



■ ESCUTE

■ PERGUNTE

■ OBSERVE

SERVIÇOS LOGÍSTICOS

LabLALT

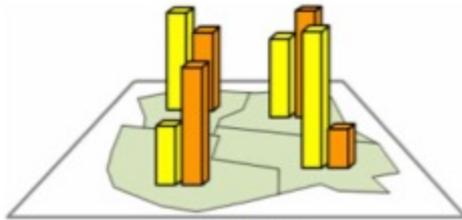
Prof Dr Orlando Fontes Lima Jr

**LALT Laboratório de Aprendizagem em Logística e
Transportes**

www.lalt.fec.unicamp.br

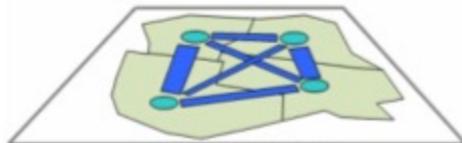
Aula 23

- Subsídios para Modelagem da Demanda do caso prático
- Atividade a ser desenvolvida em grupo



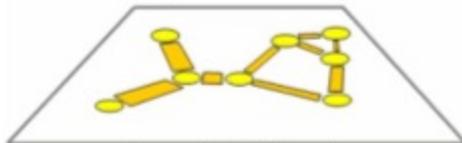
Land Use

- Economic base theory
- Location theory
- Traffic generation and attraction models



Spatial Interactions

- Spatial interaction models
- Distance decay parameters
- Modal split



Transportation Network

- Traffic assignment models
- Transport capacity

Components of a Transportation / Land Use System

people.hofstra.edu/geotrans/eng/methods/tlucomponents.html

Planejamento X Gestão



Demanda em Transportes. Modelo 4 etapas

- Demanda em Transportes.
 - Pesquisa O D
 - Tipos de Modelos.
- Modelos de 4 etapas
 - Geração e Atração
 - Distribuição espacial.
 - Divisão Modal.
 - Alocação
 -
- Exercício Modelo de Gravidade Geral

Caracterização Geral da Demanda

- **Níveis de previsão**

Etapa de fundamental importância na análise de sistemas de transportes e envolve a previsão da “resposta” dos usuários às mudanças nos atributos dos sistemas de transportes.

(a) Previsões a curto prazo;

(b) Previsões a médio e longo prazo, sem envolver efeitos nas atividades sócio-econômicas;

(c) Previsões a longo prazo, com avaliação dos efeitos nas atividades sócio-econômicas e no seu assentamento (uso do solo)

- **Tipos de modelo**

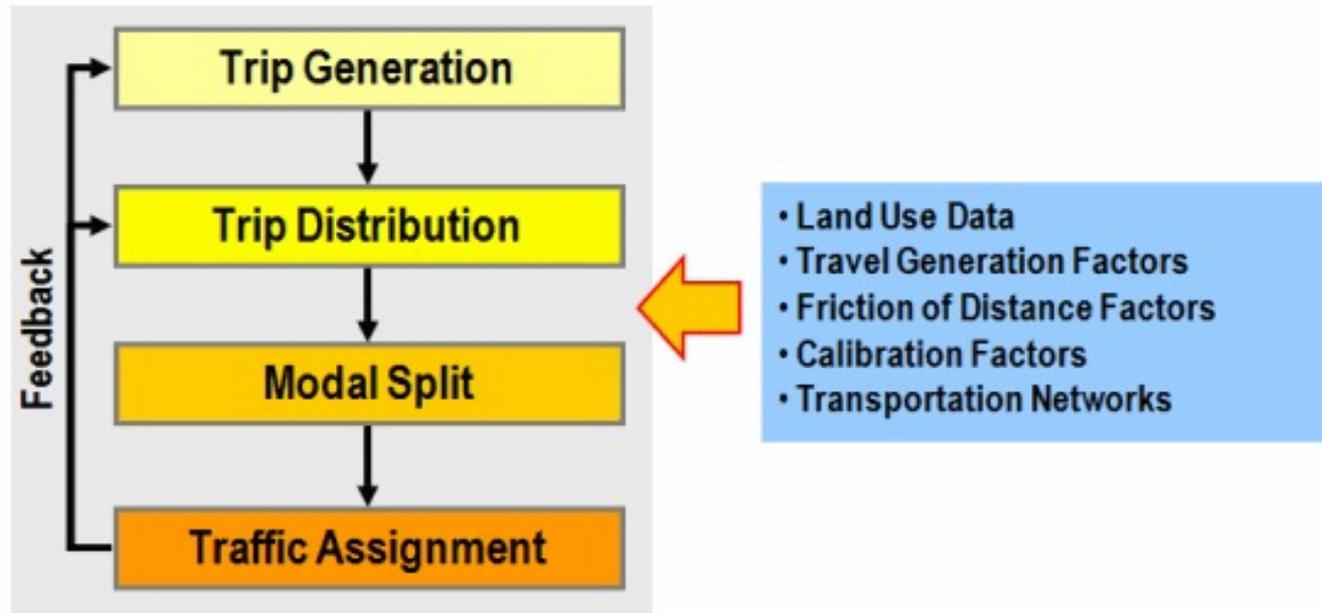
Para prever as “respostas” dos usuários é necessário primeiramente a definição de um modelo do processo de formação da demanda, com o objetivo de ter um enfoque bem definido e consistente:

(a) modelos convencionais empíricos;

(b) modelos comportamentais;

(c) modelos atitudinais.

Modelo 4 etapas



Source: adapted from EPA420-R-97-007.

Four Stages Transportation / Land Use Model

- **Modelos de geração de viagens**

É normalmente constituído por uma ou mais equações que procuram explicar o total de viagens produzidas numa zona em função das características sócio-econômicas e de uso do solo encontradas na zona.

$$F_i = f (S_i , US_i)$$

F_i = fluxo gerado pela zona i , medido em viagens por unidade de tempo (no caso de pessoas) ou toneladas por unidade de tempo (carga)

S_i = Variáveis sócio-econômicas observadas na zona i .

US_i = Variáveis sócio-econômicas observadas na zona i .

Estes tipos de funções são obtidas em geral por meio de regressão múltipla. Exemplo: Formulação utilizada em Toronto (1964):

$$F_i = 0,153 P_i + 0,145 H_i - 0,253 A_i$$

P_i = população que habita a zona i .

H_i = número de habitações na zona i .

A_i = total de automóveis na zona.

F_i = nº diário de viagens ao trabalho geradas na zona i .

- **Modelos de atração de viagens**

Procuram explicar o influxo de pessoas ou mercadorias em função das características sócio-econômicas e de uso do solo encontradas na zona.

$$F_j = f (S_j , US_j)$$

F_j = fluxo atraído para a zona j .

S_j = variáveis sócio-econômicas observadas na zona j .

US_i = características de uso do solo na zona.

Para viagens residência-emprego é apresentado, com exemplo, o caso de Toronto:

$$F_j = 0,013 P_j + 0,349 EM_j + 0,158 EC_j^{(1)} + 0,107 ES_j + 0,436 EO_j$$

F_j = número diário de viagens atraídas para a zona j .

P_j = população residente em j . ⁽¹⁾

EM_j = número de empregos industriais na zona j .

EC_j = número de empregos no comércio, tipo I.

ES_j = número de empregos em serviços

EO_j = outros empregos.

Modelos de Distribuição Espacial Procuram explicar o fluxo de pessoas ou mercadorias em função das características sócio-econômicas e de uso do solo encontradas na zona.

$$F_j = f (S_j , US_j)$$

F_j = fluxo atraído para a zona j .

S_j = variáveis sócio-econômicas observadas na zona j .

US_j = características de uso do solo na zona.

Para viagens residência-emprego é apresentado, com exemplo, o caso de Toronto:

$$F_j = 0,013 P_j + 0,349 EM_j + 0,158^{(1)} EC_j + 0,107 ES_j + 0,436 EO_j$$

F_j = número diário de viagens atraídas para a zona j .

P_j = população residente em j . ⁽¹⁾

EM_j = número de empregos industriais na zona j .

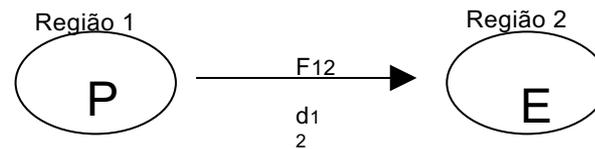
EC_j = número de empregos no comércio, tipo I.

ES_j = número de empregos em serviços

EO_j = outros empregos.

•Modelo de Gravidade Geral

Analogia com a lei gravitacional de Newton, onde a taxa de geração ou atração de viagens entre regiões é diretamente proporcional a sua “massa” e inversamente proporcional a distância entre elas.



$$F_{12} = k * (P_1 * E_2) / d_{12} ^ B$$

Ajuste do modelo gravitacional

$$F_{ij} = k * (P_i * E_j) / d_{ij}^B \quad (1)$$

$$g_{ij} = F_{ij} / (P_i * E_j) \quad (2)$$

Em 1:

$$g_{ij} = F_{ij} / (P_i * E_j) = k / d_{ij}^B \quad (3)$$

Aplicando logarítmicos em (3), temos:

$$\log g_{ij} = \log k - B \log d_{ij} \quad (4)$$

Exemplo

Modelo de Gravidade Geral



Dados sobre distância, população e emprego

i / j	1	2	3	4	5
1	1,6	4,5	7	4,5	8,8
2	4,5	1,2	4,1	7	11,7
3	7	4,1	1,2	11,1	15,8
4	4,5	7	11,1	1,4	4,7
5	8,8	11,7	15,8	4,7	1,3

Zona	População Pi	Número de empregos Ej
1	12.826	38.054
2	67.457	5.599
3	52.374	2.404
4	119.064	15.450
5	61.023	4.183

i / j	1	2	3	4	5
1	43.927	1.456	314	3.754	365
2	47.219	45.437	3.326	11.651	1.396
3	19.151	7.218	16.907	4.150	591
4	84.116	6.665	1.355	181.585	8.285
5	16.664	1.623	484	19.574	31.162

Passo 2: EC 021 Economia dos Transportes

Calibração do modelo através de regressão linear



Pontos	gij	dij	gij X 10 ⁵	log gij	log dij
1	9,00E-05	1,6	9,00	0,9542	0,2041
2	2,03E-05	4,5	2,03	0,3070	0,6532
3	1,02E-05	7	1,02	0,0079	0,8451
4	1,89E-05	4,5	1,89	0,2775	0,6532
5	6,80E-06	8,8	0,68	-0,1673	0,9445
6	1,84E-05	4,5	1,84	0,2647	0,6532
7	1,20E-04	1,2	12,03	1,0803	0,0792
8	2,05E-05	4,1	2,05	0,3120	0,6128
9	1,12E-05	7	1,12	0,0484	0,8451
10	4,95E-06	11,7	0,49	-0,3056	1,0682
11	9,61E-06	7	0,96	-0,0173	0,8451
12	2,46E-05	4,1	2,46	0,3912	0,6128
13	1,34E-04	1,2	13,43	1,1280	0,0792
14	5,13E-06	11,1	0,51	-0,2900	1,0453
15	2,70E-06	15,8	0,27	-0,5690	1,1987
16	1,86E-05	4,5	1,86	0,2687	0,6532
17	1,00E-05	7	1,00	-0,0001	0,8451
18	4,73E-06	11,1	0,47	-0,3248	1,0453
19	9,87E-05	1,4	9,87	0,9944	0,1461
20	1,66E-05	4,7	1,66	0,2210	0,6721
21	7,18E-06	8,8	0,72	-0,1441	0,9445
22	4,75E-06	11,7	0,48	-0,3233	1,0682
23	3,30E-06	15,8	0,33	-0,4816	1,1987
24	2,08E-05	4,7	2,08	0,3173	0,6721
25	1,22E-04	1,3	12,21	1,0866	0,1139

$$k = 17,202E-05$$

$$B = 1,4608$$

$$F_{ij} = 1,7202E-04 * (P_i * E_j) / (d_{ij})^{1,4608}$$

Passo 3:

Projeção de viagens diárias no prazo de 05 anos

Zona	Pi	Ei
1	16.200	44.220
2	74.000	6.092
3	57.300	2.589
4	138.000	17.474
5	68.700	4.639

Distância inter e intrazonal (km)

i / j	1	2	3	4	5
1	1,6	4,5	7	4,5	8,8
2	4,5	1,2	4,1	7	11,7
3	7	4,1	1,2	11,1	15,8
4	4,5	7	11,1	1,4	4,7
5	8,8	11,7	15,8	4,7	1,3

Fij

i / j	1	2	3	4	5
1	6,2020E+04	1,8864E+03	4,2044E+02	5,4109E+03	5,3928E+02
2	6,2548E+04	5,9416E+04	4,1955E+03	1,2962E+04	1,6249E+03
3	2,5400E+04	7,6443E+03	1,9552E+04	5,1182E+03	8,1126E+02
4	1,1664E+05	8,4275E+03	1,8263E+03	2,5374E+05	1,1484E+04
5	2,1800E+04	1,9810E+03	5,4284E+02	2,1534E+04	3,7369E+04

RESUMO DOS RESULTADOS

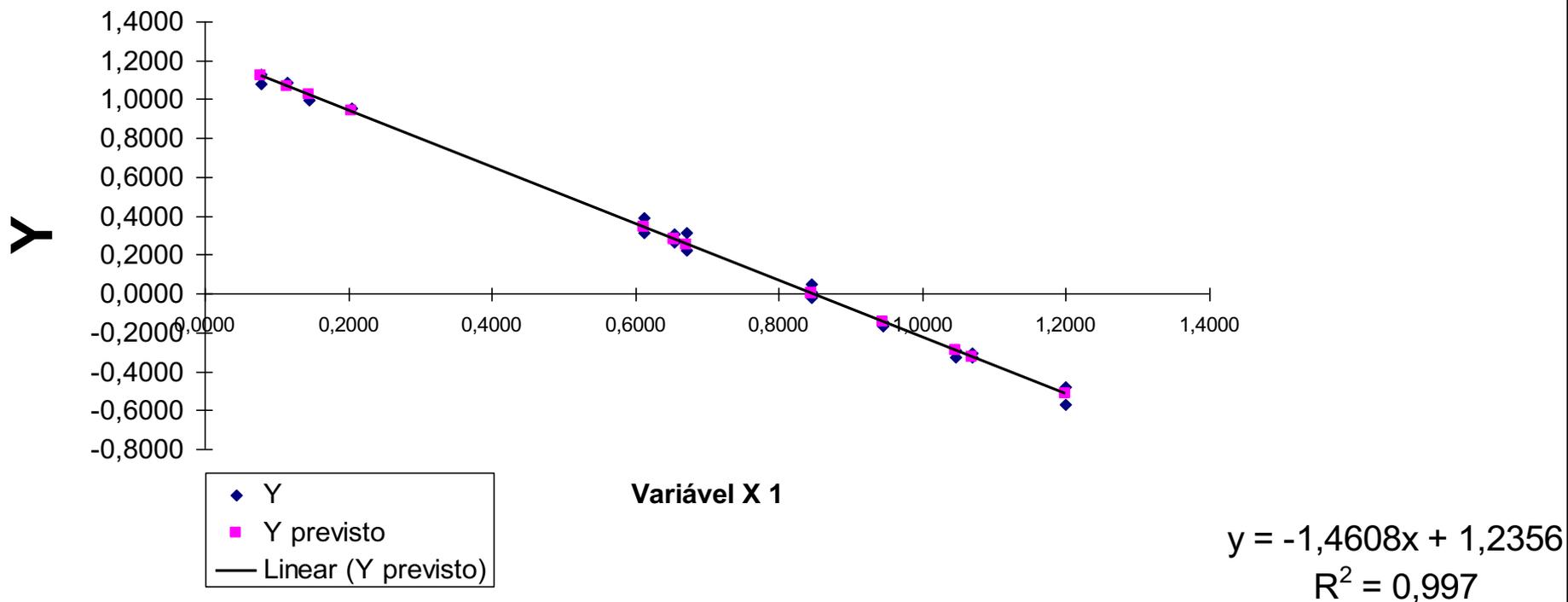
<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0,998287417
R-Quadrado	0,996577766
R-quadrado ajustado	0,996428973
Erro padrão	0,030404973
Observações	25

ANOVA

	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	1	6,191823577	6,191823577	6697,756101	7,27115E-30
Resíduo	23	0,021262635	0,000924462		
Total	24	6,213086212			

	<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	1,235618805	0,014023644	88,10968086	1,33813E-30	1,206608726	1,264628883	1,206608726	1,264628883
Variável X 1	-1,460798434	0,017849483	-81,83981978	7,27115E-30	-1,497722851	-1,423874016	-1,497722851	-1,423874016

Variável X 1 Plotagem de ajuste de linha



Fluxos O/D 2011

	Americana	Campinas	Hortolandia	
Americana	307 913	3 363	728	
Campinas	3 384	1 785 170	55 665	
Hortolandia	800	55 324	197 033	

Distancias e População

	Americana	Campinas	Hortolandia	
Americana	229 322 hab			
Campinas	38 km	1 164 098 hab		
Hortolandia	24 km	21 km	215 819 hab	

Calibre um modelo de gravidade geral considerando Campinas como origem