANTIDADE	PREÇO
5	2000
35	1000
44	800
44	500

PREVISÃO 2023

Demanda	Tamanho da turma	Preço
11,7	55	2000
31,7	55	1000
35,7	55	800
41,7	55	500

COMPARANDO

QUANTIDADE
5
35
44
44

Demanda
11,7
31,7
35,7
41,7

NOVA EQUAÇÃO PARA 2023

RESUMO DOS RESULTADOS

Estatística de regressão

R múltiplo	0,981647574
R-Quadrado	0,96363196
R-quadrado ajustado	0,945447939
Erro padrão	4,319352351
Observações	4

ANOVA

	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	1	988,6863905	988,6863905	52,99333968	0,018352426
Resíduo	2	37,31360947	18,65680473		
Total	3	1026			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	<i>95% inferiores</i>	<i>95% superiores</i>	<i>Inferior 95,0%</i>	<i>Superior 95,0%</i>
Interseção	62,02366864	4,655563995	13,32248224	0,005586994	41,99239351	82,05494377	41,99239351	82,05494377
Preço	-0,027928994	0,003836583	-7,279652442	0,018352426	-0,04443648	-0,011421508	-0,04443648	-0,011421508

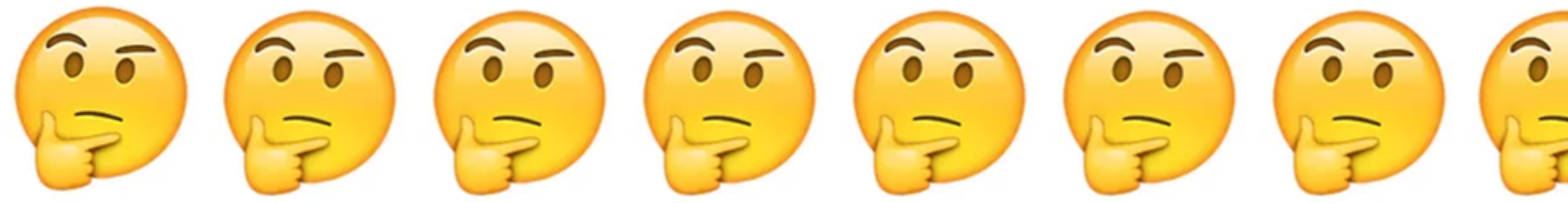
DESAFIO: CALCULE A
ELASTICIDADE PARA
FUNÇÃO LINEAR
(DEMANDA X PREÇO)

MODELOS SIMULTÂNEOS DE DEMANDA POR TRANSPORTES

Qual a razão dos modelos diretos “perderem” sua utilidade para casos de estimativas de viagens urbanas?????



O QUE VOCÊ
PRECISA
SABER.....



QUAL A RAZÃO PARA OS
MODELOS DIRETOS NÃO SEREM
UTILIZADOS PARA O CASO DE
VIAGENS NO MEIO URBANO?



QUAL A RAZÃO PARA OS MODELOS DIRETOS NÃO SEREM UTILIZADOS PARA O CASO DE VIAGENS NO MEIO URBANO?

Há uma combinação grande de
origens, destinos, motivos e modos



O QUE VOCÊ
PRECISA
SABER.....



O QUE SÃO MODELOS SEQUENCIAIS?



O QUE SAO MODELOS SEQUENCIAIS?

Servem para prever a demanda por transportes através da aplicação sequencial de 4 etapas



O QUE VOCÊ
PRECISA
SABER.....



QUAIS AS ETAPAS DOS MODELOS SEQUENCIAIS?



MODELOS SEQUENCIAIS

GERAÇÃO DE VIAGENS



DISTRIBUIÇÃO DE VIAGENS



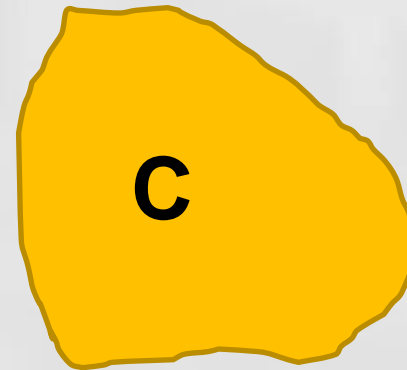
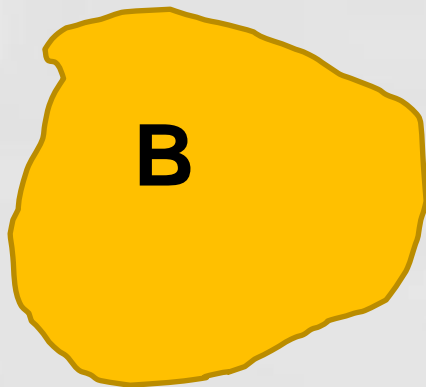
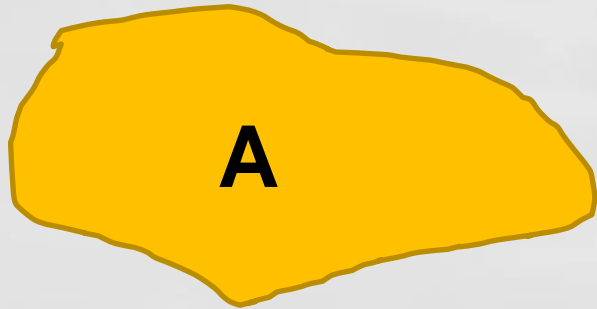
ESCOLHA MODAL



ALOCAÇÃO DE TRÁFEGO



MODELOS SEQUENCIAIS



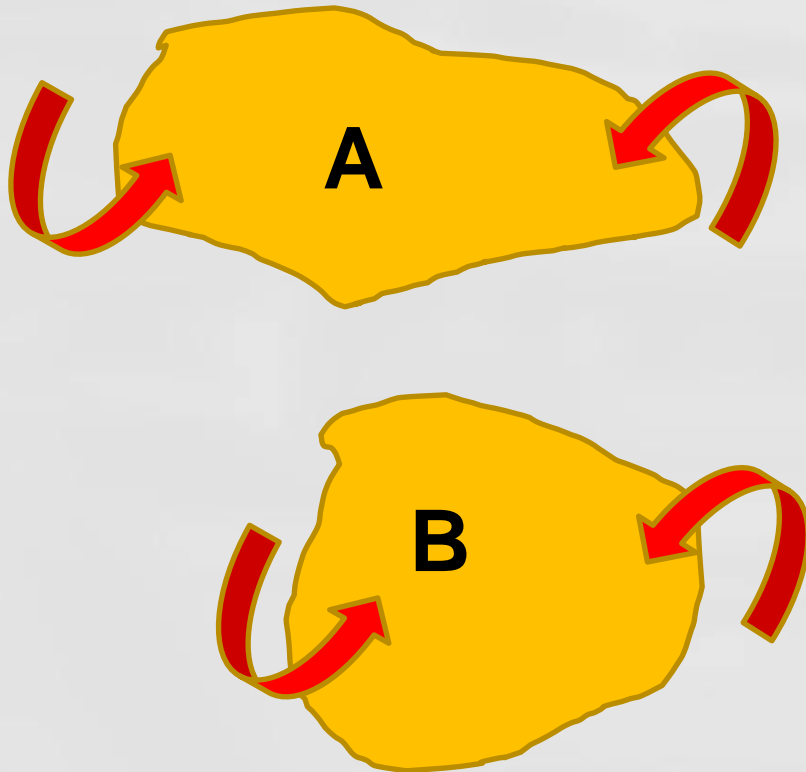
MODELOS SEQUENCIAIS

GERAÇÃO DE VIAGENS

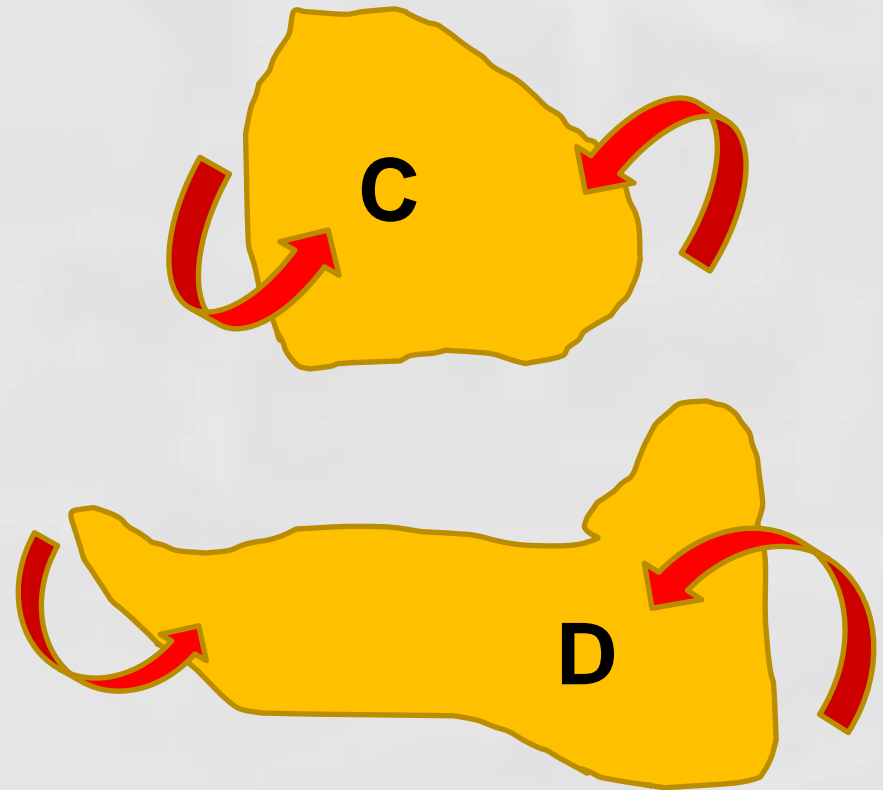


MODELOS SEQUENCIAIS

Geração de viagens



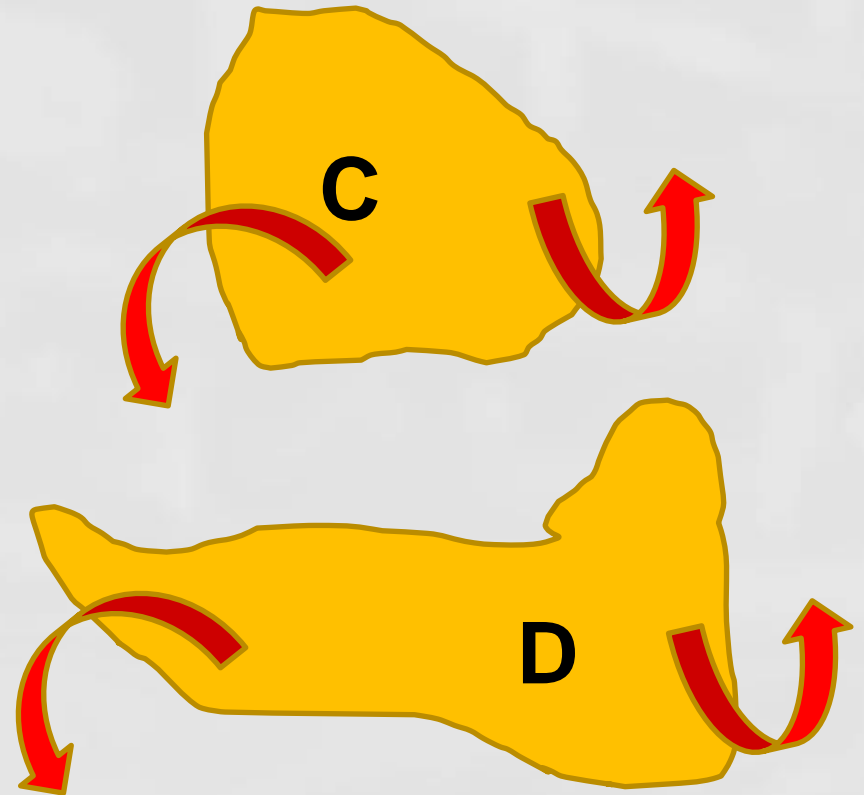
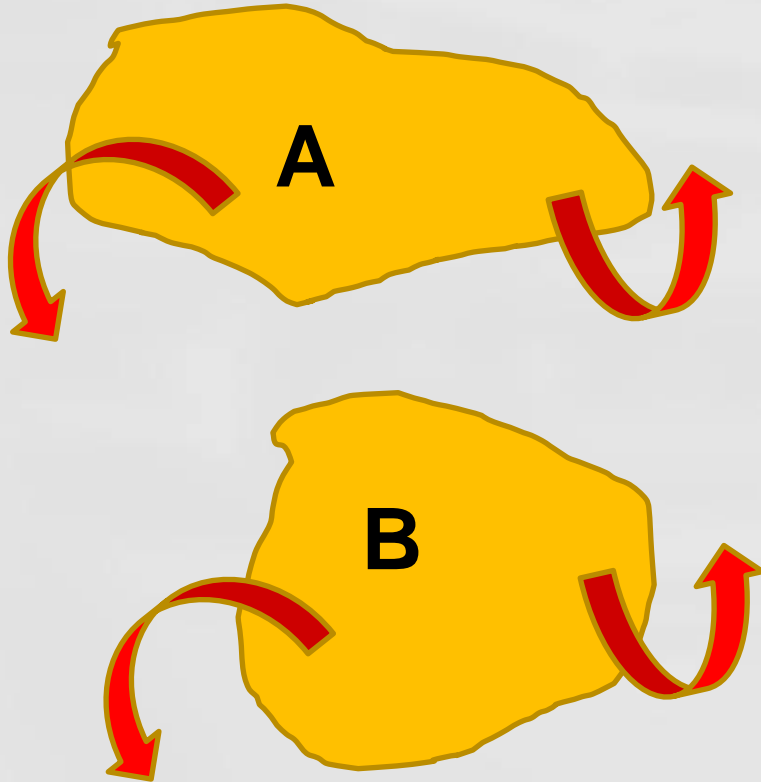
Viagens atraídas



MODELOS SEQUENCIAIS

Geração de viagens

Viagens produzidas



MODELOS SEQUENCIAIS

Viagens produzidas

$$PROD = 0.9 POP + 0.8AUTO$$

Viagens atraídas

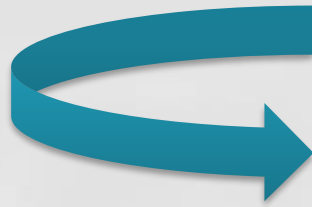
$$ATRA = 0.87 EMP + 0.4LINHAS DE TP$$

MODELOS SEQUENCIAIS

O/D	A	B	C	D	TOTAL
A	x	y	z	w	PROD A
B	k	l	m	n	PROD B
C	i	j	g	t	PROD C
D	n	o	p	r	PROD D
TOTAL	ATRA A	ATRA B	ATRA C	ATRAD	

MODELOS SEQUENCIAIS

O/D	A	B	C	D	TOTAL
A	x	y	z	w	PRODA
B	k	l	m	n	PRODB
C	i	j	g	t	PRODC
D	n	o	p	r	PRODD
TOTAL	ATRA A	ATRA B	ATRA C	ATRA D	



O/D	A	B	C	D	TOTAL
A	X'	Y'	Z'	W'	PRODA'
B	K'	L'	M'	N'	PRODB'
C	i'	J'	G'	T'	PRODC'
D	N'	O'	P'	R'	PRODD'
TOTAL	ATRA A'	ATRA B'	ATRA C'	ATRA D'	

MODELOS SEQUENCIAIS

O/D	A	B	C	D	TOTAL
A	x	y	z	w	PROD A
B	k	l	m	n	PROD B
C	i	j	g	t	PROD C
D	n	o	p	r	PROD D
TOTAL	ATRA A	ATRA B	ATRA C	ATRAD	

MODELOS SEQUENCIAIS

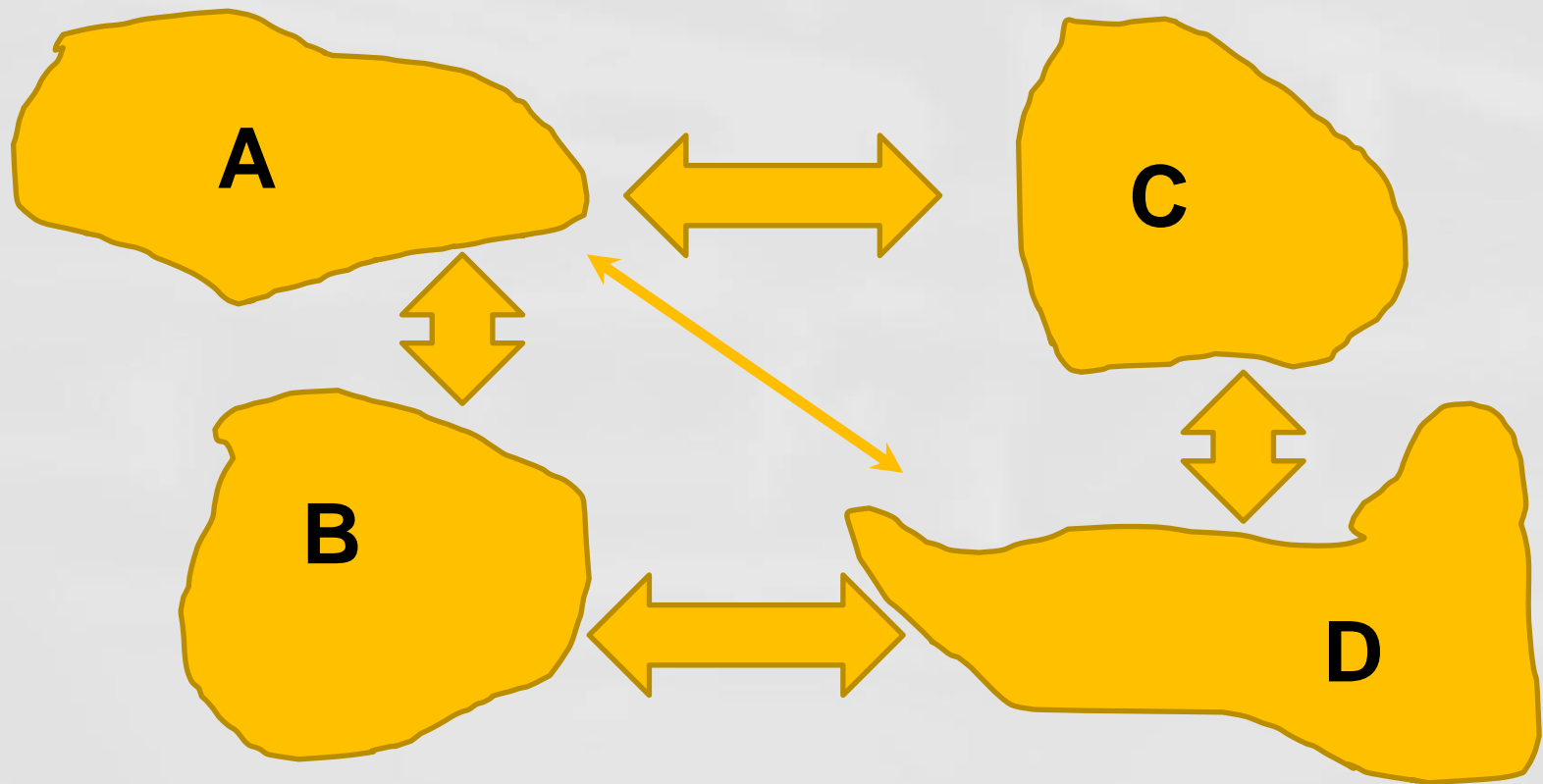
O/D	A	B	C	D	TOTAL	
A	x	y	z	w	PROD A	PROD A'
B	k	l	m	n	PROD B	PRODB'
C	i	j	g	t	PROD C	PROD C'
D	n	o	p	r	PROD D	PROD D'
TOTAL	ATRA A	ATRA B	ATRA C	ATRAD		
	ATRA A'	ATRA B'	ATRA C'	ATRA D'		

MODELOS SEQUENCIAIS

DISTRIBUIÇÃO DE VIAGENS



MODELOS SEQUENCIAIS



MODELOS SEQUENCIAIS

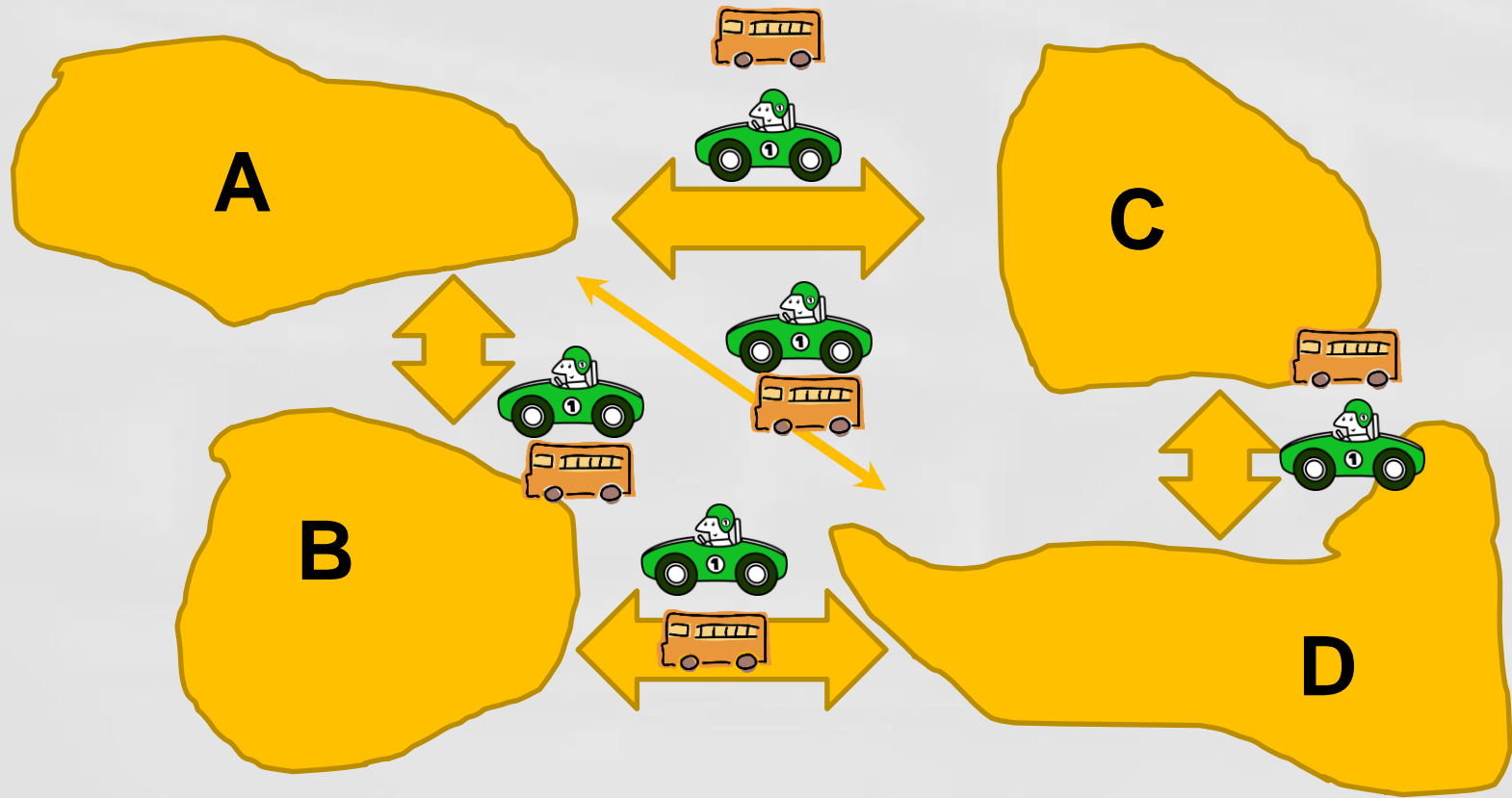
O/D	A	B	C	D	TOTAL	Prod´
A					PROD A	Prod´A
B					PROD B	Prod´B
C					PROD C	Prod´C
D					PROD D	Prod´D
TOTAL	ATRA A	ATRA B	ATRA C	ATRAD		
Atra´	Atra´A	Atra´B	Atra´C	Atra´D		

MODELOS SEQUENCIAIS



ESCOLHA MODAL



MODELOS SEQUENCIAIS



MODELOS SEQUENCIAIS

O/D	A	B	C	D	TOTAL	Prod´
A	 %  %				PROD A	Prod´A
B					PROD B	Prod´B
C					PROD C	Prod´ C
D					PROD D	Prod´D
TOTAL	ATRA A	ATRA B	ATRA C	ATRAD		
Atra´	Atra´A	Atra´B	Atra´C	Atra´D		

MODELOS SEQUENCIAIS

ALOCAÇÃO DE TRÁFEGO



MODELOS SEQUENCIAIS

