

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE
TRANSPORTES

STT405 - PLANEJAMENTO E ANÁLISE DE SISTEMAS DE TRANSPORTES

DISTRIBUIÇÃO DE VIAGENS

Cira Pitombo / Samuel Marques

RECAPITULANDO....

Jogo 1

<https://kahoot.it/>

RECAPITULANDO

Formulário 1

<https://forms.gle/GjGavU2K2ycuFrTY8>

Quais as etapas da geração de viagens até chegarmos nos valores corrigidos de atração e produção de viagens futuras?

Ordene as etapas a seguir, realizadas para estimar geração de viagens para data futura (Escreva os números de 1 a 6)

Ordene as etapas a seguir, realizadas para estimar geração de viagens para data futura (Escreva os números de 1 a 6)

- Projeção das variáveis explicativas (futuras)
- Ajuste de modelos a partir de banco de dados na data presente (variáveis explicativas e variável dependente)
 - Substituição das variáveis explicativas futuras nos modelos ajustados
 - Correções dos totais
 - Avaliação da qualidade dos modelos e significância dos parâmetros
 - Cálculo das produção e atração de viagens futuras

Ordene as etapas a seguir, realizadas para estimar geração de viagens para data futura (Escreva os números de 1 a 6)

- Projeção das variáveis explicativas (futuras)
- Ajuste de modelos a partir de banco de dados na data presente (variáveis explicativas e variável dependente)
- Substituição das variáveis explicativas futuras nos modelos ajustados
- Correções dos totais
- Avaliação da qualidade dos modelos e significância dos parâmetros
- Cálculo das produção e atração de viagens futuras

Ordene as etapas a seguir, realizadas para estimar geração de viagens para data futura (Escreva os números de 1 a 6)

- Projeção das variáveis explicativas (futuras)
- Ajuste de modelos a partir de banco de dados na data presente (variáveis explicativas e variável dependente)
- Substituição das variáveis explicativas futuras nos modelos ajustados
- Correções dos totais
- Avaliação da qualidade dos modelos e significância dos parâmetros
- Cálculo das produção e atração de viagens futuras

Ordene as etapas a seguir, realizadas para estimar geração de viagens para data futura (Escreva os números de 1 a 6)

- Projeção das variáveis explicativas (futuras)
- Ajuste de modelos a partir de banco de dados na data presente (variáveis explicativas e variável dependente)
- Substituição das variáveis explicativas futuras nos modelos ajustados
- Correções dos totais
- Avaliação da qualidade dos modelos e significância dos parâmetros
- Cálculo das produção e atração de viagens futuras

Ordene as etapas a seguir, realizadas para estimar geração de viagens para data futura (Escreva os números de 1 a 6)

- Projeção das variáveis explicativas (futuras)
- Ajuste de modelos a partir de banco de dados na data presente (variáveis explicativas e variável dependente)
- Substituição das variáveis explicativas futuras nos modelos ajustados
- Correções dos totais
- Avaliação da qualidade dos modelos e significância dos parâmetros
- Cálculo das produção e atração de viagens futuras

Ordene as etapas a seguir, realizadas para estimar geração de viagens para data futura (Escreva os números de 1 a 6)

- Projeção das variáveis explicativas (futuras)
- Ajuste de modelos a partir de banco de dados na data presente (variáveis explicativas e variável dependente)
- Substituição das variáveis explicativas futuras nos modelos ajustados
- Correções dos totais
- Avaliação da qualidade dos modelos e significância dos parâmetros
- Cálculo das produção e atração de viagens futuras

Ordene as etapas a seguir, realizadas para estimar geração de viagens para data futura (Escreva os números de 1 a 6)

- Projeção das variáveis explicativas (futuras)
- Ajuste de modelos a partir de banco de dados na data presente (variáveis explicativas e variável dependente)
- Substituição das variáveis explicativas futuras nos modelos ajustados
- Correções dos totais
- Avaliação da qualidade dos modelos e significância dos parâmetros
- Cálculo das produção e atração de viagens futuras

Ajuste de modelos a partir de banco de dados na data presente (variáveis explicativas e variável dependente);

Avaliação da qualidade dos modelos e significância dos parâmetros estimados;

Projeção das variáveis explicativas (futuras);

Substituição das variáveis explicativas futuras nos modelos ajustados;

Cálculo das produção e atração de viagens futuras;

Correções dos totais.

NA AULA DE HOJE...

**Modelos de Distribuição
de viagens**

RELEMBRANDO 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	

Viagens produzidas

$$PROD_i = 0.9POP_i + 0.8AUTO_i$$

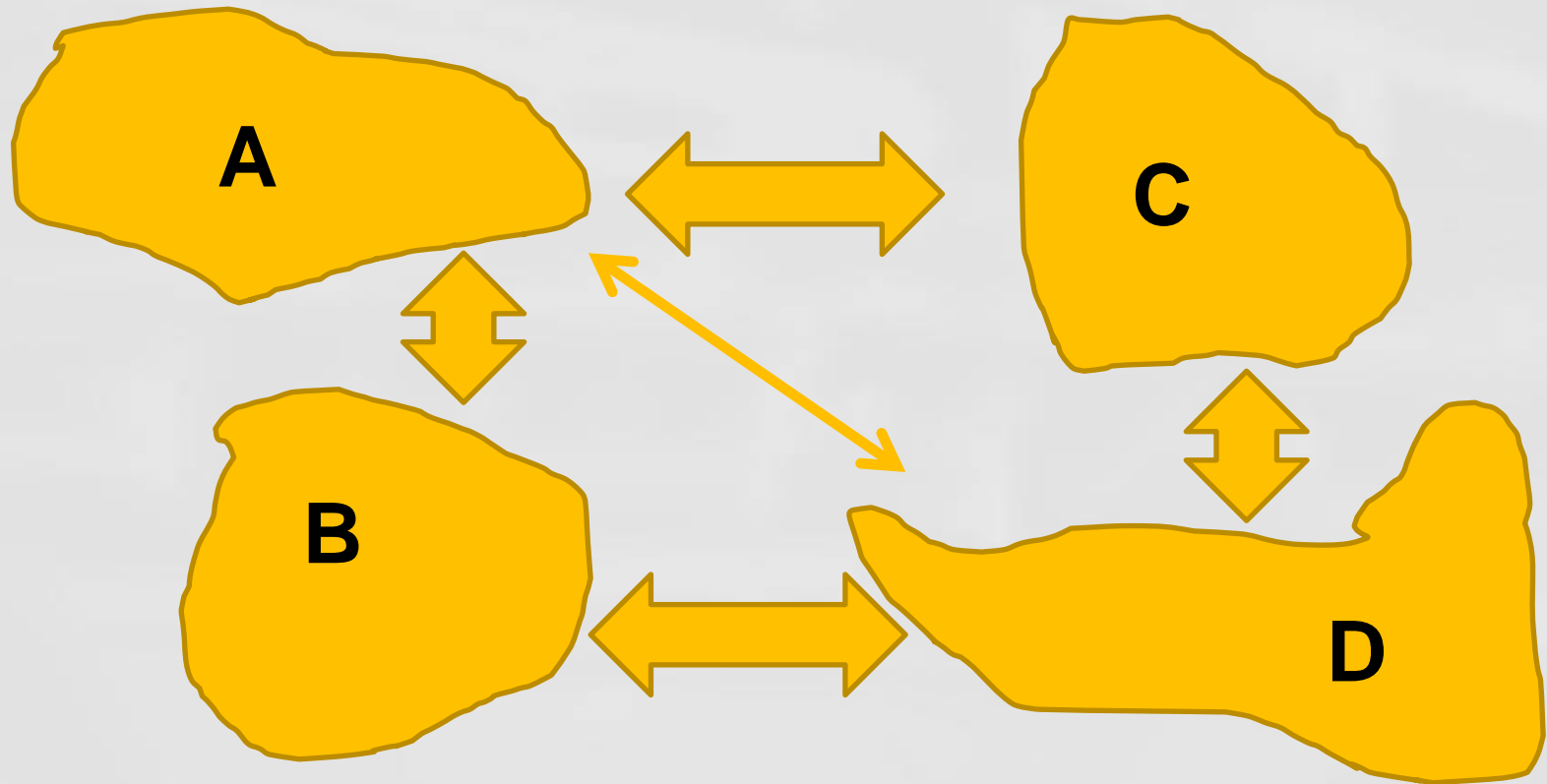
Viagens atraídas

$$ATRA_j = 0.87EMP_j + 0.4LINHAS\ DE\ TP_j$$

RELEMBRANDO 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'		

DISTRIBUIÇÃO DE VIAGENS



DISTRIBUIÇÃO DE VIAGENS

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		

DISTRIBUIÇÃO DE VIAGENS

GERAÇÃO DE VIAGENS

Número total de viagens produzidas e atraídas em uma dada zona de tráfego

DISTRIBUIÇÃO DE VIAGENS

De onde e para onde os indivíduos estão viajando??????

DEFINIÇÕES E NOTAÇÕES

	1	2	3	j	$\sum_i T_{ij}$
1	T_{11}	T_{12}	T_{13}	T_{1j}	O_1
2	T_{21}	T_{22}	T_{23}	T_{2j}	O_2
3	T_{31}	T_{32}	T_{33}	T_{3j}	O_3
i	T_{i1}	T_{i2}	T_{i3}	T_{ij}	O_i
$\sum_j T_{ij}$	D_1	D_2	D_3	D_j	$\sum_{ij} T_{ij} = T$

T_{ij} = número de viagens entre origem i e destino j

T= total de viagens

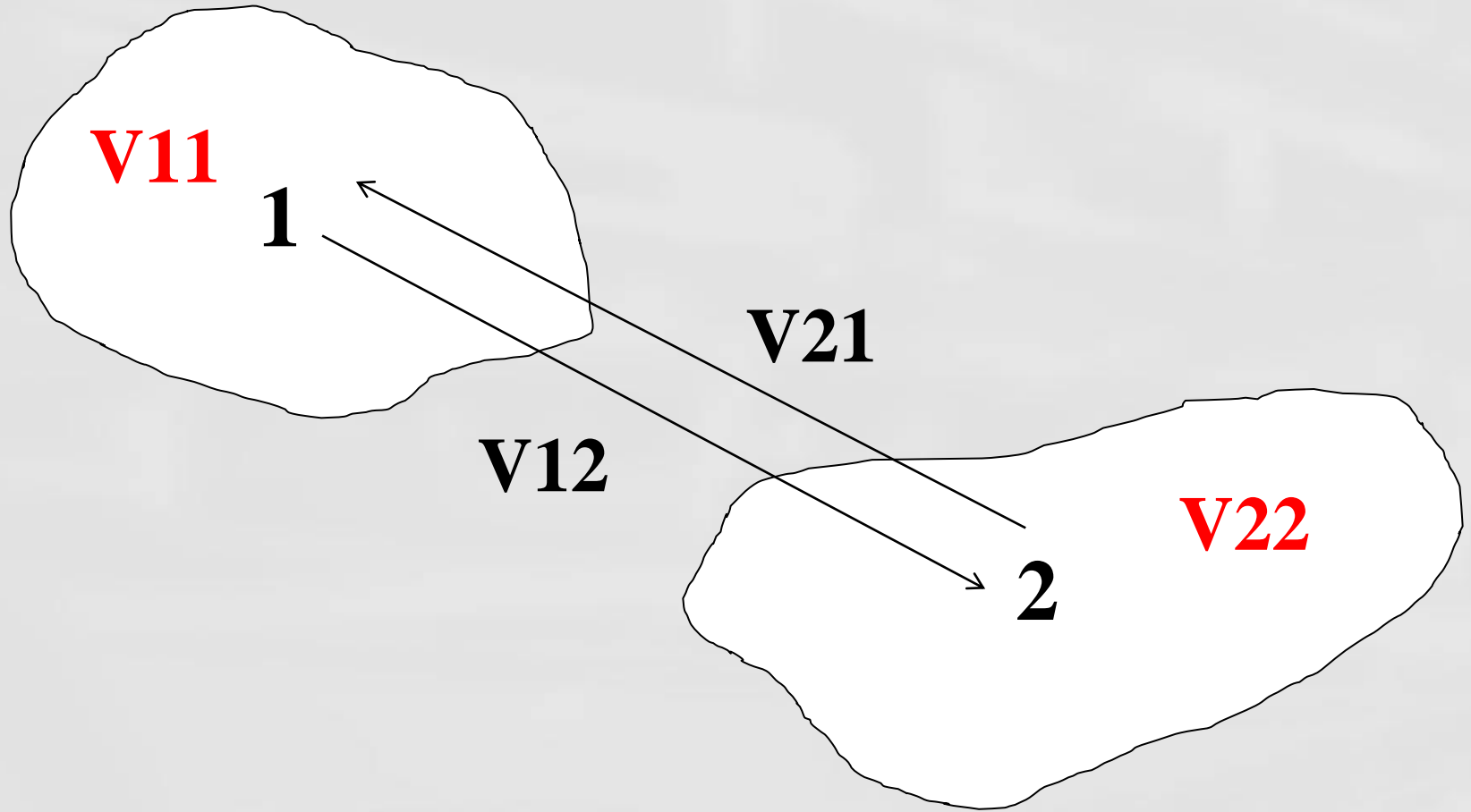
O_i = Número de viagens com origem em i

D_j = Número de viagens com destino em j

$$\sum_i T_{ij} = O_i$$

$$\sum_j T_{ij} = D_j$$

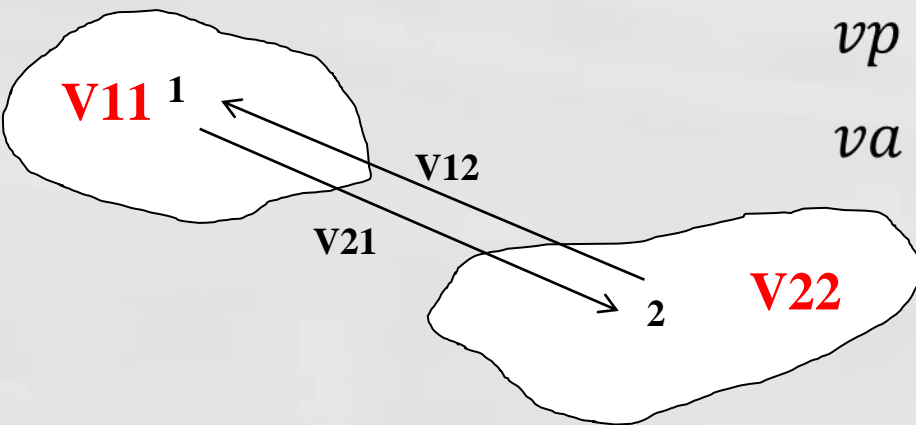
MODELOS DE FATOR DE CRESCIMENTO



MODELOS DE FATOR DE CRESCIMENTO

Formulário 2

<https://forms.gle/2wWeqi39b9zzeBNu5>



$$vp = 2Pop - 4$$

$$R^2 = 0,7$$

$$va = 1,5Emp - 1,5$$

$$R^2 = 0,68$$

Região	População	Empregos
1	4	5
2	5	3,65

Sabendo que o número de viagens intrazonais é sempre igual a “um” (total = 2). Determine a matriz OD para esta região

MODELOS DE FATOR DE CRESCIMENTO

Viagens intrazonais

$$vp = 2Pop - 4$$

$$va = 1,5Emp - 1,5$$

OD	1	2	PROD
1	1		
2		1	
ATRA			

Região	População	Empregos
1	4	5
2	5	3,65

MODELOS DE FATOR DE CRESCIMENTO

Viagens produzidas

$$vp = 2Pop - 4$$

$$vp_1 = (2 * 4) - 4$$

$$vp_1 = 4$$

$$vp_2 = (2 * 5) - 4$$

$$vp_2 = 6$$

OD	1	2	PROD
1	1		4
2		1	6
ATRA			

Região	População	Empregos
1	4	5
2	5	3,65

MODELOS DE FATOR DE CRESCIMENTO

Viagens atraídas

$$va = 1,5Emp - 1,5$$

$$va_1 = (1,5 * 5) - 1,5$$

$$va_1 = 6$$

$$va_2 = (1,5 * 3,65) - 1,5$$

$$va_2 = 4$$

OD	1	2	PROD
1	1		4
2		1	6
ATRA	6	4	10

Região	População	Empregos
1	4	5
2	5	3,65

MODELOS DE FATOR DE CRESCIMENTO

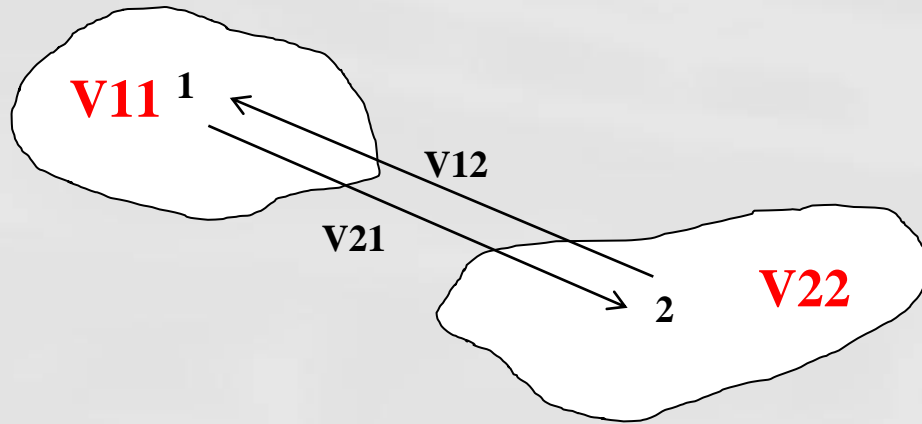
Matriz OD (presente)

OD	1	2	PROD
1	1	3	4
2	5	1	6
ATRA	6	4	10

MODELOS DE FATOR DE CRESCIMENTO

Formulário 3

<https://forms.gle/Vd7haBX5FcDrAqkVA>



OD	1	2	PROD
1	1	3	4
2	5	1	6
ATRA	6	4	10



19

Imagine que o crescimento das viagens futuras para toda a matriz seja **uniforme**. Determine a Matriz O/D futura, a partir da matriz presente calculada na 1ª questão, para um crescimento do total de viagens variando de 10 para 19.

MODELOS DE FATOR DE CRESCIMENTO

OD	1	2	PROD
1	1	3	4
2	5	1	6
ATRA	6	4	10

OD	1	2	PROD
1	1*1,9	3*1,9	4*1,9
2	5*1,9	1*1,9	6*1,9
ATRA	6*1,9	4*1,9	10*1,9

↙ **19**

$$f = \frac{19}{10} = 1,9$$

O/D	1	2	Prod
1	1,9	5,7	7,6
2	9,5	1,9	11,4
Atra	11,4	7,6	19

Fator de crescimento uniforme

MODELOS DE FATOR DE CRESCIMENTO

O/D	1	2	Prod
1	1	3	4
2	5	1	6
Atra	6	4	10

—————→ **9** **2,25**

—————→ **10** **1,66**

↓
10

↓
9

↓
19

1,66

2,25

MODELOS DE FATOR DE CRESCIMENTO

O/D	1	2	Prod	
1	1	3	4	→ 9 2,25
2	5	1	6	→ 10 1,66
Atra	6	4	10	
	↓ 1,66	↓ 2,25	↓	
	10	9	19	

O/D	1	2	Prod
1	$1 * ((1,66 + 2,25) / 2)$ 1,96	$3 * ((2,25 + 2,25) / 2)$ 6,75	8,71
2	$5 * ((1,66 + 1,66) / 2)$ 8,3	$1 * ((2,25 + 1,66) / 2)$ 1,96	10,26
Atra	10,26	8,71	18,97

Fator de crescimento médio

MODELOS DE FATOR DE CRESCIMENTO

Modelo de Fratar

Antigo (1954)

Ainda muito utilizado

Previsão do volume de viagens futuras entre pares de zonas

Multiplicação do volume atual pelo produto dos fatores de crescimento previstos para as duas zonas

Ajustamento para a atratividade relativa das outras zonas

FRATAR

$$Q_{ij}^t = Q_{ij}^0 \cdot F_i \cdot F_j \cdot L_i$$

Onde: Q_{ij}^0 = número de viagens atuais

Q_{ij}^t = número de viagens no ano t de i para j

F_i = fator de crescimento da zona de origem i

F_j = fator de crescimento da zona de destino j

L_i = fator de ajuste das origens

FRATAR

Exemplo de cálculo. Considere a seguinte matriz presente e os respectivos valores de atração e produção de viagens na data futura

O/D	1	2	Prod
1	1	3	4
2	5	1	6
Atra	6	4	10

ProdFutura 1 = 9, Prod Futura 2 = 10

AtraFutura 1 = 10, AtraFutura 2 = 9

FRATAR

Calcule os fatores de crescimento das zonas de origem e destinos F_i e F_j

$$F_i = \text{Prod Futura } i / \text{Prod Presente } i$$

$$F_j = \text{Atra Futura } j / \text{Atra Presente } j$$

Dessa forma, no nosso exemplo, teremos:

O/D	1	2	Prod		
1	1	3	4	→	9 2,25
2	5	1	6	→	10 1,66
Atra	6	4	10		

↓ **1,66**
10

↓ **2,25**
9

↓
19

Para as zonas de origem (i), temos:

$$F_{i1} = 2,25 \text{ e } F_{i2} = 1,66$$

Para as zonas de destino (j), temos:

$$F_{j1} = 1,66 \text{ e } F_{j2} = 2,25$$

FRATAR

Calcule agora o fator de ajuste das origens
Comece, na primeira iteração, pelo ajuste pelas linhas

$$L_i = \frac{\text{Produção Atual}}{(\text{Célula 1} \cdot F_{j_1} + \text{Célula 2} \cdot F_{j_2} + \dots + \text{Célula N} \cdot F_{j_N})}$$

O/D	1	2	Prod
1	1	3	4
2	5	1	6
Atra	6	4	10

↓ **1,66**
10

↓ **2,25**
9

↓
19

→ **9 2,25**
→ **10 1,66**

$$L_1 = 4 / [(1 \cdot 1,66) + (3 \cdot 2,25)] = 0,476$$

$$L_2 = 6 / [(5 \cdot 1,66) + (1 \cdot 2,25)] = 0,569$$

FRATAR

Finalmente, aplique

$$Q_{ij}^t = Q_{ij}^0 \cdot F_i \cdot F_j \cdot L_i$$

O/D	1	2	Prod
1	1	3	4
2	5	1	6
Atra	6	4	10

↓ **1,66**
10

↓ **2,25**
9

↓
19

→ **9 2,25**
→ **10 1,66**

$$L1 = 4 / [(1 * 1,66) + (3 * 2,25)] = 0,476$$

$$L2 = 6 / [(5 * 1,66) + (1 * 2,25)] = 0,569$$

O/D	1	2	Prod
1	1*2,25*1,66*0,476 1,77		

FRATAR

Finalmente, aplique

$$Q_{ij}^t = Q_{ij}^0 \cdot F_i \cdot F_j \cdot L_i$$

O/D	1	2	Prod
1	1	3	4
2	5	1	6
Atra	6	4	10

→ **9 2,25**
 → **10 1,66**

↓ **1,66**
10

↓ **2,25**
9

↓
19

$$L1 = 4 / [(1 * 1,66) + (3 * 2,25)] = 0,476$$

$$L2 = 6 / [(5 * 1,66) + (1 * 2,25)] = 0,569$$

O/D	1	2	Prod
1	1*2,25*1,66*0,476 1,77	3*2,25*2,25*0,476 7,23	

FRATAR

Finalmente, aplique

$$Q_{ij}^t = Q_{ij}^0 \cdot F_i \cdot F_j \cdot L_i$$

O/D	1	2	Prod
1	1	3	4
2	5	1	6
Atra	6	4	10

→ **9 2,25**
 → **10 1,66**

↓ **1,66**
10

↓ **2,25**
9

↓
19

$$L1 = 4 / [(1 * 1,66) + (3 * 2,25)] = 0,476$$

$$L2 = 6 / [(5 * 1,66) + (1 * 2,25)] = 0,569$$

O/D	1	2	Prod
1	1*2,25*1,66*0,476 1,77	3*2,25*2,25*0,476 7,23	9

FRATAR

Finalmente, aplique

$$Q_{ij}^t = Q_{ij}^0 \cdot F_i \cdot F_j \cdot L_i$$

O/D	1	2	Prod
1	1	3	4
2	5	1	6
Atra	6	4	10

→ **9 2,25**

→ **10 1,66**

↓ **1,66**
10

↓ **2,25**
9

↓
19

$$L1 = 4 / [(1 * 1,66) + (3 * 2,25)] = 0,476$$

$$L2 = 6 / [(5 * 1,66) + (1 * 2,25)] = 0,569$$

O/D	1	2	Prod
1	1*2,25*1,66*0,476 1,77	3*2,25*2,25*0,476 7,23	9
2	5*1,66*1,66*0,569 7,84		

FRATAR

Finalmente, aplique

$$Q_{ij}^t = Q_{ij}^0 \cdot F_i \cdot F_j \cdot L_i$$

O/D	1	2	Prod
1	1	3	4
2	5	1	6
Atra	6	4	10

→ **9 2,25**
 → **10 1,66**

↓ **1,66**
10

↓ **2,25**
9

↓
19

$$L1 = 4 / [(1 * 1,66) + (3 * 2,25)] = 0,476$$

$$L2 = 6 / [(5 * 1,66) + (1 * 2,25)] = 0,569$$

O/D	1	2	Prod
1	1*2,25*1,66*0,476 1,77	3*2,25*2,25*0,476 7,23	9
2	5*1,66*1,66*0,569 7,84	1*1,66*2,25*0,569 2,13	

FRATAR

Finalmente, aplique

$$Q_{ij}^t = Q_{ij}^0 \cdot F_i \cdot F_j \cdot L_i$$

O/D	1	2	Prod
1	1	3	4
2	5	1	6
Atra	6	4	10

→ **9 2,25**
 → **10 1,66**

↓ **1,66**
10

↓ **2,25**
9

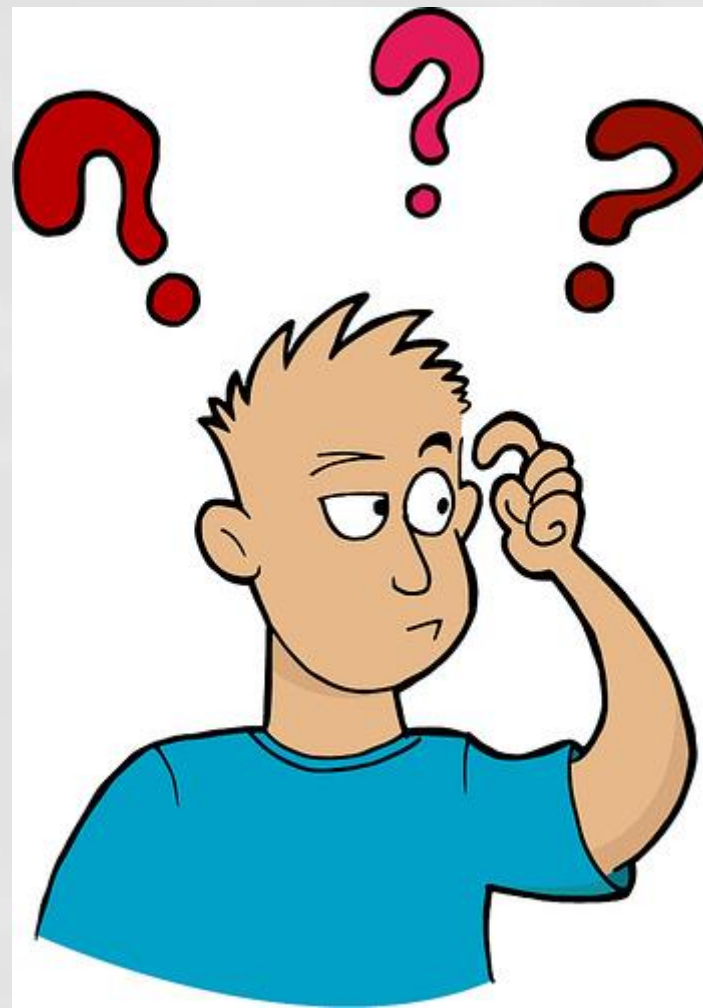
↓
19

$$L1 = 4 / [(1 * 1,66) + (3 * 2,25)] = 0,476$$

$$L2 = 6 / [(5 * 1,66) + (1 * 2,25)] = 0,569$$

O/D	1	2	Prod
1	1*2,25*1,66*0,476 1,77	3*2,25*2,25*0,476 7,23	9
2	5*1,66*1,66*0,569 7,84	1*1,66*2,25*0,569 2,13	9,97
Atra	9,61	9,36	18,97

1ª iteração



E a segunda iteração?

FRATAR

2ª iteração

Comece da nova Matriz, obtida da iteração anterior

O/D	1	2	Prod
1	1,77	7,23	9
2	7,84	2,13	9,97
Atra	9,61	9,36	18,97

Continue utilizando os valores de ProdFutura e AtraFutura, obtidos na etapa de Geração de Viagens

ProdFutura 1 = 9, Prod Futura 2 = 10

AtraFutura 1 = 10, AtraFutura 2 = 9

FRATAR

2ª iteração

Calcule os novos valores de Fatores de Crescimento das zonas de origem e destino F_i e

O/D	F_j		Prod
	1	2	
1	1,77	7,23	9
2	7,84	2,13	9,97
Atra	9,61	9,36	18,97

Para as zonas de origem, temos:

$$F_{i1} = 9/9 = 1 \text{ e } F_{i2} = 10/9,97 = 1,003$$

Para as zonas de destino, temos:

$$F_{j1} = 10/9,61 = 1,041 \text{ e } F_{j2} = 9/9,36 = 0,962$$

FRATAR

2ª iteração

Calcule agora os fatores de ajustes de colunas

$$C_j = \frac{\text{Atração Atual}}{(\text{Célula 1} \cdot Fi_1 + \text{Célula 2} \cdot Fi_2 + \dots + \text{Célula N} \cdot Fi_N)}$$

O/D	1	2	Prod
1	1,77	7,23	9
2	7,84	2,13	9,97
Atra	9,61	9,36	18,97

→ **9 1,00**
→ **10 1,003**

1,041 10 0,962 9

$$C1 = 9,61 / [(1,77 * 1,00) + (7,84 * 1,003)] = 0,998$$

$$C2 = 9,36 / [(7,23 * 1,00) + (2,13 * 1,003)] = 0,999$$

FRATAR

2ª iteração

Finalmente, obtemos a matriz após duas iterações

O/D	1	2	Prod
1	1,77	7,23	9
2	7,84	2,13	9,97
Atra	9,61	9,36	18,97

\longrightarrow **9 1,00**
 \longrightarrow **10 1,003**

1,041 **10** **0,962** **9**

$$C1 = 9,61 / [(1,77 * 1,00) + (7,84 * 1,003)] = 0,998$$

$$C2 = 9,36 / [(7,23 * 1,00) + (2,13 * 1,003)] = 0,999$$

O/D	1	2	Prod
1	$1,77 * 1,00 * 1,041 * 0,998$ = 1,84	$7,23 * 1,00 * 0,962 * 0,999$ = 6,95	8,79
2	$7,84 * 1,003 * 1,041 * 0,998$ = 8,17	$2,13 * 1,003 * 0,962 * 0,999$ = 2,05	10,22
Atra	10,01	9	19,01

FRATAR

As iterações continuam até que os totais se igualem considerando uma certa precisão

FRATAR

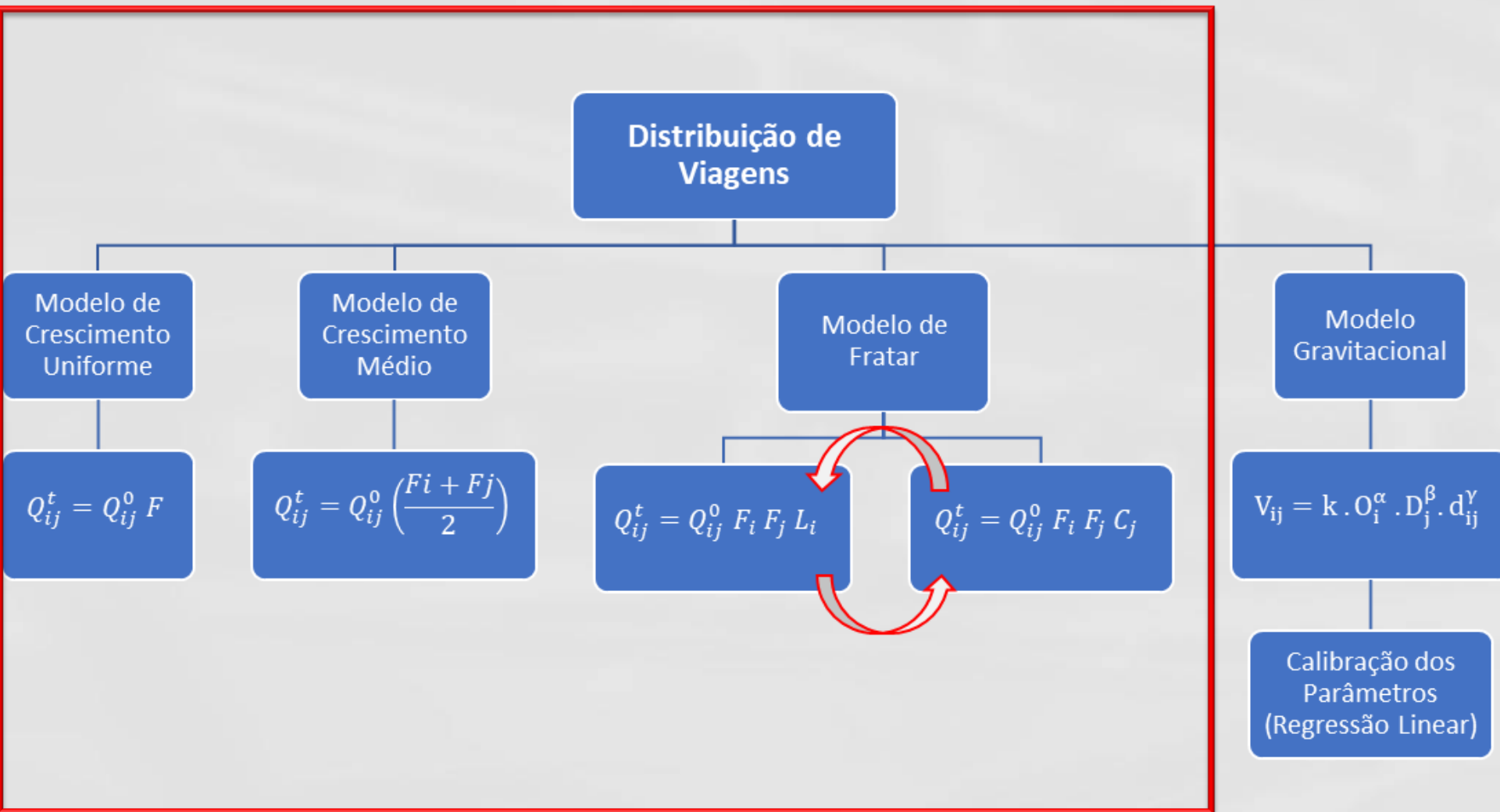
O modelo é provavelmente razoável para planejamento de transportes a curto prazo

O modelo é absolutamente dependente da acurácia da matriz OD do ano base

Caso parte da matriz OD do ano base não seja observada, esta continuará sem ser estimada

O modelo não considera possíveis mudanças relacionadas ao custo em transporte.

DISTRIBUIÇÃO DE VIAGENS



RECAPITULANDO....

Jogo 2

<https://kahoot.it/>

DEFINIÇÕES E NOTAÇÕES

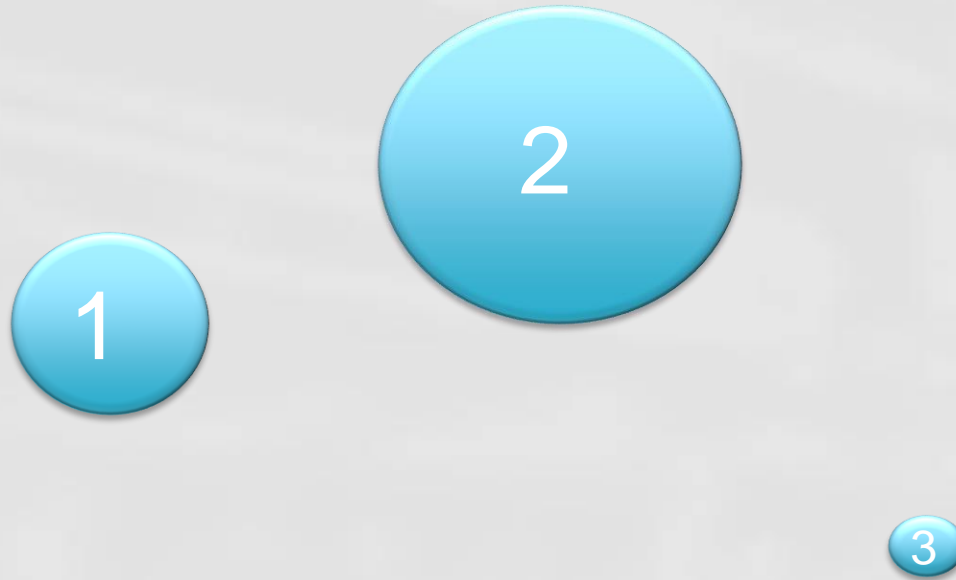
CUSTO GENERALIZADO

1. Tempo de viagem;
2. Número de paradas;
3. Tempo de transbordo;
4. Tarifa;
5. Custo combustível;
6. Tempo de caminhada;
7. Desconforto, etc.

O QUE VOCÊ
LEMBRA SOBRE O
MODELO
GRAVITACIONAL?

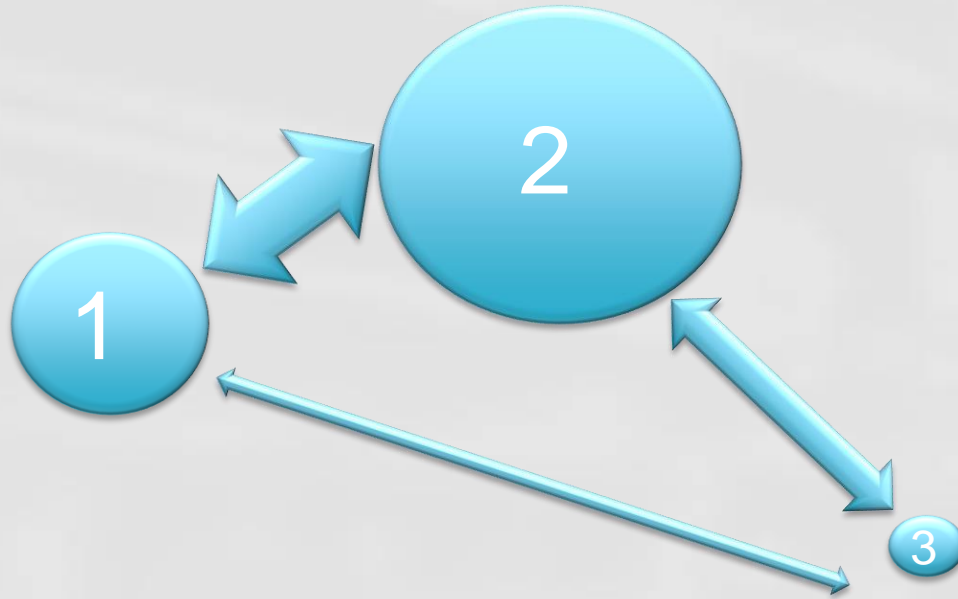


MODELO GRAVITACIONAL



COM BASE NA LEI GRAVITACIONAL DE NEWTON QUAL A MAIOR ATRAÇÃO?

MODELO GRAVITACIONAL



A ATRAÇÃO ENTRE DOIS CORPOS É
PROPORCIONAL ÀS SUAS MASSAS E
INVERSAMENTE PROPORCIONAL AO
QUADRADO DA DISTÂNCIA ENTRE ELES

MODELO GRAVITACIONAL

- **Concebidos através de uma analogia à Lei Gravitacional de Newton**
- **Muitas vezes chamados de modelos sintéticos**
 - **1º uso (1955) – Sintetizar viagens com motivo compras**

MODELO GRAVITACIONAL

- **Atividade 5**

<https://forms.gle/oP83yi4DrfZPtYP36>

$$T_{ij} = \frac{\propto P_i P_j}{d^2_{ij}}$$

- **Com base no modelo apresentado, o que seriam as massas?**
- **Quais outras variáveis poderiam representar as massas?**
- **Quais outras variáveis poderiam representar a distância?**

MODELO GRAVITACIONAL

- Formulário

1 <https://forms.gle/oP83yi4DrfZPtYP36>

$$T_{ij} = \frac{\propto P_i P_j}{d^2_{ij}}$$

- Com base no modelo apresentado, o que seriam as massas?
 - a) População de i
 - b) População de j
 - c) População de i e j
 - d) Distância entre i e j

MODELO GRAVITACIONAL

- **Formulário 1**

<https://forms.gle/oP83yi4DrfZPtYP36>

$$T_{ij} = \frac{\alpha P_i P_j}{d^2_{ij}}$$

- **Quais outras variáveis poderiam representar as massas?**

- a) **Custo da viagem entre i e j**

- b) **Tempo da viagem entre i e j**

- c) **Produção de i e Atração de j**

- d) **População de i e Empregos em j**

MODELO GRAVITACIONAL

- Formulário 1

<https://forms.gle/oP83yi4DrfZPtYP36>

$$T_{ij} = \frac{\propto P_i P_j}{d^2_{ij}}$$

- Quais outras variáveis poderiam representar a distância?

População de i e Empregos de j

População de i e Atividades de j

Produção de i e Atração de j

Tempo ou custo da viagem entre i e j

MODELO GRAVITACIONAL

- GENERALIZANDO....

$$T_{ij} = \frac{\alpha O_i D_j f(c_{ij})}{}$$

$$f(c_{ij}) = e^{-\beta c_{ij}}$$

$$f(c_{ij}) = c_{ij}^{-n}$$

$$f(c_{ij}) = c_{ij}^n e^{-\beta c_{ij}}$$

MODELO GRAVITACIONAL

Modelos de gravidade

Forma básica do modelo gravitacional de distribuição contínua a mesma:

$$V_{ij} = k_i \cdot A_i \cdot B_j \cdot C_{ij}^{\theta}$$

$$V_{ij} = k \cdot O_i^{\alpha} \cdot D_j^{\beta} \cdot C_{ij}^{\gamma}$$

- Onde:
- V_{ij} = número de viagens de i para j
 - A_i e B_j = função das características socioeconômicas das zonas i e j
 - C_{ij} = função representando a impedância das viagens entre i e j

MODELO GRAVITACIONAL

Hoje:

- a) Tempo, custo, ou combinação de tempo e custo, e não mais a distância
- b) Expoente do custo não é sempre o mesmo
- c) Variáveis de "massa" não necessariamente variáveis socioeconômicas

EXEMPLO DE CALIBRAÇÃO DE UM MODELO GRAVITACIONAL

$$V_{ij} = O i^{\alpha} D j^{\beta} \cdot dij^{\gamma}$$



MODELO GRAVITACIONAL

Calibrando o modelo gravitacional...

O/D	1	2	Prod	
1	1	3	4	→ 9
2	5	1	6	→ 10
Atra	6	4	10	
	↓	↓	↓	
	10	9	19	

$$V_{ij} = O_i^\alpha D_j^\beta \cdot d_{ij}^\gamma$$

$$\ln V_{ij} = \ln (O_i^\alpha D_j^\beta \cdot d_{ij}^\gamma)$$

$$\ln V_{ij} = \ln O_i^\alpha + \ln D_j^\beta + \ln d_{ij}^\gamma$$

$$\ln V_{ij} = \alpha * \ln O_i + \beta * \ln D_j + \gamma * \ln d_{ij}$$

$$y = \alpha * x_1 + \beta * x_2 + \gamma * x_3$$

$$y = \ln V_{ij}$$

$$x_1 = \ln O_i$$

$$x_2 = \ln D_j$$

$$x_3 = \ln d_{ij}$$

Distância	1	2
1	4	3
2	1	4

MODELO GRAVITACIONAL

	Vij	Oi	Dj	dij	LnVij	LnOi	LnDj	Lndij
V11	1	4	6	4	0	1,4	1,791759469	1,386294361
V12	3	4	4	3	1,1	1,4	1,386294361	1,098612289
V21	5	6	6	1	1,61	1,8	1,791759469	0
V22	1	6	4	4	0	1,8	1,386294361	1,386294361

O/D	1	2	Prod
1	1	3	4
2	5	1	6
Atra	6	4	10

Distância	1	2
1	4	3
2	1	4

$$y = \ln V_{ij}$$

$$x1 = \ln O_i$$

$$x2 = \ln D_j$$

$$x3 = \ln d_{ij}$$

MODELO GRAVITACIONAL

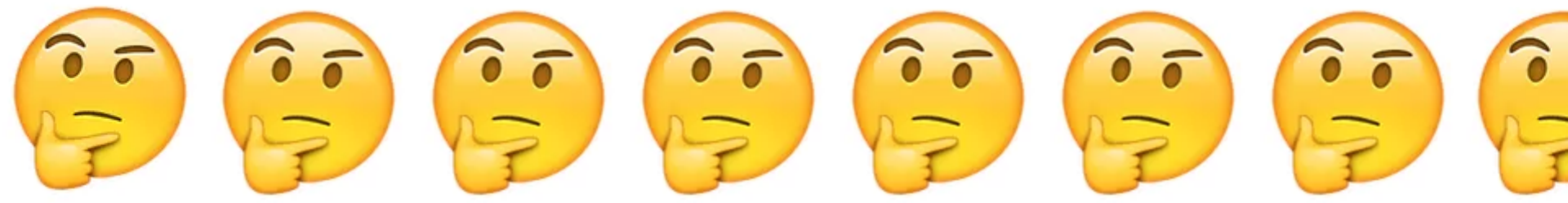
	Vij	Oi	Dj	dij	LnVij	LnOi	LnDj	Lndij
V11	1	4	6	4	0	1,4	1,791759469	1,386294361
V12	3	4	4	3	1,1	1,4	1,386294361	1,098612289
V21	5	6	6	1	1,61	1,8	1,791759469	0
V22	1	6	4	4	0	1,8	1,386294361	1,386294361

	<i>Coeficientes</i>
Interseção	0
Variável X 1	0.463887744
Variável X 2	0.463887744
Variável X 3	-0.850115488

$$V_{ij} = O_i^{0,46} D_j^{0,46} \cdot dij^{-0,85}$$

A PARTIR DO
MODELO CALIBRADO,
COMO ESTIMAR V_{ij} NA
DATA FUTURA?

$$V_{ij} = O_i^{0,46} D_j^{0,46} \cdot dij^{-0,85}$$

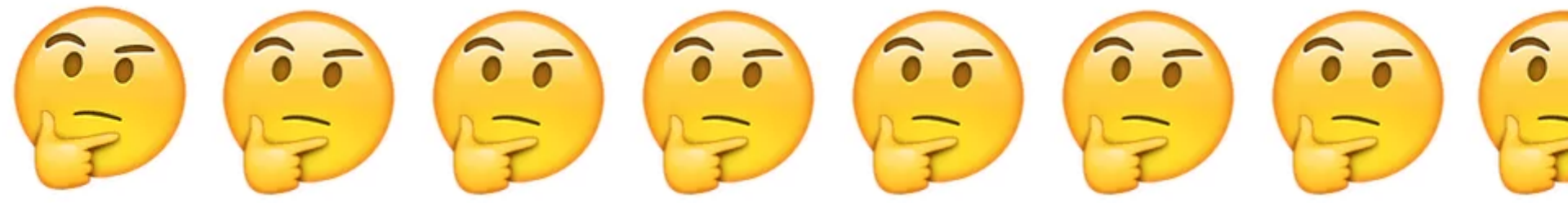


O/D	1	2	Prod
1	1	3	4 → 9
2	5	1	6 → 10
Atra	6	4	10
	↓	↓	↓
	10	9	19

Distância	1	2
1	4	3
2	1	4

$$V_{ij} = O_i^{0,46} D_j^{0,46} \cdot d_{ij}^{-0,85}$$

O/D futura	1	2	
1			
2			

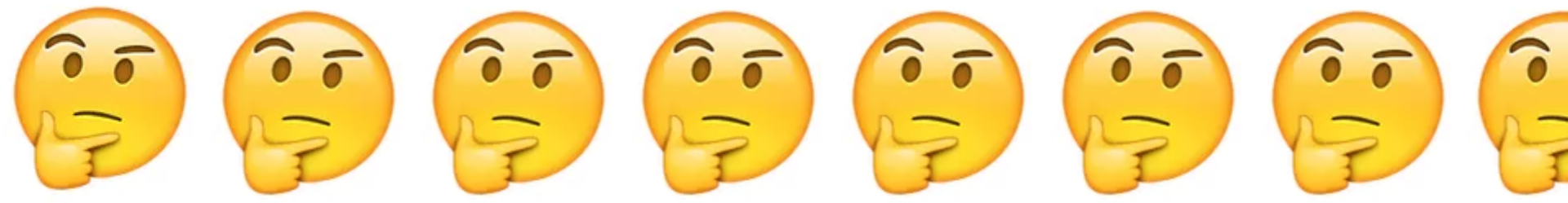


O/D	1	2	Prod
1	1	3	4 → 9
2	5	1	6 → 10
Atra	6	4	10
	↓	↓	↓
	10	9	19

Distância	1	2
1	4	3
2	1	4

$$V_{ij} = O_i^{0,46} D_j^{0,46} \cdot d_{ij}^{-0,85}$$

O/D futura	1	2	
1	$9^{0,46} * 10^{0,46} * 4^{-0,85}$ 2,44		
2			



EXERCÍCIO GRAVITACIONAL

DADA A MATRIZ PRESENTE E AS VIAGENS PRODUZIDAS E ATRAÍDAS FUTURAS (GERAÇÃO DE VIAGENS)

	1	2	PROD	PRODFUTURA
1	4	3	7	12
2	1	2	3	8
ATRA	5	5	10	
ATRAFUTURA	10	10		

OBSERVE A MATRIZ DE TEMPO DE VIAGENS

tempo de viagem	1	2
1	5	13
2	15	7

$$[y = \ln V_{ij}]$$

$$V_{ij} = O_i^\alpha D_j^\beta \cdot t_{ij}^\gamma$$

$$[x_1 = \ln O_i]$$

$$[x_2 = \ln D_j]$$

$$[x_3 = \ln t_{ij}]$$

$$\ln V_{ij} = \ln (O_i^\alpha D_j^\beta \cdot t_{ij}^\gamma)$$

$$[\ln V_{ij} = \ln O_i^\alpha + \ln D_j^\beta + \ln t_{ij}^\gamma]$$

$$[\ln V_{ij} = \alpha * \ln O_i + \beta * \ln D_j + \gamma * \ln [t_{ij}]]$$

$$[y = \alpha * x_1 + \beta * x_2 + \gamma * x_3]$$

	VIJ	OI	DJ	tij
V11				
V12				
V21				
V22				

	VIJ	OI	DJ	tij
V11	4	7	5	5
V12	3	7	5	13
V21	1	3	5	15
V22	2	3	5	7

	VIJ	OI	DJ	tij	lnVij	lnOi	lnDj	Intij
V11	4	7	5	5	1,39	1,95	1,61	1,61
V12	3	7	5	13	1,1	1,95	1,61	2,56
V21	1	3	5	15	0	1,1	1,61	2,71
V22	2	3	5	7	0,69	1,1	1,61	1,95

Arquivo Página Inicial Inserir Layout da Página Fórmulas **Dados** Revisão Exibir O que você deseja fazer...

Obter Dados Externos

Obter e Transformar

Conexões

Classificar e Filtrar

Ferramentas de

14 x ✓ fx

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
	VIJ	OI	DJ	tij	lnVij	lnOi	lnDj	Intij								
V11	4	7	5	5	1,39	1,95	1,61	1,61								
V12	3	7	5	13	1,1	1,95	1,61	2,56								
V21	1	3	5	10	0	1,1	1,61	2,3								
V22	2	3	5	4	0,69	1,1	1,61	1,39								

Análise de dados ? X

Ferramentas de análise

- Histograma
- Média móvel
- Geração de número aleatório
- Ordem e percentil
- Regressão**
- Amostragem
- Teste-T: duas amostras em par para médias
- Teste-T: duas amostras presumindo variâncias equivalent
- Teste-T: duas amostras presumindo variâncias diferentes
- Teste-Z: duas amostras para médias

OK

Cancelar

Ajuda

Arquivo Página Inicial Inserir Layout da Página Fórmulas **Dados** Revisão Exibir O que você deseja fazer...

Do Access Da Web De Textos De Outras Fontes Conexões Existentes Nova Consulta Mostrar Consultas Da Tabela Fontes Recentes Atualizar Tudo Conexões Classificar Filtro Limpar Reaplicar Avançado Texto para Colunas Preenchimento Relâmpago Remover Duplicatas de Dados Validação de Dados Ferramentas de Dados

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1		V _{IJ}	O _I	D _J	t _{ij}	lnV _{ij}	lnO _i	lnD _j	Int _{ij}								
2	V ₁₁	4	7	5	5	1,39	1,95	1,61	1,61								
3	V ₁₂	3	7	5	13	1,1	1,95	1,61	2,56								
4	V ₂₁	1	3	5	15	0	1,1	1,61	2,71								
5	V ₂₂	2	3	5	7	0,69	1,1	1,61	1,95								

Regressão ? X

Entrada

Intervalo **Y** de entrada:

Intervalo **X** de entrada:

Rótulos Constante é zero

Nível de confiança %

Opções de saída

Intervalo de saída:

Nova planilha:

Nova pasta de trabalho

Resíduos

Resíduos Plotar resíduos

Resíduos padronizados Plotar ajuste de linha

Probabilidade normal

Plotagem de probabilidade normal

OK Cancelar Ajuda

	<i>Coeficientes</i>
Interseção	0
Variável X 1	0,905184496
Variável X 2	0,37479204
Variável X 3	-0,537640051

$$[y = \ln V_{ij}]$$

$$[x1 = \ln O_i]$$

$$[x2 = \ln D_j]$$

$$[x3 = \ln t_{ij}]$$

$$V_{ij} = O_i^\alpha D_j^\beta \cdot t_{ij}^\gamma$$

$$V_{ij} = O_i^{0,91} D_j^{0,37} \cdot t_{ij}^{-0,54}$$

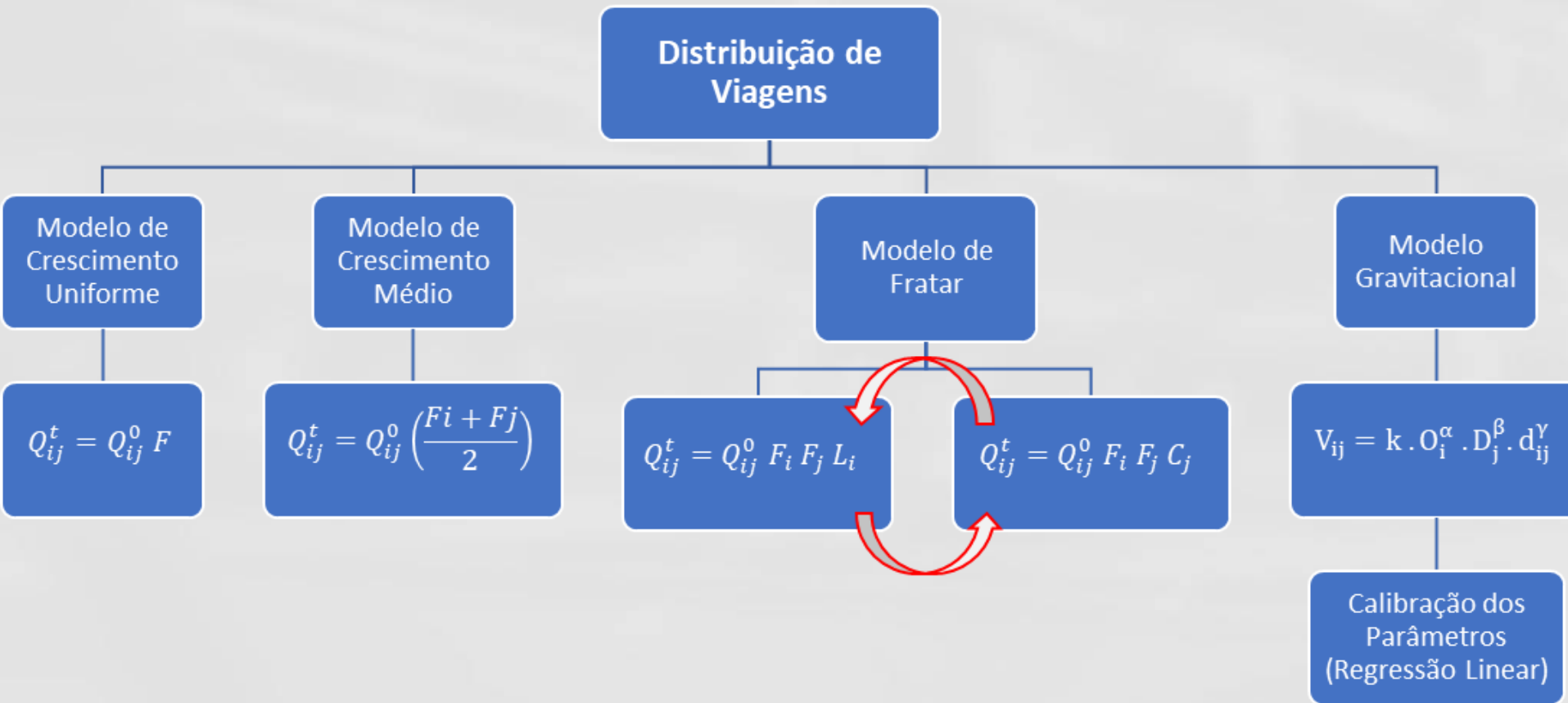
DISTRIBUIÇÃO DE VIAGENS

Modelos entrópicos

Modelos de Oportunidades Intervenientes

Abordagens desagregadas

DISTRIBUIÇÃO DE VIAGENS



RECAPITULANDO....

Jogo 3

<https://kahoot.it/>

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES

STT405 - PLANEJAMENTO E ANÁLISE DE SISTEMAS DE TRANSPORTES

ESCOLHA MODAL

Cira Pitombo/Samuel Marques

Recapitulando



Modelos sequenciais

***Matriz
presente***

	1	2	3	Prod	ProdFutura
1		3	1	4	
2	4		2	6	
3	4	2		6	
Atra	8	5	3	16	
AtraFutura					

Geração de viagens

	1	2	3	Prod	ProdFutura
1		3	1	4	5
2	4		2	6	8
3	4	2		6	8
Atra	8	5	3	16	
AtraFutura	10	8	3		21

Distribuição de viagens - Fratar

1ª iteração



NOVO

Método Distribuição

- FRATAR
- GRAVITACIONAL

Dimensão da Matriz:

Precisão: ▼

Iniciar correção por: ▼

Ajustar por viagens: ▼

Matriz O/D do ano-base

	1	2	3
1	0	3	1
2	4	0	2
3	4	2	0

Pn

	1
1	5
2	8
3	8

An

	1	2	3
1	10	8	3

Matriz O/D final

	1	2
1		
2		
3		
4		





NOVO

Método Distribuição

FRATAR

GRAVITACIONAL

Dimensão da Matriz:

Precisão:

Iniciar correção por:

Ajustar por viagens:

Matriz O/D do ano-base

	1	2	3
1	0	3	1
2	4	0	2
3	4	2	0

Pn

	1
1	5
2	8
3	8

An

	1	2	3
1	10	8	3

Matriz O/D final

	1	2	3
1	0	4.1379	0.8621
2	5.7143	0	2.2857
3	4.8780	3.1220	0

1a iteração



25 iterações



NOVO

Método Distribuição

 FRATAR

 GRAVITACIONAL
Dimensão da Matriz: Precisão: Iniciar correção por: Ajustar por viagens:

Matriz O/D do ano-base

	1	2	3
1	0	3	1
2	4	0	2
3	4	2	0

Pn

	1
1	5
2	8
3	8

An

	1	2	3
1	10	8	3

Matriz O/D final

Após 25 iterações

	1	2	3
1	0	4.3145	0.6855
2	5.6854	0	2.3146
3	4.3146	3.6854	0

>

>>

Gravitacional

MODELO GRAVITACIONAL

	1	2	3	Prod	ProdFutura
1		3	1	4	5
2	4		2	6	8
3	4	2		6	8
Atra	8	5	3	16	
AtraFutura	10	8	3		21

$$[y = \ln V_{ij}]$$

$$[x1 = \ln O_i]$$

$$[x2 = \ln D_j]$$

$$[x3 = \ln d_{ij}]$$

$$V_{ij} = O_i^\alpha D_j^\beta \cdot d_{ij}^\gamma$$

$$\ln V_{ij} = \ln (O_i^\alpha D_j^\beta \cdot d_{ij}^\gamma)$$

$$[\ln V_{ij} = \ln O_i^\alpha + \ln D_j^\beta + \ln d_{ij}^\gamma]$$

$$[\ln V_{ij} = \alpha * \ln O_i + \beta * \ln D_j + \gamma * \ln [d_{ij}]]$$

$$[y = \alpha * x1 + \beta * x2 + \gamma * x3]$$

O/D	1	2	3
1		1000	2000
2	1000		900
3	2000	900	

*Como ficaria o
banco de dados
para calibração
do modelo
gravitacional?*

Origem Destino Vij Oi Dj dij LnVij LnOi LnDj Lndij

	1	2	3	Prod	ProdFutura
1		3	1	4	5
2	4		2	6	8
3	4	2		6	8
Atra	8	5	3	16	
AtraFutura	10	8	3		21

Origem	Destino	Vij	Oi	Dj	dij	LnVij	LnOi	LnDj	Lndij
1	2	3	4	5	1000	1.10	1.39	1.61	6.91
1	3	1	4	3	2000	0.00	1.39	1.10	7.60
2	1	4	6	8	1000	1.39	1.79	2.08	6.91
2	3	2	6	3	900	0.69	1.79	1.10	6.80
3	1	4	6	8	2000	1.39	1.79	2.08	7.60
3	2	2	6	5	900	0.69	1.79	1.61	6.80

	1	2	3	Prod	ProdFutura
1		3	1	4	5
2	4		2	6	8
3	4	2		6	8
Atra	8	5	3	16	
AtraFutura	10	8	3		21

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0.978969
R-Quadrado	0.958381
R-quadrado ajustado	0.597302
Erro padrão	0.288785
Observações	6

$$V_{ij} = (O_i^{0,29} D_j^{1,03}) / d_{ij}^{0,18}$$

	<i>Coeficientes</i>
LnO _i	0.286653562
LnD _j	1.030678659
Lnd _{ij}	-0.175338137

***Continuemos o
exemplo...como
chegamos na
matriz futura?***

*Substituímos os
valores futuros
de Produção e
Atração na
equação*

***Agora preciso
determinar a %
de viagens por
modo em cada
célula***

	1	2	3	ProdFutura
1		4	1	5
2	6		2	8
3	4	4		8
AtraFutura	10	8	3	21

DIVISÃO MODAL



DIVISÃO MODAL

O/D	1	2	Prod	Futuro
1	V11	V12	Vp1	V'p1
2	V21	V22	Vp2	V'p2
Atra	Va1	Va2	?	
	V'a1	V'a2		

V11= V11 (auto) + V11(ônibus) + V11 (a pé)

V12= V12 (auto) + V12(ônibus) + V12 (a pé)

DIVISÃO MODAL

Visa identificar

- frações das viagens entre um par de zonas i e j qualquer
- desagregadas por modo de transportes

Exemplo:

- (a) transporte público - P
- (b) transporte particular - A

DIVISÃO MODAL

Escolha modal

Sendo:

$\phi_{ij}^{(P)}$ = fração das viagens entre zonas i e j que se utiliza do transporte público
 $\phi_{ij}^{(A)}$ = fração que se desloca em automóvel

$$F_{ij}^{(P)} = \phi_{ij}^{(P)} \times F_{ij}$$

$$F_{ij}^{(A)} = \phi_{ij}^{(A)} \times F_{ij}$$

$$\phi_{ij}^{(A)} + \phi_{ij}^{(P)} = 1$$

***Quais as variáveis
influenciam
escolha do modo
de transporte?***

DIVISÃO MODAL (FORM 1)

<https://forms.gle/YrAr6f5KRy9jd5baA>

Assinale abaixo as variáveis que você imagina que influenciam a escolha do modo de transporte

Disponibilidade do automóvel

Estrutura domiciliar

Renda

População da zona de origem

Local de residência

Ocupação

Número de empregos da zona de destino

DIVISÃO MODAL (FORM 1)

<https://forms.gle/YrAr6f5KRy9jd5baA>

Assinale abaixo as variáveis que você imagina que influenciam a escolha do modo de transporte

Disponibilidade do automóvel
Estrutura domiciliar
Renda

População da zona de origem
Local de residência
Ocupação

Número de empregos da zona de destino

DIVISÃO MODAL (FORM 1)

<https://forms.gle/YrAr6f5KRy9jd5baA>

2. Essas variáveis caracterizam:

a) O indivíduo

b) A viagem

c) O modo de transporte

DIVISÃO MODAL (FORM 2)

<https://forms.gle/zoetyjeQRf2pu7X5A>

Assinale abaixo as variáveis que você imagina que influenciam a escolha do modo de transporte

Motivo da viagem
Período do dia
Distância
Viagem é realizada com ou sem acompanhantes

DIVISÃO MODAL (FORM 2)

<https://forms.gle/zoetyjeQRf2pu7X5A>

2. Essas variáveis caracterizam:

a) **O indivíduo**

b) **A viagem**

c) **O modo de transporte**

DIVISÃO MODAL (FORM 3)

<https://forms.gle/BF3Pjr6kepAnGxzq9>

Assinale abaixo as variáveis que você imagina que influenciam a escolha do modo de transporte

Tempo de viagem no interior do veículo;
Tempo de acesso, espera e de transferência;
Custo monetário da viagem (combustível, tarifa, estacionamento);
Variáveis qualitativas (conforto, conveniência, segurança, etc.).

DIVISÃO MODAL (FORM 3)

<https://forms.gle/BF3Pjr6kepAnGxzq9>

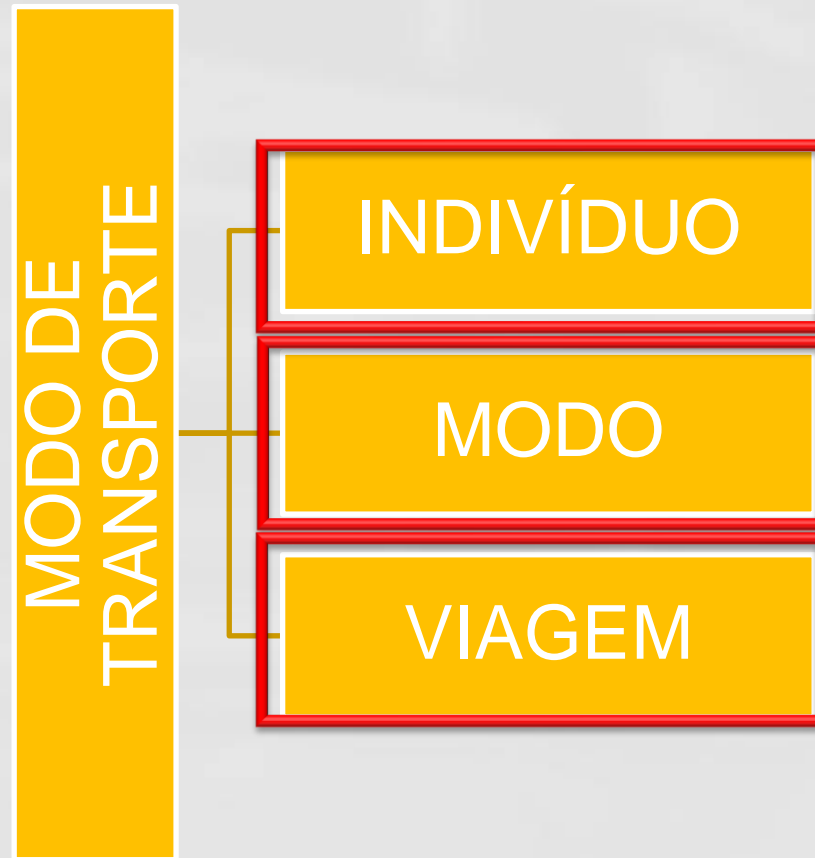
2. Essas variáveis caracterizam:

a) **O indivíduo**

b) **A viagem**

c) **O modo de transporte**

DIVISÃO MODAL



DIVISÃO MODAL

Escolha modal

Variáveis que descrevem a escolha modal

a) Características do viajante

- Disponibilidade do automóvel
- Posse de Carteira Nacional de Habilitação
- Estrutura domiciliar
- Renda
- Idade e posição na família
- Local de residência
- Ocupação

DIVISÃO MODAL

Escolha modal

Variáveis que descrevem a escolha modal

b) Características da viagem

- Motivo da viagem
- Período do dia
- Viagem é realizada com ou sem acompanhantes

DIVISÃO MODAL

Escolha modal

Variáveis que descrevem a escolha modal

c) Facilidades do modo de transporte

- Tempo de viagem no interior do veículo;
- Tempo de acesso, espera e de transferência;
- Custo monetário da viagem (combustível, tarifa, estacionamento);
- Variáveis qualitativas (conforto, conveniência, segurança, etc.).

DIVISÃO MODAL – ANÁLISES DESAGREGADAS

UMA ANÁLISE DESAGREGADA (1980)

O QUE É ISSO?

COMO SERIA O MODELO?

E OS RESULTADOS?



DIVISÃO MODAL – ANÁLISES DESAGREGADAS

	1	2	3	ProdFutura
1		4	1	5
2	6		2	8
3	4	4		8
AtraFutura	10	8	3	21



	1	2	3
1	*	*	*
2	*	*	*
3	*	*	*



	1	2	3
1	*	*	*
2	*	*	*
3	*	*	*

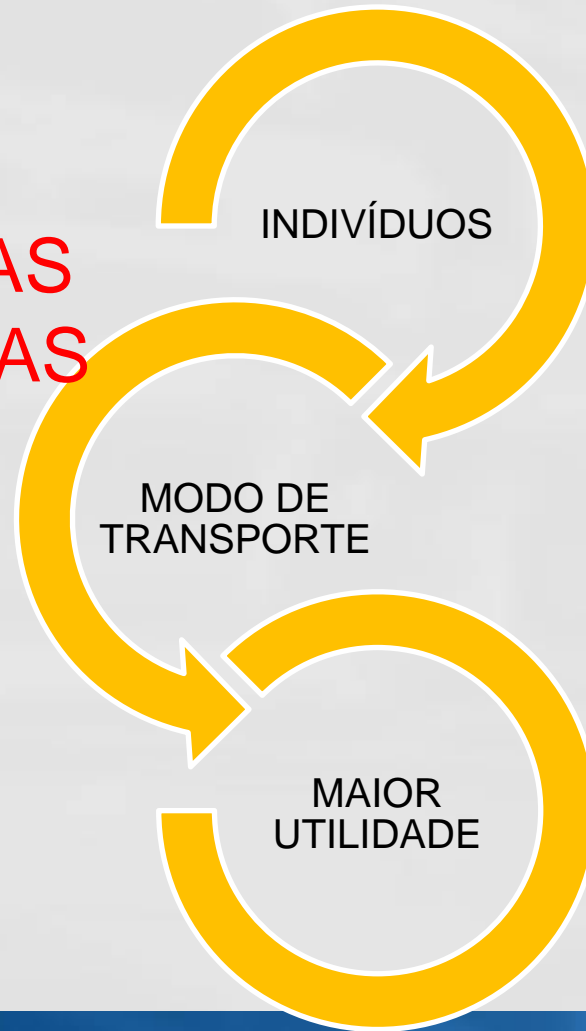


	1	2	3
1	*	*	*
2	*	*	*
3	*	*	*

DIVISÃO MODAL – ANÁLISES DESAGREGADAS

**CARACTERÍSTICAS
INDIVIDUAIS**

**CARACTERÍSTICAS
DAS ALTERNATIVAS
(MODO DE
TRANSPORTE)**



MODELOS DE ESCOLHA DISCRETA

MODELOS DE ESCOLHA DISCRETA

LOGIT

PROBIT

NESTED LOGIT

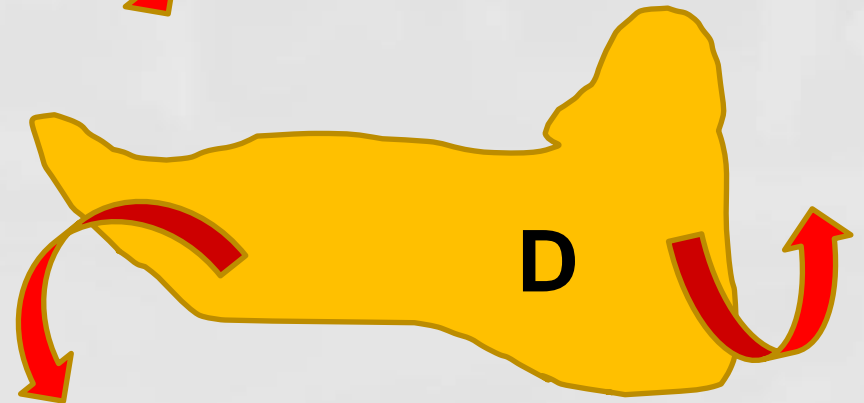
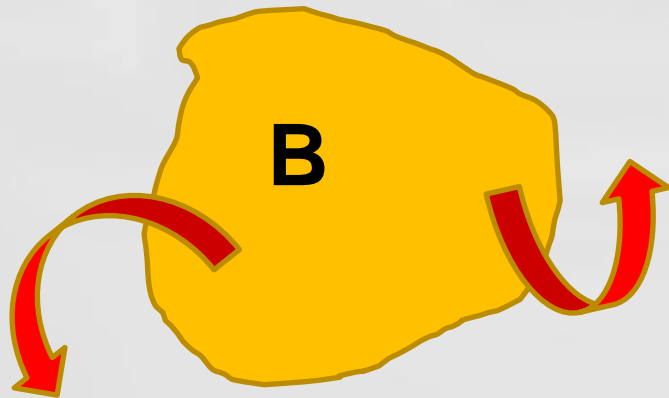
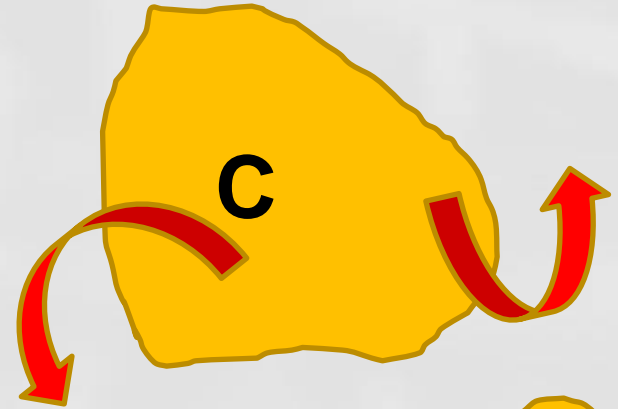
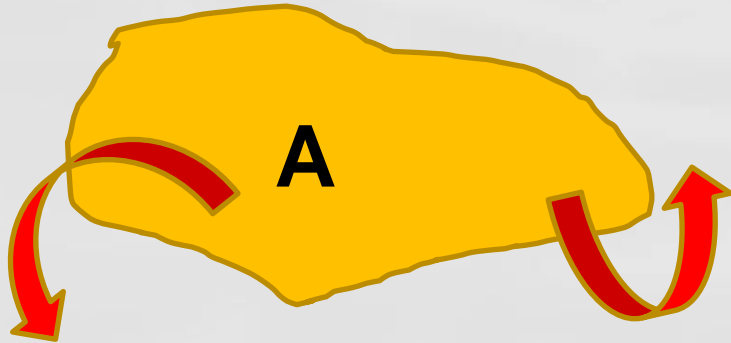
MIXED LOGIT

REGRESSÃO LINEAR SIMPLES E MÚLTIPLA

**VIAGENS
ORIGINADAS
(PRODUZIDAS)
NAS ZONAS DE
TRÁFEGO**

Geração de viagens

Viagens produzidas

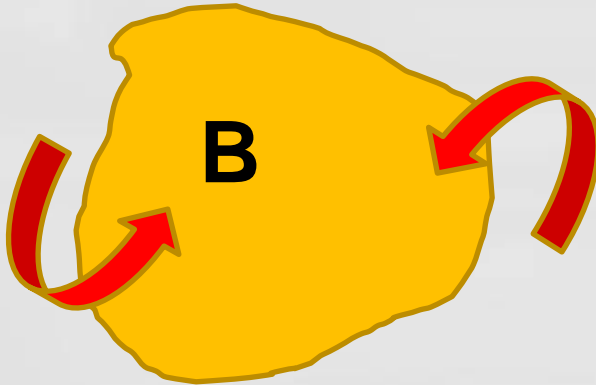
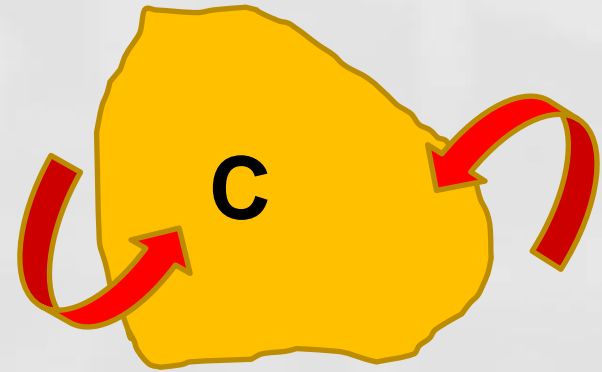
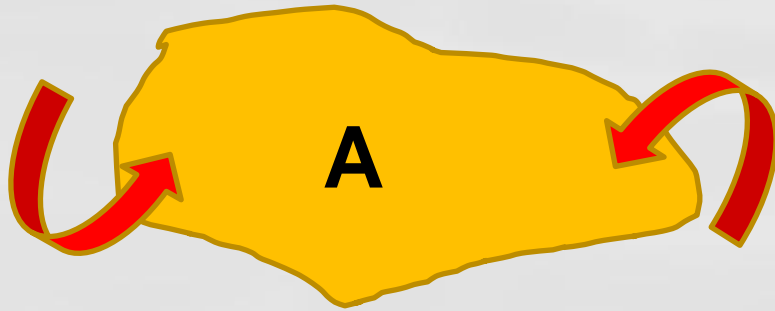


Quantidade de viagens originadas na zona de tráfego	População residente na zona de tráfego
25	13
45	22
50	25
55	26
58	27
61	30
70	35

**VIAGENS
DESTINADAS(ATRAÍDAS)
PARA AS ZONAS DE
TRÁFEGO**

Geração de viagens

Viagens atraídas



Zona	Viagens Atraídas	Empregos
1	30	10
2	45	14
3	51	17
4	63	22
5	72	24
6	80	27
7	91	30

**E QUANTO ÀS
VARIÁVEIS
DEPENDENTES NÃO
QUANTITATIVAS?**

LOGIT BINOMIAL

Como prever ou explicar
variáveis dicotômicas?



* A continuação deste artigo (3ª parte) será publicada na edição de mar./abr. 2009 da Revista Tema.

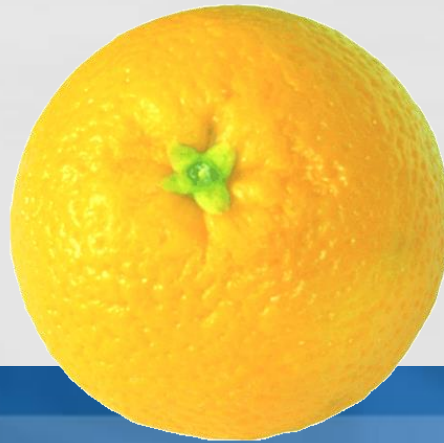
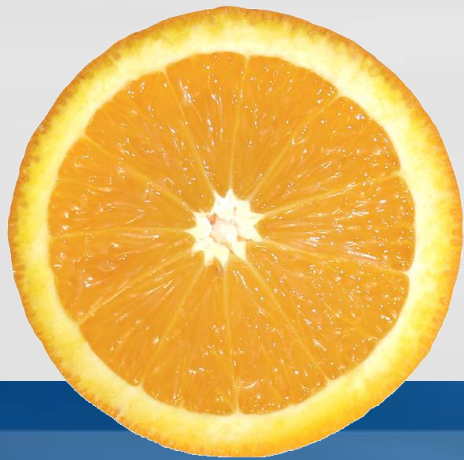
LOGIT BINOMIAL



LOGIT BINOMIAL



LOGIT BINOMIAL



**E quando há
mais do que duas
categorias?**

LOGIT MULTINOMIAL



MODELOS LOGIT

Forma especializada de regressão criada para prever e explicar uma variável categoria (e não uma medida dependente métrica)

MODELOS LOGIT

VARIÁVEL BINÁRIA (LOGIT BINOMIAL)



MODELOS LOGIT

VARIÁVEL CATEGÓRICA – MAIS DE DUAS CATEGORIAS (LOGIT MULTINOMIAL)



MODELO LOGIT EM TRANSPORTES

ESCOLHA MODAL



Uber

**COMO ESTIMAR OS
PARÂMETROS???**

**UM POUCO SOBRE
MODELOS DE
ESCOLHA DISCRETA
E FUNÇÕES
UTILIDADE**

MODELOS DE ESCOLHA DISCRETA



***Qual óculos
escolheriam?***

***Qual o critério
neste caso?***

MODELOS DE ESCOLHA DISCRETA



***Qual par de sapatos
escolheriam?***

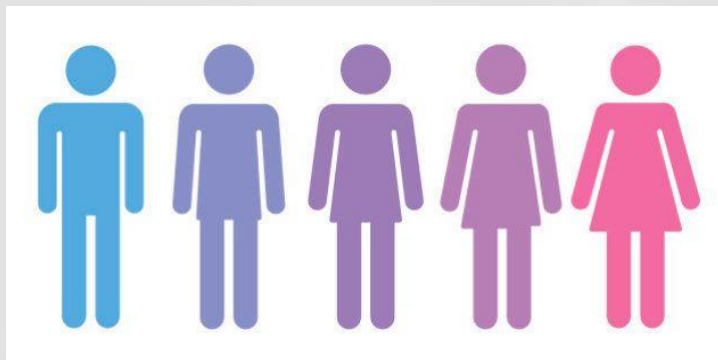
***Qual o critério
neste caso?***

MODELOS DE ESCOLHA DISCRETA

	R\$ 2000	R\$ 500	R\$ 55	
Guess	 1_1	 1_2	 1_3	Camelô
Diesel	 2_1	 2_2	 2_3	Hello kit
Louis Vuitton	 3_1	 3_2	 3_3	Sacrovia

***O que
consideramos
para cada
escolha?***

***O que falta ser
considerado
para cada
escolha?***



QUANTIDADE DE
AUTOMÓVEIS NO
DOMICÍLIO

RENDА FAMILIAR

GÊNERO

MARCA

PREÇO

COR/FORMA/VISUAL



MODELOS DE ESCOLHA DISCRETA

A probabilidade de indivíduos escolherem uma dada **ALTERNATIVA** é função de suas características socioeconômicas e das características das alternativas

MODELOS DE ESCOLHA DISCRETA

UTILIDADE



FUNÇÕES



ALTERNATIVAS



INDIVÍDUOS

**CADA
ALTERNATIVA
POSSUI A SUA
FUNÇÃO
UTILIDADE**

**O QUE IMPORTA
SÃO AS VARIAÇÕES
(DIFERENÇAS)
ENTRE AS FUNÇÕES
UTILIDADE**

**O INDIVÍDUO
ESCOLHE A
ALTERNATIVA DE
MAIOR UTILIDADE**

MODELOS DE ESCOLHA DISCRET

UTILIDADE

$$V_{carro} = 0.25 - 1.2 IVT - 2.5 ACC - 0.3 \frac{C}{I} + 1.1 NCAR$$

???????????

In-vehicle travel time (IVT)

Access time (ACC)

Cost/income (C/I)

Number of cars (NCAR)

The diagram illustrates the utility function for car choice, V_{carro} . The equation is $V_{carro} = 0.25 - 1.2 IVT - 2.5 ACC - 0.3 \frac{C}{I} + 1.1 NCAR$. The constant term 0.25 is highlighted with a yellow circle and labeled with a series of question marks. Four yellow arrows point from text labels to their respective variables in the equation: 'In-vehicle travel time (IVT)' points to the IVT term, 'Access time (ACC)' points to the ACC term, 'Cost/income (C/I)' points to the $\frac{C}{I}$ term, and 'Number of cars (NCAR)' points to the NCAR term.

MODELOS DE ESCOLHA DISCRETA

PARA PREVER A ALTERNATIVA ESCOLHIDA

O VALOR DE CADA FUNÇÃO UTILIDADE
DEVE SER COMPARADO

E TRANSFORMADO NUM VALOR DE
PROBABILIDADE ENTRE ZERO E UM

PARA ISSO UMA SÉRIE DE FUNÇÕES
MATEMÁTICAS EXISTEM...

PRESSUPOSTOS DO LOGIT

Ser humano é capaz de perceber a utilidade de um objeto

É capaz de **comparar duas ou mais utilidades**

Escolhe o objeto de maior utilidade

A **utilidade** de um modo de viagem pode ser **quantificada** em função de atributos do modo e de atributos socioeconômicos do usuário

O **erro** na percepção de utilidade segue a **distribuição acumulada de Gumbel**



LOGIT

Modelo Logit Multinomial (MLM)

A utilidade percebida (U) pode ser escrita como sendo a utilidade verdadeira (V) mais um erro de percepção:

$$U = V + \varepsilon$$

$$V = \alpha + \beta * x_1 + \gamma * x_2 + \delta * x_3$$

Alternativas : a, b ou c

$$U_a > U_b > U_c$$

LOGIT

Utilidade do modo 1

$$P_1 = \frac{\exp(U_1)}{\exp(U_1) + \exp(U_2)}$$

Probabilidade de escolha do modo 1

$$P_1 = \frac{\exp(U_1) / \exp(U_1)}{[\exp(U_1) + \exp(U_2)] / \exp(U_1)}$$

Utilidade do modo 2

$$P_1 = \frac{1}{1 + \exp(U_2 - U_1)}$$

LOGIT

Modelo Logit Multinomial (MLM)

A utilidade percebida (U) pode ser escrita como sendo a utilidade verdadeira (V) mais um erro de percepção:

$$U = V + \varepsilon$$

$$V = \alpha + \beta * x_1 + \gamma * x_2 + \delta * x_3$$

$$P_k = \frac{e^{v_k}}{e^{v_1} + e^{v_2} + \dots + e^{v_m}}$$

$$\sum_{i=1}^n \ln(P_{ik})$$

Maximiza o produto das probabilidades de acerto

CALIBRAÇÃO DO MODELO LOGIT

**DETERMINAÇÃO
DAS FUNÇÕES
UTILIDADE**

LOGIT MULTINOMIAL: UM EXEMPLO



9 ALTERNATIVAS

LOGIT MULTINOMIAL: UM EXEMPLO

R\$ 850

Guess



$$U_1 = a + b\text{Custo}_1 + c\text{qualidade}_1$$

LOGIT MULTINOMIAL: UM EXEMPLO

Diesel

R\$ 900



$$U_2 = d + b \cdot \text{Custo}_2 + c \cdot \text{qualidade}_2$$

LOGIT MULTINOMIAL: UM EXEMPLO

$$U_3 = e + b \cdot \text{Custo}_3 + c \cdot \text{qualidade}_3$$

Louis
Vuitton



LOGIT MULTINOMIAL: UM EXEMPLO

R\$ 300



Chilli Beans

$$U_4 = f + b \cdot \text{Custo}_4 + c \cdot \text{qualidade}_4$$

LOGIT MULTINOMIAL: UM EXEMPLO

$$U_5 = g + b \cdot \text{Custo}_5 + c \cdot \text{qualidade}_5$$

R\$ 200



Chilli

Beans

LOGIT MULTINOMIAL: UM EXEMPLO

$$U_6 = h + b \cdot \text{Custo}_6 + c \cdot \text{qualidade}_6$$



Chilli

Beans

LOGIT MULTINOMIAL: UM EXEMPLO

$$U_7 = i + b \cdot \text{Custo}_7 + c \cdot \text{qualidade}_7$$

$$U_8 = j + b \cdot \text{Custo}_8 + c \cdot \text{qualidade}_8$$

$$U_9 = 0$$

R\$ 35



Camelô

R\$ 110



Hello kit

R\$ 100



Sacrovia

LOGIT MULTINOMIAL: UM EXEMPLO

PARA ESCOLHA 9....

$$U_9 > U_6 > U_8 > U_2 > U_1 > U_7 > U_4 > U_5 > U_3$$

$$P_9 = \frac{e^{U_9}}{e^{U_1} + e^{U_2} + e^{U_3} + e^{U_4} + e^{U_5} + e^{U_6} + e^{U_7} + e^{U_8} + e^{U_9}}$$



***ESTIMAÇÃO DOS
PARÂMETROS
DAS FUNÇÕES
UTILIDADE***

id	nome	escolha	renda	custo	marca	marca
1	Gabriel	5	2	200	chilli	2
2	Alceu	5	2	200	chilli	2
3	Ana	7	3	1000	louis	3
4	Igor	2	2	300	chilli	2
5	Breno	3	1	35	camelo	1
6	Luiza R	4	3	900	diesel	3
7	Luiza A	2	2	300	chilli	2
8	Renan	5	2	200	chilli	2
9	Helena	8	2	250	chilli	2
10	Felipe	3	1	35	camelo	1
11	Ricardo	2	2	300	chilli	2
12	Gustavo	9	2	100	sacrovia	1
13	Sergio	7	3	1000	louis	3
14	José	3	1	35	camelo	1
15	Marina	2	2	300	chilli	2
16	Mateus	4	3	900	diesel	3

U1	$a+b*\text{Custo}+ c*\text{marca}+d*\text{renda}$
U2	$e+b*\text{Custo}+ c*\text{marca}$
U3	$f+b*\text{Custo}+ c*\text{marca}$
U4	$g+b*\text{Custo}+ c*\text{marca}$
U5	$h+b*\text{Custo}+ c*\text{marca}$
U6	$i+b*\text{Custo}+ c*\text{marca}$
U7	$j+b*\text{Custo}+ c*\text{marca}$
U8	$k+b*\text{Custo}+ c*\text{marca}$
U9	$b*\text{Custo}+ c*\text{marca}$

ENCONTRAR VALORES
PARA OS PARÂMETROS
DAS FUNÇÕES

a, b, c, d, e, f, g, h
i, j, k

ENCONTRAR VALORES PARA OS PARÂMETROS DAS FUNÇÕES

a, b, c, d, e, f, g, h
l, j, k

id	nome	escolha	renda	custo	marca	marca
1	Gabriel	5	2	200	chilli	2
2	Alceu	5	2	200	chilli	2
3	Ana	7	3	1000	louis	3
4	Igor	2	2	300	chilli	2
5	Breno	3	1	35	camelo	1
6	Luiza R	4	3	900	diesel	3
7	Luiza A	2	2	300	chilli	2
8	Renan	5	2	200	chilli	2
9	Helena	8	2	250	chilli	2
10	Felipe	3	1	35	camelo	1
11	Ricardo	2	2	300	chilli	2
12	Gustavo	9	2	100	sacrovia	1
13	Sergio	7	3	1000	louis	3
14	José	3	1	35	camelo	1
15	Marina	2	2	300	chilli	2
16	Mateus	4	3	900	diesel	3

Maximizar a
probabilidade do
acerto

Gabriel >>>>P5

Felipe >>>>P3

Gustavo >>>>P9

AJUSTE DO MODELO

- *Máxima Verossimilhança*

O método de máxima Verossimilhança consiste em adotar, como estimativas dos parâmetros, os valores que maximizam a probabilidade (no caso a variável aleatória discreta) de a amostra observada ter sido obtida.

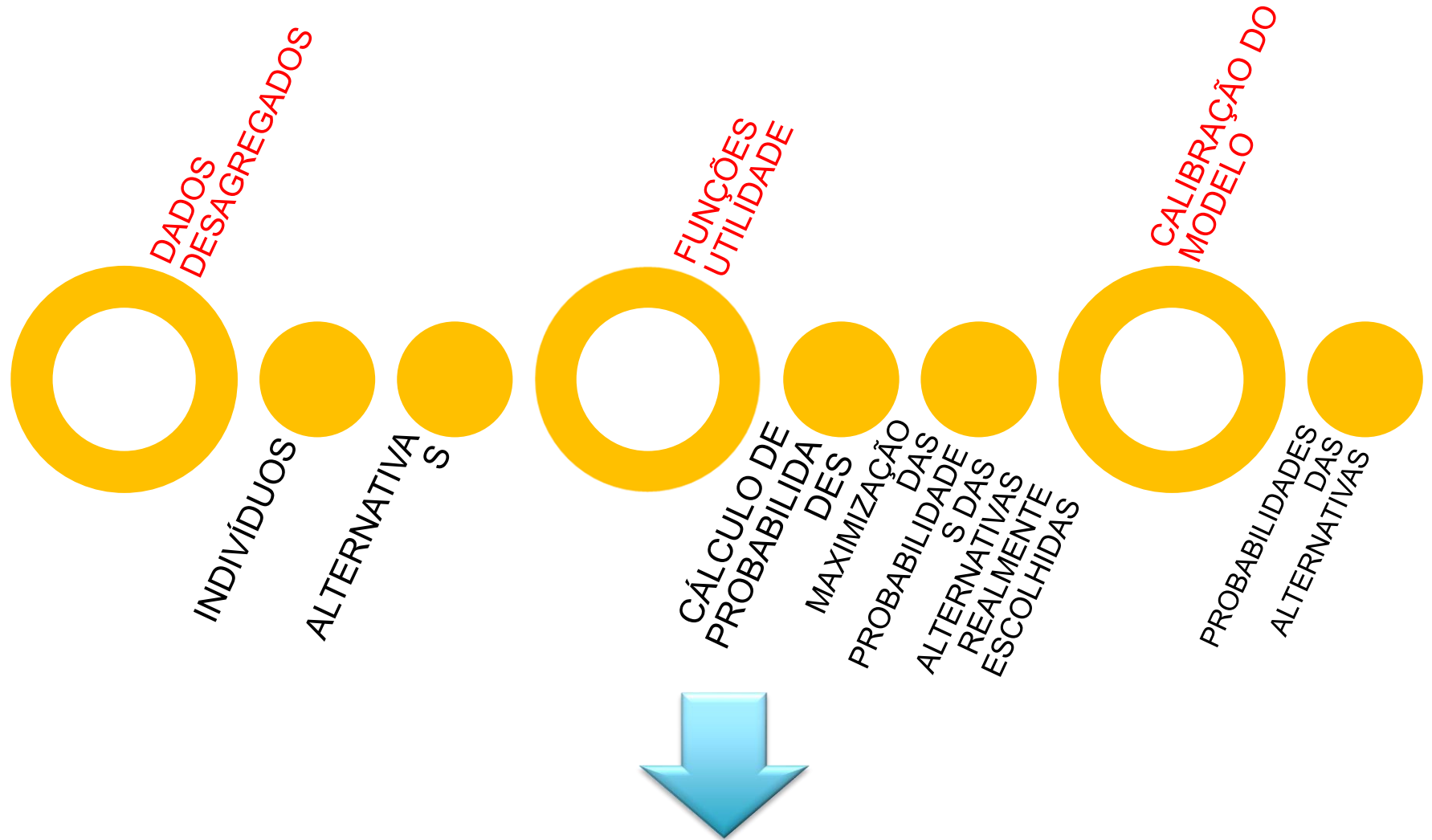
RECAPITULANDO....



INDIVÍDUOS

ZONAS DE TRÁFEGO

RECAPITULANDO...



MATRIZES OD (DATA FUTURA) POR MODO

***AGREGANDO OS
VALORES INDIVIDUAIS***

DIVISÃO MODAL – ANÁLISES DESAGREGADAS

	1	2	3	ProdFutura
1		4	1	5
2	6		2	8
3	4	4		8
AtraFutura	10	8	3	21



	1	2	3
1	*	*	*
2	*	*	*
3	*	*	*



	1	2	3
1	*	*	*
2	*	*	*
3	*	*	*



	1	2	3
1	*	*	*
2	*	*	*
3	*	*	*

***COMO RETORNAR ÀS
MATRIZES FUTURAS
POR MODO DE
TRANSPORTE?***

AGREGANDO RESULTADOS...

Um processo de agregação simplificado seria o cálculo de probabilidades médias para cada segmento populacional de interesse.

**MÉDIAS DAS PROBABILIDADES
POR MODO POR TRECHOS**

**CONTINUANDO
O EXEMPLO**

***A PARTIR DO
MODELO
GRAVITACIONAL
TEMOS A MATRIZ
FUTURA... (2031)***

	1	2	3	ProdFutura
1		4	1	5
2	6		2	8
3	4	4		8
AtraFutura	10	8	3	21

***Para determinar o %
de modo em cada
célula...voltemos ao
banco de dados
desagregado na data
presente....***

***Esse banco
possui
características dos
modos, da viagem
e dos indivíduos...***

id	nome	zonaO	zonaD	modo	motivo	Distância	CustoVgAuto	CustoVgônibus	Renda
1	Gabriel	1	3	auto	lazer	2000	12	1.5	2
2	Alceu	1	2	ônibus	trabalho	1000	7	1	1
3	Ana	1	2	ônibus	estudo	1000	7	1	1
4	Igor	1	2	ônibus	trabalho	1000	7	1	1
5	Breno	2	1	ônibus	trabalho	1000	7	1	2
6	Luiza R	2	1	auto	lazer	1000	7	1	2
7	Luiza A	2	1	ônibus	lazer	1000	7	1	1
8	Renan	2	1	auto	lazer	1000	7	1	2
9	Helena	2	3	auto	estudo	900	6.5	0.95	2
10	Felipe	2	3	ônibus	estudo	900	6.5	0.95	1
11	Ricardo	3	2	ônibus	trabalho	900	6.5	0.95	1
12	Gustavo	3	1	auto	lazer	2000	12	1.5	2
13	Sergio	3	1	auto	trabalho	2000	12	1.5	2
14	José	3	2	ônibus	lazer	900	6.5	0.95	1
15	Marina	3	1	ônibus	estudo	2000	12	1.5	1
16	Mateus	3	1	auto	trabalho	2000	12	1.5	2

***Quais as
alternativas?
Sugira funções
utilidade (lineares)
para cada
alternativa...***

Utilidades

id	nome	zonaO	zonaD	modo	motivo	Distância	CustoVgAuto	CustoVgônibus	Renda
1	Gabriel	1	3	auto	lazer	2000	12	1.5	2
2	Alceu	1	2	ônibus	trabalho	1000	7	1	1
3	Ana	1	2	ônibus	estudo	1000	7	1	1
4	Igor	1	2	ônibus	trabalho	1000	7	1	1
5	Breno	2	1	ônibus	trabalho	1000	7	1	2

$$U_{car} = a + b * custo_{car} + c * Renda$$

$$U_{TP} = b * custo_{TP}$$

Perguntas importantes:

***Por que não
há constante
nas 2
funções?***

Perguntas importantes:

***Por que a variável
renda não entra nas
2 funções?***

*Por que os coeficientes
relativos ao custo de
viagem por carro e ao
custo de viagem por TP
são iguais (c)?*

Utilidades calibradas

$$U_{car} = a + b * custo_{car} + c * Renda$$

$$U_{car} = 1,2 - 7,5 * custo_{car} + 1,5 * Renda$$

$$U_{TP} = b * custo_{TP}$$

$$U_{TP} = -7,5 * custo_{TP}$$

Uauto	a+b*CustoVgAuto+ c*Renda
Ubus	b*CustoVgBus
a	1.2
b	-7.5
c	1.5

Resultados desagregados

id	nome	zonaO	zonaD	modo	motivo	Distância	CustoVgAuto	CustoVgônibus	Renda	Uauto	Ubus	Probaut	Probus
1	Gabriel	1	3	auto	lazer	2000	12	1.5	20.5	-58.05	-11.25	0.0000	1.0000

$$U_{car} = 1,2 - 7,5 * custo_{car} + 1,5 * Renda = 1,2 - 7,5 * 12 + 1,5 * 20,5 = -58,05$$

$$U_{TP} = -7,5 * custo_{TP} = -7,5 * 1,5 = -11,25$$

$$P_{car} = \frac{\exp(U_1)}{\exp(U_1) + \exp(U_2)} = \frac{\exp(-58,08)}{\exp(-58,08) + \exp(-11,25)} = 0,0000$$

Resultados desagregados

	1	2	3	ProdFutura
1		4	1	5
2	6		2	8
3	4	4		8
AtraFutura	10	8	3	21

Probabilidades médias de modos de viagens de 2 para 1

Resultados desagregados

id	nome	zonaO	zonaD	modo	motivo	Distância	CustoVgAuto	CustoVgônibus	Renda	Uauto	Ubus	Probaut	Probbus
1	Gabriel	1	3	auto	lazer	2000	12	1.5	20.5	-58.05	-11.25	0.0000	1.0000
2	Alceu	1	2	ônibus	trabalho	1000	7	1	9.5	-37.05	-7.5	0.0000	1.0000
3	Ana	1	2	ônibus	estudo	1000	7	1	10	-36.3	-7.5	0.0000	1.0000
4	Igor	1	2	ônibus	trabalho	1000	7	1	12.5	-32.55	-7.5	0.0000	1.0000
5	Breno	2	1	ônibus	trabalho	1000	7	1	30.5	-5.55	-7.5	0.8754	0.1246
6	Luiza R	2	1	auto	lazer	1000	7	1	28	-9.3	-7.5	0.1419	0.8581
7	Luiza A	2	1	ônibus	lazer	1000	7	1	11	-34.8	-7.5	0.0000	1.0000
8	Renan	2	1	auto	lazer	1000	7	1	22	-18.3	-7.5	0.0000	1.0000
9	Helena	2	3	auto	estudo	900	6.5	0.95	19.5	-18.3	-7.125	0.0000	1.0000
10	Felipe	2	3	ônibus	estudo	900	6.5	0.95	10	-32.55	-7.125	0.0000	1.0000
11	Ricardo	3	2	ônibus	trabalho	900	6.5	0.95	12	-29.55	-7.125	0.0000	1.0000
12	Gustavo	3	1	auto	lazer	2000	12	1.5	22	-55.8	-11.25	0.0000	1.0000
13	Sergio	3	1	auto	trabalho	2000	12	1.5	26	-49.8	-11.25	0.0000	1.0000
14	José	3	2	ônibus	lazer	900	6.5	0.95	9	-34.05	-7.125	0.0000	1.0000
15	Marina	3	1	ônibus	estudo	2000	12	1.5	9.8	-74.1	-11.25	0.0000	1.0000
16	Mateus	3	1	auto	trabalho	2000	12	1.5	21	-57.3	-11.25	0.0000	1.0000

Resultados desagregados

	1	2	3	ProdFutura
1		4	1	5
2	6		2	8
3	4	4		8
AtraFutura	10	8	3	21

$$P(TP) = 0.25$$

$$P(Carro) = 0.75$$

$$Vgs(TP) = 0.25 * 6 = 2$$

$$Vgs(Carro) = 4$$

Probabilidades médias de modos de viagens de 2 para 1

***Repita o
procedimento
para as demais
células da matriz.***

