Modelos Espaciais de Equilíbrio Geral Computável I

Nereus
Núcleo de Economia Regional e Urbana da Universidade de São Paulo
The University of São Paulo Regional and Urban Economics Lab

"... this **advance** in analytical capability is achieved at a **cost**. Generally speaking, the magnitudes to be yielded by the models envisaged are **not to be viewed as precise values**. Rather these magnitudes have basic use only in indicating **direction of change** as exogenous inputs, such as policies, tastes and technology, are introduced. This is the result of the fact that the **inputs of data** that are currently employed to approximate parameters of a number of nonlinear functions is of **lesser quality** ... Moreover, most of these magnitudes will be cranked out by the rather complex programs designed for high speed computers and will not be able fully, and often even partially, to **follow how the play of the variables generated these magnitudes**."

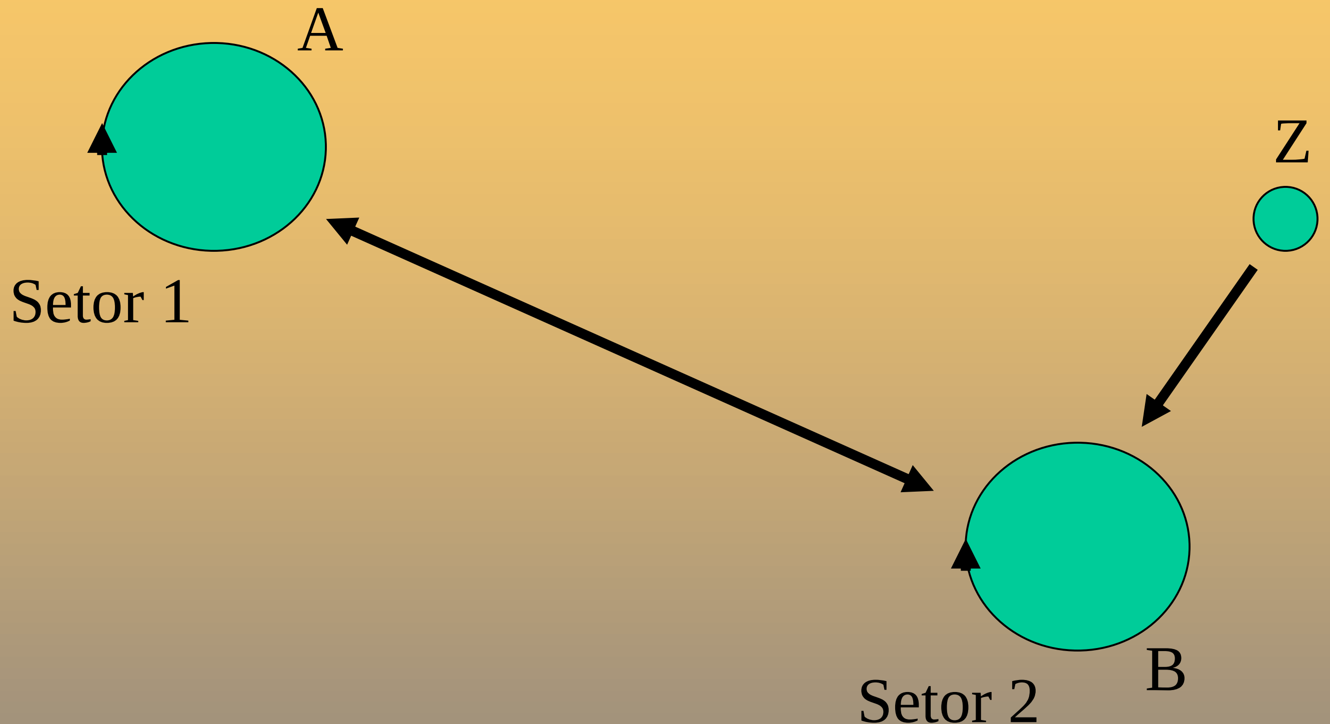
(Isard *et al.*, 1998, p. 334)

Introdução

- Isard e Azis (1998)
  - Um modelo altamente simplificado introduzindo distância e insumos de transporte como variáveis básicas (Modelo 1)
  - Insumos de transporte, localização e comércio em um mundo de dois países (Modelo 2)
- Bröcker (1998)
  - Modelo operacional
  - MINAS-SPACE: Almeida (2003)
- B-MARIA
  - Haddad (1999, 2004)

Isard e Azis (1998): Modelo 1

- Modelo inter-regional
- Produção, consumo e comércio
- Funções lineares e não-lineares
- Inclusão do espaço
- 2 regiões: A e B
- Localização da matéria-prima: Z


A
Z
Setor 1
B
Setor 2

- 100% do estoque de capital fixo em A (propriedade)
- 100% do estoque de mão-de-obra em B
- Não há custo de comutar de B para A
- Oferta de matéria-prima ilimitada (custo zero em Z)

Consumo

- Concorrência perfeita

$$Y^A = rK \quad \text{and} \quad Y^B = wL \qquad (1)$$

$$U = (C_1^i)^{0.5}(C_2^i)^{0.5} \qquad i = A, B \qquad (2)$$

- Max U s.a $\quad Y^i = P_1^i C_1^i + P_2^i C_2^i \qquad i = A, B$

$$\Rightarrow C_1^i = \frac{Y^i}{2P_1^i} \quad \text{e} \quad C_2^i = \frac{Y^i}{2P_2^i} \qquad i = A, B \qquad (3)$$

Produção

- Restrição tecnológica

$$X_1^A = K_1^{0.25} L_1^{0.75} \quad \text{e} \quad X_2^B = K_2^{0.5} L_2^{0.5} \tag{4}$$

- Maximização de lucro

$$k_1 = (w/3r)^{0.75} \quad \text{e} \quad l_1 = (3r/w)^{0.25} \tag{5}$$

$$k_2 = (w/r)^{0.5} \quad \text{e} \quad l_2 = (r/w)^{0.5} \tag{6}$$

Produção

- Insumos intermediários (coeficientes de insumo-produto *a*'s)

$$X_1 = a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + C_1^A + C_1^B \qquad (7)$$

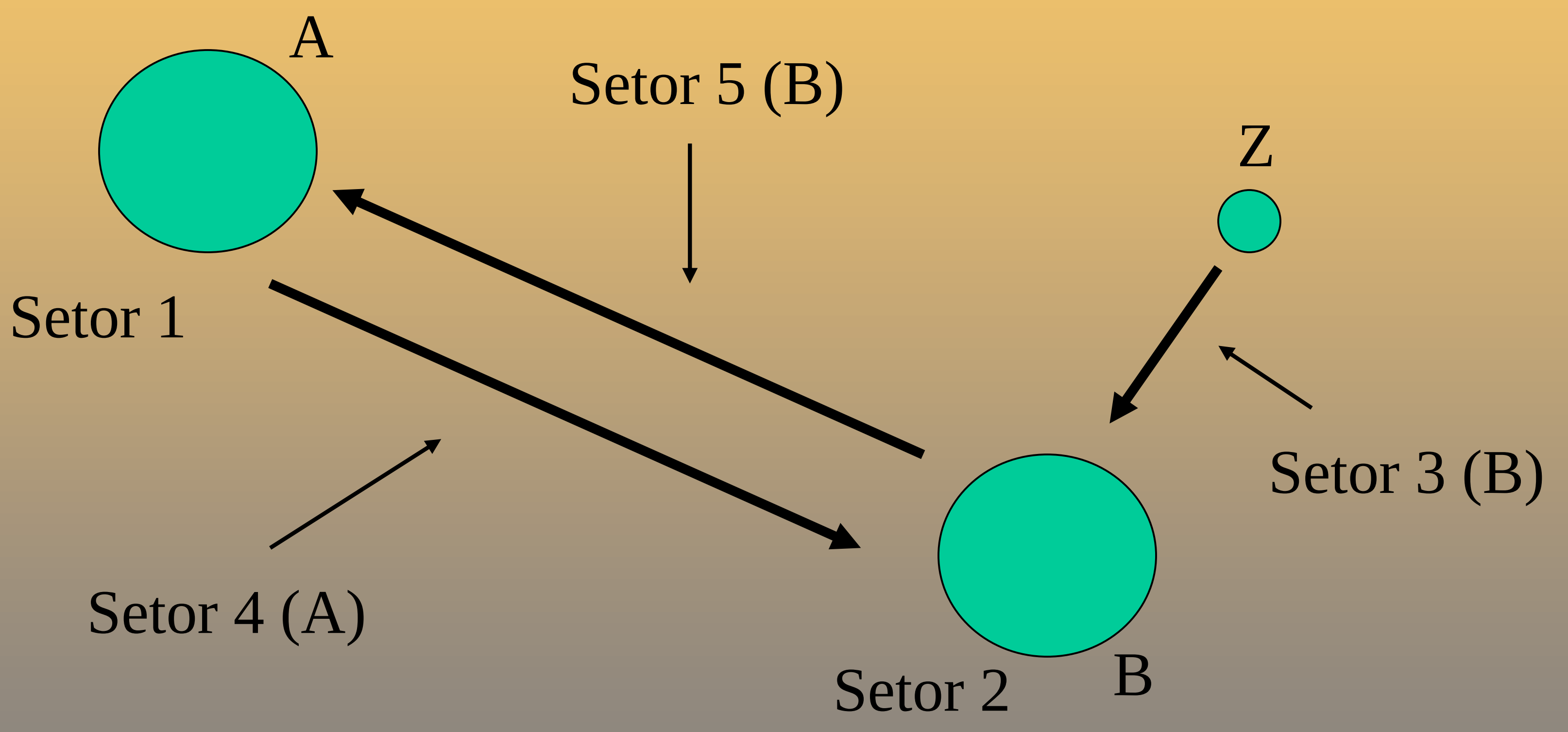
$$X_2 = a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + C_2^A + C_2^B \qquad (8)$$

Oferta = Demanda

Transporte

- Produção de insumos de transporte para o envio de bens (produção → consumo)
- No envio de uma unidade de bem, um insumo de transporte é definido como o produto do peso desta unidade pela distância a ser percorrida
- Atividades de transporte são caracterizadas por uma f.d.p. Leontief

3 Atividades de Transporte



- Coeficientes de produção constantes

$k_3^B, l_3^B, k_4^A, l_4^A, k_5^B, l_5^B$ (exógenos)

$\alpha_{32}, \alpha_{41}, \alpha_{52}$ ("*mark-up*" de transporte)

$$X_3^B = \alpha_{32} a_{02} X_2^B \qquad (9)$$

$$X_4^A = \alpha_{41} a_{12} X_2^B + \alpha_{41} C_1^B \qquad (10)$$

$$X_5^B = \alpha_{52} a_{21} X_1^A + \alpha_{52} C_2^A \qquad (11)$$

Mercado

- Concorrência perfeita → $\boxed{\text{P = custo unitário}}$
- Setores 3, 4, 5 (utilizam apenas K e L):

$$P_3^B = rk_3^B + wl_3^B \qquad (12)$$

$$P_4^A = rk_4^A + wl_4^A \qquad (13)$$

$$P_5^B = rk_5^B + wl_5^B \qquad (14)$$

- Custo de entrega:

$$P_2^A = P_2^B + \alpha_{52} P_5^B \qquad (15)$$

$$P_1^B = P_1^A + \alpha_{41} P_4^A \qquad (16)$$

- Lucros "zero":

$$P_1^A = rk_1 + wl_1 + a_{11} P_1^A + a_{21} P_2^B + a_{21} \alpha_{52} P_5^B \qquad (17)$$

$$P_2^B = rk_2 + wl_2 + a_{02} \alpha_{32} P_3^B + a_{22} P_2^B + a_{12} P_1^A + a_{12} \alpha_{41} P_4^A \qquad (18)$$

- Mercado dos fatores:

$$\bar{K} = \sum_i K_i, \quad \text{onde} \quad K_i = k_i X_i \qquad i = 1,\ldots,5 \qquad (19)$$

$$\bar{L} = \sum_i L_i, \quad \text{onde} \quad L_i = l_i X_i \qquad i = 1,\ldots,5 \qquad (20)$$

- <u>34 variáveis endógenas</u>

$r, w \quad Y^A, Y^B$

$C_1^A, C_2^A, C_1^B, C_2^B$

X_1, X_2, X_3, X_4, X_5

k_1, k_2, l_1, l_2

$P_1^A, P_2^A, P_1^B, P_2^B, P_3^B, P_4^A, P_5^B$

K_1, K_2, K_3, K_4, K_5

L_1, L_2, L_3, L_4, L_5

- <u>34 equações</u>

2 de renda (1)

4 de consumo (3)

4 de fator unitário (5)(6)

5 de produção (7)-(11)

7 de preço (12)-(18)

12 de fatores (19)(20)

- <u>Variáveis exógenas</u>

$\bar{K}, \bar{L}, a_{ij}s, \alpha_{ij}s,$

$l_3, l_4, l_5, k_3, k_4, k_5$

Exemplo

$$\bar{K} = 0.8, \bar{L} = 2.0$$

$$a_{11} = 0.05, a_{12} = 0.20, a_{21} = 0.20, a_{22} = 0.10$$

$$\alpha_{32} = 0.12, \alpha_{41} = 0.10, \alpha_{52} = 0.10$$

$$l_3 = 0.4, l_4 = 0.3, l_5 = 0.2$$

$$k_3 = 0.3, k_4 = 0.2, k_5 = 0.5$$

Table 8-1 Impacts of the distance and transport input variables (weights of units of grain, textiles, and coal are 20 lbs.)

	distances (miles)		α_{41};α_{52} Transport inputs on	α_{32} Transport inputs on														
	A→B B←A	Z→B	(1) grain (2) textiles in ton-miles	coal in ton-miles	C_1^A	C_2^A	C_1^B	C_2^B	P_1^A	P_2^A	P_1^B	P_2^B	X_1^A	X_2^B	r	w	K	L
1	0	0	0	0	0.239	0.185	0.387	0.300	2.58	3.32	2.58	3.32	0.800	0.672	1.542	1.0	0.80	2.0
2	10	0	0.1	0	0.238	0.182	0.377	0.299	2.59	3.38	2.65	3.35	0.787	0.666	1.540	1.0	0.80	2.0
3	100	0	1.	0	0.229	0.159	0.308	0.289	2.65	3.81	3.25	3.46	0.693	0.613	1.513	1.0	0.80	2.0
4	300	0	3.	0	0.209	0.123	0.220	0.272	2.77	4.71	4.54	3.68	0.564	0.532	1.445	1.0	0.80	2.0
5	0	12	0	0.12	0.238	0.179	0.384	0.289	2.61	3.46	2.61	3.46	0.791	0.652	1.55	1,0	0.80	2.0
6	10	12	0.10	0.12	0.237	0.177	0.374	0.288	2.61	3.51	2.68	3.48	0.779	0.646	1.55	1.0	0.80	2.0
7	300	36	3.0	0.36	0.200	0.166	0.216	0.245	2.85	5.13	4.64	4.08	0.551	0.498	1.49	1.0	0.80	2.0
8	300	300	3.0	3.0	0.210	0.086	0.182	0.135	3.50	8.56	5.51	7.41	0.481	0.326	1.84	1.0	0.80	2.0

Isard e Azis (1998): Modelo 2

- 2 países:
  - A (abundante em L)
  - B (abundante em K)
- 2 setores produtivos: 1 e 2
- Diferentes dotações de recursos (K e L)
- Modelo de Heckscher-Ohlin:
  - Exportações de um país utilizarão intensivamente o fator abundante deste país
  - Preços dos fatores serão os mesmos (não haverá incentivo para migração)

Pressupostos do Modelo de H-O

- Funções de produção idênticas
- Retornos constantes na produção
- Retornos decrescentes na utilização dos fatores
- Padrão de consumo idêntico
- Não-reversibilidade das intensidades dos fatores
- Custos de transporte nulos

Consumo

- Concorrência perfeita $\rightarrow$ lucro "zero"

$$Y^i = r^i K^i + w^i L^i \quad i = A, B \qquad (21)$$

- Max U s. a R.O.:

$$C_1^i = \frac{Y^i}{2P_1^i} \text{ e } C_2^i = \frac{Y^i}{2P_2^i} \quad i = A, B \qquad (22)$$

Produção

- Função de produção (restrição tecnológica):

$$X_1^i = (K_1^i)^{0.25}(L_1^i)^{0.75} \quad i = A, B \tag{23}$$

$$X_2^i = (K_2^i)^{0.5}(L_2^i)^{0.5} \quad i = A, B \tag{24}$$

Qual o produto será exportado pelo país A?

- Maximização de lucro:

$$k_1^i = (w^i / 3r^i)^{0.75} \text{ e } l_1^i = (3r^i / w^i)^{0.25} \quad i = A, B \qquad (25)$$

$$k_2^i = (w^i / r^i)^{0.5} \text{ e } l_2^i = (r^i / w^i)^{0.5} \quad i = A, B \qquad (26)$$

$$P_1^A = r^A k_1^A + w^A l_1^A \qquad (27)$$

$$P_2^B = r^B k_2^B + w^B l_2^B \qquad (28)$$

Obs.: Não há insumos intermediários!

$$X_1^A = C_1^A + Ex_1^{A \to B} \quad X_2^A = C_2^A + Ex_2^{B \to A} \qquad (29)$$

$$X_1^B = C_1^B + Ex_1^{A \to B} \quad X_2^B = C_2^B + Ex_2^{B \to A} \qquad (30)$$

Transporte

- 2 atividades:
  - #1 A → B (#4 em A)
  - #2 B → A (#5 em B)

$\alpha_{41} \rightarrow$ quantidade de insumo de transporte por unidade exportada do bem 1

$\alpha_{52} \rightarrow$ quantidade de insumo de transporte por unidade exportada do bem 2

Transporte

$$X_4^A = \alpha_{41} Ex_1^{A \to B} \quad (31)$$

$$X_5^A = \alpha_{52} Ex_2^{B \to A} \quad (32)$$

$$P_4^A = r^A k_4^A + w^A l_4^A \quad (33)$$

$$P_5^B = r^B k_5^B + w^B l_5^B \quad (34)$$

Mercado

- ***w*** e ***r*** determinados pela igualdade entre oferta e demanda no mercado de fatores

$$\left.\begin{array}{lll} K^A = K_1^A + K_2^A + K_4^A & L^A = L_1^A + L_2^A + L_4^A & \\ K^B = K_1^B + K_2^B + K_5^B & L^B = L_1^B + L_2^B + L_5^B & \\ K_h^A = k_h^A X_h^A & L_h^A = l_h^A X_h^A & h = 1, 2, 4 \\ K_g^B = k_g^B X_g^B & L_g^B = l_g^B X_g^B & g = 1, 2, 5 \end{array}\right\} \quad (35)$$

$$P_2^A = \varphi(P_2^B + \alpha_{52} P_5^B) \qquad (36)$$

$$P_1^B = \frac{1}{\varphi}(P_1^A + \alpha_{41} P_4^A) \qquad (37)$$

$\varphi \rightarrow$ converte a moeda de B em moeda de A

Ex.: $\boxed{P_2^{Brasil} = \frac{R\$}{US\$}(P_2^{EUA} + \alpha_{52} P_5^{EUA})}$

$$\frac{1}{\varphi}(P_1^A + \alpha_{41} P_4^A) M_1^{A \rightarrow B} - \varphi(P_2^B + \alpha_{52} P_5^B) M_2^{B \rightarrow A} = 0 \qquad (38)$$

$\varphi \rightarrow$ determinada de modo que o valor das importações de B (c.i.f.) seja igual ao valor das importações de A (c.i.f.)

- 49 variáveis endógenas
- 49 equações

Exemplo:

$$\overline{K}^{A}=0.8,\overline{L}^{A}=2.0,\overline{K}^{B}=1.6,\overline{L}^{B}=1.8$$

$$l_4^A=l_5^B=0.2;k_4^A=k_5^B=0.25$$

$$d^{A\to B}=d^{B\to A}=0\Rightarrow\alpha_{41}=\alpha_{52}=0$$

$$\varphi=1$$

$$d^{A \to B} = 100$$

$$\alpha_{41} = \alpha_{52} = 1$$

Table 8-2 Impact of distance on trade among nations and the location problem

	H-O	I/A1	I/A2	I/A3
K^A	0.8	0.800	0.6	0.783
L^A	2.0	2.000	1.8	1.982
K^B	1.6	1.594	1.584	1.419
L^B	1.8	1.795	1.812	1.603
X_1^A	1.432	1.285	1.711	1.285
X_2^A	0.144	0.260	0.155	0.243
X_4^A	—	0.485	0.485	0.485
X_1^B	0.323	0.459	0.489	0.404
X_2^B	1.416	1.279	1.256	1.151
X_5^B	—	0.428	0.412	0.401
C_1^A	0.797	0.800	0.686	0.800
C_2^A	0.708	0.688	0.567	0.644
C_1^B	0.958	0.944	0.974	0.889
C_2^B	0.852	0.851	0.845	0.751

	H-O	I/A1	I/A2	I/A3
Y^A	4.689	13.816	11.466	13.816
Y^B	5.640	16.719	16.719	15.754
P_1^A	2.943	8.635	8.357	8.635
P_2^A	3.312	10.045	10.118	10.728
P_4^A	—	0.224	0.223	0.224
P_1^B	2.943	8.859	8.580	8.859
P_2^B	3.312	9.823	9.896	10.491
P_5^B	—	0.222	0.222	0.237
r^A	1.614	5.162	5.46	5.162
w^A	1.699	4.843	4.55	4.843
r^B	1.614	4.585	4.585	4.9
w^B	1.699	5.213	5.213	5.48
$Ex_2^{B \to A}$	0.564	0.428	0.411	0.401
$Ex_1^{A \to B}$	0.635	0.485	0.485	0.485
fe	1.0	1.0	1.0	1.0

$$w^A < w^B$$

$$r^A > r^B$$

- Redução na produção de #1 e #2
- Regiões menos especializadas

Localização

- Suponha que uma firma multinacional decida construir uma nova fábrica
  - A ou B?
  - Decisão baseada em custo (apenas!)
- Produção destinada a A e B (50%-50%)
- φ OK
- Preço f.o.b. será o mesmo para todos os consumidores (independente da localização)

- Custo de transporte será o mesmo
- Requisito total de insumos: $l = k = 0.2$
- Abordagem clássica de custos (IA/1):
  - Custo total: $0.2[r^s + w^s]$, s = A, B
  - 0.2[5.162 + 4.843] = 2.001 (A)
  - 0.2[4.585 + 5.213] = 1.960 **(B)**
- <u>Mas</u>: nova fábrica $\Rightarrow \Delta$ preços dos fatores
  - Quais serão os custos após a implantação?
  - IA/2 e IA/3
  - 2.002 **(A)** e 2.076 (B)