

MODELO DINÂMICO MULTISSECTORIAL «MILAI I» — DESCRIÇÃO SINTÉTICA E APRESENTAÇÃO DE ALGUNS RESULTADOS

Eduardo Rosário Dias (*)

1 — Generalidades

O presente trabalho tem como objectivo descrever o modelo MILAI I e apresentar alguns dos seus resultados.

Este modelo, bem como o JOANA I [4], constituem os principais elementos de um pequeno sistema que escrevi com o intuito de clarificar algumas ideias acerca dos processos macroeconómicos de desenvolvimento a longo prazo no caso concreto da economia portuguesa.

Trata-se de um modelo dinâmico de decisão, utilizando as técnicas de programação linear, pelo que assenta no pressuposto da existência de uma relação linear entre as variáveis que o compõem, podendo, no entanto, o valor dessa relação variar de período para período.

Inspira-se nos modelos húngaros de planeamento económico a longo prazo, nomeadamente o modelo protótipo de simulação da política económica (versão B), o modelo dinâmico (EP 1 — 3 sectores) e o modelo dinâmico multisectorial (K 1 — 17 sectores) [1], [5], [12].

Baseia-se nos quadros *input/output*, a partir dos quais estimámos uma parte importante dos seus coeficientes, e tem como objectivos fundamentais determinar a distribuição sectorial «óptima» do investimento e traçar a respectiva trajectória de crescimento.

Permite definir trajectórias «óptimas» alternativas, consoante os valores ou limites introduzidos nas suas restrições, mas principalmente permite analisar a resposta do sistema económico a diferentes graus de endividamento, aos volumes disponíveis de mão-de-obra e a objectivos distintos da política económica.

Está concebido para ser utilizado em períodos de duração diferente e com agregações sectoriais distintas. Tem, no entanto, sido utilizado para um período de 16 anos, com uma desagregação a 6 sectores.

Está dividido em 13 blocos de equações e desigualdades, um dos quais é constituído pelo conjunto das funções objectivo.

(*) Faleceu em Outubro passado, quando tinha em conclusão a sua tese de doutoramento, a defender na Academia das Ciências de Budapeste. O conselho editorial assegura a revisão de provas.

Desagregado a 6 sectores (v. quadro n.º 1) e para um período de 16 anos, a matriz das restrições apresenta 1124 linhas, 742 colunas (sem variáveis auxiliares) e um vector de segundos membros.

O presente texto apresenta mais três partes: descrição do modelo, resultados obtidos e conclusões.

QUADRO N.º 1

Definição dos sectores

Número	Designação	Ramos das matrizes comparáveis 20 x 20 GEBEI
1	Bens primários	01, 02
2	Bens de consumo	03, 04, 05, 06, 14
3	Bens intermédios	07, 08, 09, 10, 11
4	Bens de equipamento	12, 13
5	Construção	16
6	Serviços	15, 17, 18, 19, 20

2 — Descrição do modelo

2.1 — A concepção

Uma vez que o seu objectivo é descrever a economia nacional e o seu funcionamento, este modelo parte de uma descrição estática, que nos é dada pelo quadro *input/output* — dividido em 4 quadrantes [11] —, que indica a estrutura da economia num dado momento (v. fig. 1).

No 1.º quadrante estão contidos os fluxos de produção entre os diferentes sectores: a soma de cada coluna representa os *inputs* intermédios de cada sector, de origem interna, na produção dos diferentes sectores; a soma em linha define a parte do *output* de um sector utilizado na produção dos restantes sectores.

O 2.º quadrante apresenta-nos as utilizações finais da produção, o 3.º indica-nos o valor acrescentado e a importação para utilização intermédia e o último contém apenas as importações para utilização final. O significado detalhado dos símbolos será indicado na descrição do modelo.

A dinamização deste esquema podia ter sido feita através da matriz do capital, o que nos teria conduzido ao modelo dinâmico de Leontieff. Porém, o nosso objectivo é analisar comportamentos a longo prazo, pelo que utilizámos um sistema mais flexível, trabalhando apenas com as relações macroeconómicas essenciais.

Nestes termos, o modelo assegura somente o equilíbrio ao nível dos mercados agregados de bens intermédios de capital, obtendo-se o consumo, a variação de *stocks* e a exportação, da oferta agregada para estes usos.

Figura 1

1.º quadrante			2.º quadrante						
Input Sectores	Output Sectores			Uso intermédio	Consumo	FBCF	Variação de stocks	Exportação	Total dos usos
	1, i, n								
1	$a_{11}^t X_{1t}, \dots, a_{1j}^t X_{1t}, \dots, a_{1n}^t X_{1t}$			$\sum_{j=1}^n a_{1j}^t X_{1t}$	$CONS_{1t}$	$FBCF_{1t}$	ST_{1t}	EXP_{1t}	X_{1t}
⋮	⋮			⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
i	$a_{i1}^t X_{it}, \dots, a_{ij}^t X_{it}, \dots, a_{in}^t X_{it}$			$\sum_{j=1}^n a_{ij}^t X_{it}$	$CONS_{it}$	$FBCF_{it}$	ST_{it}	EXP_{it}	X_{it}
⋮	⋮			⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
n	$a_{n1}^t X_{nt}, \dots, a_{nj}^t X_{nt}, \dots, a_{nn}^t X_{nt}$			$\sum_{j=1}^n a_{nj}^t X_{nt}$	$CONS_{nt}$	$FBCF_{nt}$	ST_{nt}	EXP_{nt}	X_{nt}
Consumo intermédio (origem interna)	$\sum_{j=1}^n a_{1j}^t X_{jt}, \dots, \sum_{j=1}^n a_{ij}^t X_{jt}, \dots, \sum_{j=1}^n a_{in}^t X_{jt}$			$TINT_t$	$\sum_{i=1}^n CONS_{it}$	$\sum_{i=1}^n FBCF_{it}$	$\sum_{i=1}^n ST_{it}$	$\sum_{i=1}^n EXP_{it}$	TX_t
Valor acrescentado	$VA_{1t}, \dots, VA_{jt}, \dots, VA_{nt}$			$\sum_{j=1}^n VA_{jt}$	⋮	⋮	⋮	⋮	$\sum_{j=1}^n VA_{jt}$
Importação	$IMP(IN)_{1t}, \dots, IMP(IN)_{jt}, \dots, IMP(IN)_{nt}$			$TIMP(IN)_t$	$IMP(cons)_t$	$IMP(FBCF)_t$	$IMP(ST)_t$	—	$TIMP_t$
Total das origens	$X_{1t}, \dots, X_{jt}, \dots, X_{nt}$			TX_t	$CONS_t$	$TFBCF_t$	ST_t	$TEXP_t$	TT

3.º quadrante

4.º quadrante

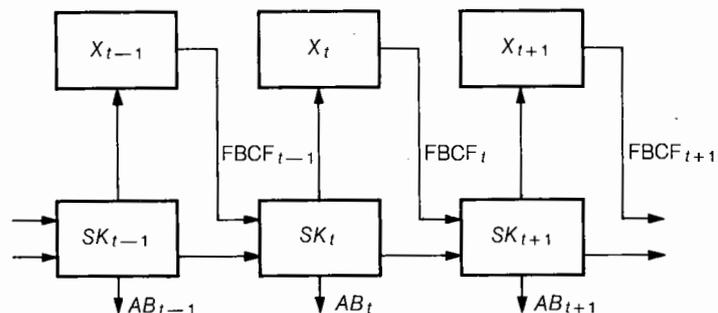
Na realidade, com ele não pretendemos obter uma imagem exacta dos *outputs* e usos dos diferentes sectores, pretendemos apenas descrever os seus processos de crescimento no conjunto da economia.

Difere dos modelos que habitualmente encontramos na literatura, na medida em que também não existe a preocupação de fixar condições terminais mínimas e pedir que o modelo nos trace as trajectórias óptimas para as atingir.

Efectivamente, a nossa preocupação básica consistiu em estabelecer condições mínimas de funcionamento para o sistema económico, e não em fixar objectivos; daí as condições terminais serem extremamente simplificadas.

O elemento dinâmico principal do modelo encontra-se sintetizado na figura 2, que representa o sistema económico como se este dispusesse apenas de um sector produtivo, e na equação (4), que resulta, como veremos, da substituição sucessiva das três primeiras equações.

Figura 2



Assim, a produção do sector (*i*) num determinado ano (*t*), (X_{it}), relaciona-se com o *stock* de capital existente no início desse mesmo ano (SK_{it}) por intermédio de um coeficiente (K_{it}), que traduz a eficiência do capital existente no sector (1):

$$X_{it} = K_{it} SK_{it} \quad (1)$$

O *stock* de capital existente devido à utilização produtiva e à obsolescência sofre uma diminuição expressa pelo coeficiente (ab_{it}) e um aumento que resulta da formação bruta de capital fixo (FBCF) efectuada e posta em operação nesse ano (2):

$$SK_{it} = SK_{i,t-1} \cdot (1 - ab_{i,t-1}) + FBCF_{it} \quad (2)$$

Se utilizarmos a equação (3), versão da equação (1), que explicita o *stock* de capital em função da produção e do inverso da eficiência do capital:

$$SK_{i,t-1} = \frac{1}{K_{i,t-1}} \cdot X_{i,t-1} \quad (3)$$

e a substituímos em (2) e posteriormente a equação obtida em (1), deduzimos (4):

$$X_{it} = (1 - ab_{i,t-1}) \cdot \frac{K_{it}}{K_{i,t-1}} \cdot X_{i,t-1} + K_{it} \cdot FBCF_{it} \quad (4)$$

que é a principal equação dinâmica do modelo.

2.2 – As relações do modelo

2.2.1 – Bloco intertemporal

Este bloco é constituído, para além da equação (4) anteriormente referida, por um segundo grupo de restrições.

A primeira (5) permite distinguir na FBCF efectuada num determinado ano aquela que entra imediatamente em operação da que ainda se encontra em gestação, isto porque sabemos que em certos sectores o capital só está apto para utilização após vários anos de formação:

$$TFBCF_{it} = \sum_{h=1}^5 p_{ih} \cdot FBCF_{i,t+h} \quad (5)$$

$$\sum_{h=1}^5 p_{ih} = 1 \quad (6)$$

sendo p_{ih} o coeficiente de repartição da FBCF efectuada num determinado ano pelos vários períodos em que irá ser posta em operação. Os desfasamentos (*lags*) máximos considerados foram de 5 anos, centrando-se a grande maioria do capital posto em operação nos 2 primeiros anos.

Uma vez que o modelo opera num horizonte de tempo limitado, e atendendo aos desfasamentos introduzidos, tivemos que estabelecer limites inferiores de FBCF para os últimos 5 anos (7) — constituem condições terminais —, pois neles já deverão estar em execução projectos que ultrapassam o último ano do período definido para os cálculos do modelo:

$$TFBCF_{it} \geq \sum_{h=1}^{n-t} p_{ih} \cdot FBCF_{i,t+h} \quad (7)$$

2.2.2 – Bloco da formação de capital

Integra três tipos de relações distintas:

A primeira determina o total da formação de capital efectuada num ano por adição das formações de capital sectoriais (8) — repartição sectorial:

$$TFBCF_t = \sum_{i=1}^n TFBCF_{it} \quad (8)$$

A segunda estabelece limites mínimos para o crescimento da formação de capital de ano para ano (9) — condição de funcionamento do sistema:

$$\text{TFBCF}_t \geq e_b \text{TFBCF}_{t-1} \quad (9)$$

A terceira (10) assegura a condição de equilíbrio — embora agregado — no mercado de bens de capital. Ou seja, a formação de capital é constituída por duas componentes fundamentais, uma de origem interna, outra de origem importada:

$$\text{TFBCF}_t = \sum_{i=1}^n b_{it} X_{it} + \text{IMP}(\text{FBCF})_t \quad (10)$$

em que b_{it} é a proporção da produção sectorial utilizada na formação de capital no ano t .

2.2.3 — Bloco da utilização intermédia

Este bloco realiza o equilíbrio agregado no mercado de bens intermédios (11):

$$\sum_{j=1}^n m_{jt} X_{jt} = \sum_{i=1}^n o_{it} X_{it} + \text{TIMP}(\text{IN})_t \quad (11)$$

em que m_{jt} representa o *ratio* das utilizações intermédias (internas e externas) do sector j no período t relativamente ao total dos seus *inputs* e o_{it} é a proporção do *output* total do sector i no ano t , que se destina a utilização intermédia.

2.2.4 — Bloco do consumo

Compõe-se de dois tipos de relações:

No primeiro (12) indica-se que o consumo total (público e privado) é constituído por uma componente interna e outra externa:

$$\text{CONS}_t = \sum_{i=1}^n g_{it} x_{it} + \text{IMP}(c)_t \quad (12)$$

em que g_{it} é a proporção da produção do sector i utilizada em consumo no ano t ;

O segundo tipo (13) — condição de funcionamento do sistema — obriga a um crescimento mínimo anual do consumo total:

$$\text{CONS}_t \geq e_c \text{CONS}_{t-1} \quad (13)$$

2.2.5 — Bloco da variação de «stocks»

Consiste numa única igualdade de concepção semelhante a algumas que anteriormente indicámos, explicitando também duas origens, uma interna, outra importada:

$$ST_t = \sum_{i=1}^n d_{it} X_{it} + IMP (ST)_t \quad (14)$$

em que d_{it} é a proporção da produção do sector i no ano t utilizada na variação de *stocks* (ST_t).

2.2.6 — Bloco das exportações

Compõe-se de duas igualdades:

A primeira (15) explicita que as exportações (EX_{it}) são uma proporção (n_{it}) fixa da produção anual de um determinado sector, o que não implica que o valor dessa proporção permaneça constante no tempo — se pretendermos simular uma promoção sectorial das exportações, aumentá-lo-emos (n_{it}), o que implicará uma diminuição em (b_{it} , g_{it} ou d_{it}):

$$EXP_{it} = n_{it} x_{it} \quad (15)$$

A segunda indica que o total anual das exportações é igual à soma das exportações anuais sectoriais:

$$TEXP_t = \sum_{i=1}^n EXP_{it} \quad (16)$$

2.2.7 — Bloco das importações

É constituído por cinco tipos de igualdades. As quatro primeiras caracterizam as importações segundo a sua utilização, a última é a equação de equilíbrio.

2.2.7.1 — Importação para utilização intermédia:

$$IMP (IN)_{jt} = I_{jt} x_{jt} \quad (17)$$

em que I_{jt} é a proporção dos bens intermédios de origem externa utilizados no total dos *inputs* do sector j no ano t .

O total da importação para utilização intermédia é dado por (18):

$$TIMP (IN)_t = \sum_{j=1}^n IMP (IN)_{jt} \quad (18)$$

2.2.7.2 – Importação para FBCF:

$$\text{IMP (FBCF)}_t = q_t \left(\sum_{i=1}^n b_{it} x_{it} \right) \quad (19)$$

em que q_t é o *ratio* entre a FBCF de origem externa no ano t e o total de origem interna nesse mesmo ano.

2.2.7.3 – Importação para consumo:

$$\text{IMP (CONS)}_t = c_t \left(\sum_{i=1}^n g_{it} x_{it} \right) \quad (20)$$

em que c_t é a proporção do consumo importado no ano t no total do consumo de origem interna nesse mesmo ano.

2.2.7.4 – Importação para variação de «stocks»:

$$\text{IMP (ST)}_t = s_t \left(\sum_{i=1}^n d_{it} x_{it} \right) \quad (21)$$

em que s_t é a proporção da variação de existências importadas no ano t relativamente à de origem interna no mesmo ano.

2.2.7.5 – Equação de equilíbrio

Estabelece que o total das importações num determinado ano (t) é igual à soma das importações para utilização intermédia, consumo FBCF e variação de existências:

$$\text{TIMP}_t = \text{TIMP (IN)}_t + \text{IMP (c)}_t + \text{IMP (FBCF)}_t + \text{IMP (ST)}_t \quad (22)$$

Sempre que pretendermos simular a substituição de importações, deveremos alterar (diminuir) os coeficientes (q_t, c_t, s_t).

2.2.8 — Bloco síntese das relações exteriores

Integra uma única igualdade, que define o equilíbrio exterior do sistema económico (23):

$$\text{TIMP}_t - \text{TEXP}_t \leq D_t \quad (23)$$

ou seja, o total das importações de mercadorias subtraído do total das exportações deverá ser inferior a um determinado montante (D_t), a fixar exogenamente, que deverá traduzir os saldos previsíveis das balanças de invisíveis correntes e capitais, bem como o grau de endividamento exterior permissível.

2.2.9 — Bloco da infra-estrutura

É constituído por três tipos de relações distintas, que poderão ou não estar introduzidas simultaneamente no modelo. Estas condições dizem, fundamentalmente, respeito a proporções mínimas que deverão existir entre determinadas variáveis e sectores — condições de funcionamento.

A primeira relação (24) estabelece uma proporção mínima (z_t) entre os sectores de produção material e os restantes sectores:

$$z_t \left(\sum_{i=1}^{m-1} x_{it} \right) \leq \sum_{i=m}^n x_{it} \quad (24)$$

A segunda relação (25) estabelece que os sectores de produção não material deverão crescer a uma taxa mínima anual (v_t):

$$\sum_{i=m}^n x_{it} \geq v_t \left(\sum_{i=m}^n x_{i, t-1} \right) \quad (25)$$

A última (26) define uma proporção mínima entre a produção não material e o consumo total, o que implica a existência no consumo de um determinado quantitativo de serviços:

$$\sum_{i=m}^n x_{it} \geq w_t \text{ CONS}_t \quad (26)$$

2.2.10 — Bloco das restrições intersectoriais

Neste bloco encontramos dois tipos de restrições de utilização alternativa.

O primeiro (27) diz respeito aos tradicionais coeficientes técnicos (a_{ij}^t) e refere-se, objectivamente, a todo o 1.º quadrante da matriz //O:

$$\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n a_{ij}^t x_{it} = \sum_{i=1}^n o_{it} x_{it} \quad (27)$$

O segundo introduz uma situação mais flexível no modelo, não o amarrando a uma estrutura produtiva determinada, cuja evolução é sempre de previsão difícil.

Neste contexto estabelecem-se apenas proporções mínimas entre as produções dos diferentes sectores — condições de funcionamento.

Definiram-se três proporções características:

a) Entre a produção de um sector e a produção total do sistema (ρ_t):

$$x_{it} \geq \rho_{it} \sum_{i=1}^n x_{it} \quad (28)$$

b) Entre a produção de dois sectores (ρ_2):

$$x_{it} \cong \rho_{2t} x_{jt} \quad (29)$$

c) Entre a produção de um sector e a de um grupo de sectores (ρ_3):

$$x_{it} \cong \rho_{3t} \cdot \left(\sum_{j=1}^m x_{jt} \right) \quad (30)$$

2.2.11 — Bloco da produção e do produto

Este bloco, através de duas igualdades, permite:

O cálculo da produção global (TX_t) em cada ano (31) pela adição das produções sectoriais:

$$TX_t = \sum_{i=1}^n x_{it} \quad (31)$$

O cálculo do valor acrescentado (PIB_t — produto interno):

$$PIB_t = TX_t - \sum_{i=1}^n m_{it} x_{it} \quad (32)$$

2.2.12 — Bloco do emprego

Dispõe de três tipos de relações:

No primeiro (33), a partir da produção de cada sector, por intermédio de um coeficiente (em_{it} — produtividade de mão-de-obra do sector i no ano t), determina-se o volume de emprego sectorial (EMP_{it}):

$$EMP_{it} = em_{it} \cdot x_{it} \quad (33)$$

No segundo (34) estabelecem-se limites máximos globais de emprego (L_t) anuais:

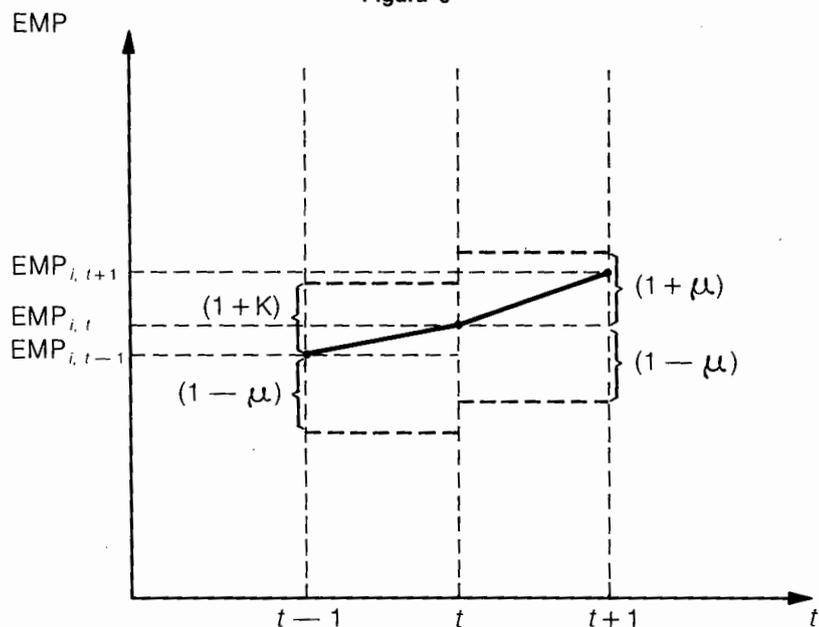
$$\sum_{i=1}^n EMP_{it} \leq L_t \quad (34)$$

No terceiro definem-se limites máximos (35) e mínimos (36) para as oscilações sectoriais anuais de emprego (fig. 3). Este tipo de restrições estabiliza bastante o modelo, impedindo oscilações bruscas de produção e, logicamente, de investimento, características, aliás, patente nos modelos de programação linear:

$$EMP_{it} - (1 - \mu) EMP_{i,t-1} \leq 0 \quad (35)$$

$$EMP_{it} - (1 + \mu) EMP_{i,t-1} \geq 0 \quad (36)$$

Figura 3



(μ) Define a taxa limite de variação anual do emprego para os vários sectores.

2.2.13 — Bloco das funções objectivo

Integra três funções objectivo diferentes:

Máximo da produção:

$$\text{MAX} \sum_{t=1}^T TX_t \quad (37)$$

Máximo do consumo:

$$\text{MAX} \sum_{t=1}^T CONS_t \quad (38)$$

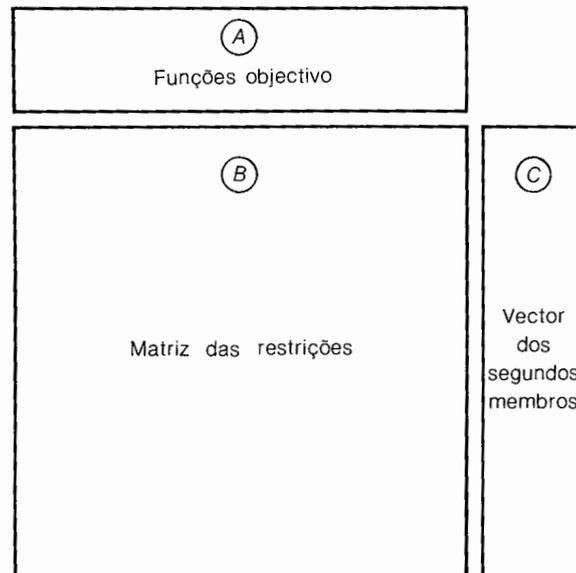
Máximo do saldo da balança de mercadorias:

$$\text{MAX} \sum_{t=1}^T (TEXP_t - TIMP_t) \quad (39)$$

Para terminar a descrição do modelo, resta-nos dar uma visão de conjunto do mesmo, principalmente da matriz das restrições.

O modelo é constituído por três partes principais: as funções objectivo (A), a matriz das restrições (B) e um vector de segundos membros (C), como se encontra representado na figura 4.

Figura 4



As partes (B) e (C) estão mais detalhadamente descritas na figura 6. Nela estão assinalados os blocos, as equações e as variáveis que anteriormente analisámos. O exemplo seguinte permite-nos clarificar este tipo de representação.

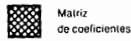
O bloco síntese das relações exteriores compõe-se de uma única relação. Se percorrermos de cima para baixo a primeira coluna, designada por «blocos», encontramos o bloco referido na 8.^a posição. Em frente à sua designação constatamos uma única relação, a (23). Uma vez que se trata de uma relação de agregação, só é considerada a dimensão temporal ($1 \times T$).

As variáveis nela contidas são $TEXP_t$, $TIMP_t$ e o segundo membro D_t , ou seja, dispomos de T desigualdades, tal como se encontra explicitado na figura 5.

Figura 6

MATRIZ DAS RESTRIÇÕES			Variáveis																Vector — Se- gundos mem- bros
Blocos	Equa- ções	Dimensões	X_{it}	TX_t	PIB_t	$FBCF_{it}$	$TFBCF_{it}$	$TFBCF_t$	$CONS_t$	ST_t	EXP_t	TEP_t	IMP $(IN)_t$	IMP $(C)_t$	IMP $(FBCF)_t$	IMP $(STO)_t$	$TIMP_t$	EMP_{it}	
			$n \times (T-1)$	$1 \times T$	$1 \times T$	$n \times T$	$n \times T$	$1 \times T$	$1 \times T$	$1 \times T$	$1 \times T$	$n \times T$	$1 \times T$	$n \times T$	$1 \times T$	$1 \times T$	$1 \times T$	$1 \times T$	
Intertemporal	4	$n \times T$	█			█													
	5, 6, 7	$n \times T$				█	▨												
Formação de capital	8	$1 \times T$					▨	▨											
	9	1×5							█										
Utilização intermédia	10	$1 \times T$	█																
	11	$1 \times T$	█																
Consumo	12	$1 \times T$	█																
	13	1×5								█									
Variação de stocks	14	$1 \times T$	█																
	15	$n \times T$	█																
Exportação	16	$1 \times T$																	
	17	$n \times T$	█																
Importação	19	$1 \times T$																	
	20	$1 \times T$																	
	21	$1 \times T$	█																
	18, 22	$1 \times T$																	
Relações exteriores	23	$1 \times T$																	
Infra-estrutura	24	$1 \times T$	█																
	25	$1 \times T$	█																
	26	$1 \times T$	█																
Intersectorial	27	$n \times T$	█																
	28, 29, 30	$(n-1) \times T$	█																
Produção e produto	31	$1 \times T$	▨	▨															
	32	$1 \times T$	▨	▨	▨														
Emprego	33	$n \times T$	█																
	34	$1 \times T$	█																
	35	$n \times (T-1)$																	
	36	$n \times (T-1)$																	

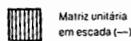
Legenda:



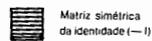
Matriz de coeficientes



Matriz identidade (I)



Matriz unitária em escada (—)



Matriz simétrica da identidade (— I)

3 — Resultados obtidos

3.1 — Obtenção da solução admissível

Quem habitualmente lida com modelos de programação linear sabe que a fase mais difícil e demorada dos cálculos se situa exactamente na obtenção de uma solução admissível, ou seja uma solução que satisfaça simultaneamente todas as restrições do modelo. A partir do momento em que uma solução destas é obtida, pelo método do simplex, de forma relativamente rápida, obtêm-se todas as soluções «óptimas» pretendidas, isto, claro, desde que não se operem novas alterações nas restrições.

Também neste modelo assim sucedeu; o processo de determinação de uma solução admissível foi relativamente demorado. De forma sintética, procurarei enumerar alguns dos problemas com que me defrontei.

A primeira resposta que o computador deu foi «Solução não limitada» (*Unbounded solution*), o que soou como uma verdadeira campainha de alarme. Significava, em princípio, que o modelo estava mal formulado, que existiam não só restrições incompatíveis, mas também que o conjunto das soluções admissíveis era ilimitado.

A verificação do modelo e, posteriormente, do programa de entrada dos dados permitiu-nos detectar que haviam sido apenas fixados limites inferiores para as condições de partida, ou seja, definiu-se um intervalo de variação $[x, +\infty]$ em lugar de um ponto $[x]$; daí o conjunto não ser limitado. Resolvida esta questão, a resposta seguinte indicava um número extremamente elevado de restrições por satisfazer.

Retiradas que foram as restrições correspondentes ao bloco intersectorial, esse número diminuiu rapidamente (para cerca de um sexto). No entanto, as que subsistiam eram ainda bastantes.

De seguida, encetámos um processo de «tentativa e erro», que não surtiu o efeito desejado. Umás vezes conseguíamos diminuir o número de restrições por satisfazer, outras, pura e simplesmente, aumentávamo-lo — o mínimo que conseguimos obter foi 17 restrições por satisfazer em cerca de 1100.

Passámos então a um processo ordenado de pesquisa. Decompusemos o espaço das restrições em sete partes. Resolvemos o modelo primeiramente apenas com os blocos intertemporal e da formação de capital: não detectámos problemas. Sucessivamente, fomos acrescentando novos blocos e resolvendo o modelo até à utilização intermédia, ao consumo, à exportação, à síntese das relações exteriores.

Quando inserimos o bloco da infra-estrutura, detectámos problemas na restrição (24), que superámos.

Não inserimos o bloco intersectorial e fizemos correr o modelo até ao fim (bloco de emprego); subsistiam neste momento 12 restrições por satisfazer.

Novamente por tentativa, fomos alterando (μ) — taxa de variação anual sectorial de emprego. Quando a fixámos em 5%, ficaram satisfeitas todas as restrições.

Como curiosidades, registamos:

A resolução do modelo até ao bloco das exportações indicava um crescimento muito rápido dos sectores de serviços, a partir do 1.º período, de construção, a partir do 5.º período, de bens primários, a partir do 10.º período, e de bens de consumo, a partir do 12.º período, e redução drástica para cerca de um terço da produção dos sectores de bens intermédios e de equipamento;

A resolução até ao bloco síntese das relações exteriores alterava o quadro anteriormente descrito no seguinte:

Crescimento rápido, embora mais atenuado do que anteriormente, dos sectores de bens primários e de consumo;

Estagnação do sector de construção;

Decréscimo em cerca de 15% da produção dos serviços.

3.2 – As soluções óptimas

3.2.1 — Modelo sem bloco intersectorial

Com as funções objectivo determinámos três soluções óptimas, das quais passaremos a explicar os resultados (v. quadro 2).

O crescimento do produto é menor quando maximizamos o saldo exterior; o mesmo acontece com as exportações. Isto pode significar que a maximização se obteve, fundamentalmente, por redução de importações. Daí os sectores com uma componente importada relativamente importante e menores componentes exportadas verem reduzido o seu crescimento ou terem crescimento negativo — é o caso dos sectores de bens intermédios, equipamento e construção, este último com exportação nula.

Por outro lado, há a notar que a maximização do consumo se faz à custa da exportação e de uma redução no crescimento do produto e que o sector de bens de consumo apresenta uma certa estabilidade para qualquer das soluções.

Uma vez que nas funções objectivo não efectuámos a actualização dos valores dos diferentes períodos para o ano inicial, tal como é hábito nos modelos discutidos na literatura, seria de esperar um comportamento do tipo *flip-flop*, concentrando o consumo ou o investimento nos primeiros ou nos últimos períodos. Penso que as restrições (9) e (13) impediram esse facto, obrigando a um comportamento mais regular dos mesmos.

QUADRO N.º 2

Taxas médias de crescimento

		Função objectivo										
		(37)	(38)	(39)	(37)	(38)	(39)	(43)	(42)	(42)	(42)	(42)
Produto		6,5	5,3	3,1	5,0	4,5	3,5	4,6	4,9	4,3	4,1	4,1
Consumo		6,6	7,2	4,4	5,4	5,5	4,2	5,8	5,7	4,5	4,5	4,0
Exportação		8,6	5,2	4,5	6,8	5,5	4,8	5,4	6,5	5,4	5,4	4,9
Produção sectorial	1	— 3,0	— 3,1	8,9	4,1	3,6	8,0	3,4	3,9	3,6	3,4	2,9
	2	7,0	7,8	5,6	6,8	6,4	5,8	6,3	6,8	6,5	6,6	5,2
	3	13,4	4,8	3,1	9,9	7,3	5,7	7,2	9,2	7,7	9,4	8,6
	4	8,8	— 1,2	— 2,1	3,3	— 2,0	— 2,5	— 2,2	2,2	— 1,2	2,2	3,7
	5	6,5	0,0	— 1,6	3,2	2,5	1,6	2,6	3,4	2,5	3,0	1,8
	6	5,8	8,5	2,3	4,3	5,8	2,7	5,7	4,8	5,4	3,8	3,0
Bloco intersectorial		Sem				Com						
Parametrização dos segundos membros		Sem						Com				
		—						D_t	L_t	L_t		
		—						MIN C=.05 C=.12				

Período considerado: 11 anos.

3.2.2 — Modelo com bloco intersectorial

Nesta fase introduzimos no modelo um conjunto de proporções mínimas e máximas entre a produção dos sectores — restrições do tipo (28), (29) e (30) —, embora com intervalos de variação relativamente latos.

Os resultados apurados indicam-nos (v. quadros 2, 3, 4 e 5 e figs. 7, 8 e 9):

- Os valores das taxas de crescimento são inferiores aos calculados anteriormente — exceptuam-se os relativos à maximização do saldo exterior (PIB e exportação);
- O número de sectores que reduz a sua produção é menor — apenas o de bens de equipamento, quando se exige a maximização do consumo ou do saldo exterior;
- O sector de bens primários apresenta um comportamento diferente — os 8% obtidos, quando se maximiza o saldo exterior (comercial), são irrealistas.

Comparando os resultados obtidos para a maximização da produção e do consumo, detectam-se algumas diferenças essenciais. No primeiro caso há um privilegiar nítido dos sectores de bens intermédios e de capital; no segundo são beneficiados os serviços e o sector de bens de consumo (a partir do meio do período).

QUADRO N.º 3

Repartição temporal consumo/investimento (*)

(Percentagem)

	Função objectivo					
	Máximo da produção (37)		Máximo do consumo (38)		Máximo do saldo comercial (39)	
	Consumo	Investimento	Consumo	Investimento	Consumo	Investimento
	1	73,1	26,9	78,7	21,3	77,4
2	73,4	26,6	79,6	20,4	78,5	21,5
3	74,0	26,0	80,1	19,9	79,6	20,4
4	74,5	25,5	80,4	19,6	79,9	20,1
5	74,8	25,2	80,7	19,3	80,2	19,8
6	76,1	23,9	81,0	19,0	80,5	19,5
7	77,4	22,6	81,2	18,8	80,8	19,2
8	78,3	21,7	81,5	18,5	81,1	18,9
9	78,7	21,3	81,5	18,5	81,1	18,9
10	78,6	21,4	81,6	18,4	81,2	18,8
11	78,8	21,2	81,8	18,2	81,4	18,6

(*) Com bloco intersectorial.

QUADRO N.º 4

Repartição sectorial do investimento

(Economia portuguesa)

(Percentagem)

Período	Sectores					
	1	2	3	4	5	6
1959-1974	7,9	12,8	12,1	4,9	1,9	60,4
1968-1974	6,5	13,1	13,5	4,7	2,3	60,0

Fonte: INE — Contas nacionais.

Comparando os dois resultados anteriores com o da maximização do saldo exterior (comercial), verifica-se:

- Um privilegiar claro do sector de bens primários;
- Um comportamento semelhante do sector de bens de consumo relativamente aos valores apurados para a maximização do consumo;
- Um negligenciar do sector de serviços.

A maximização do consumo e a do saldo exterior (comercial) seriam objectivos opostos se este não fosse negativo.

QUADRO N.º 5

Repartição sectorial do investimento (*)

(Percentagem)

Função _ Objectivo	Sector	Períodos										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Máximo da produção (37)	1	6,2	6,6	7,0	7,0	7,1	6,3	6,2	6,1	7,0	7,0	6,1
	2	8,3	15,0	16,3	15,0	15,4	18,4	20,0	18,6	16,6	14,0	16,0
	3	18,5	13,6	14,0	14,2	14,0	14,0	12,8	13,1	13,4	13,7	13,9
	4	4,0	3,7	3,9	3,9	3,9	4,3	4,7	5,4	5,5	7,3	6,0
	5	2,5	3,9	1,0	2,0	1,7	1,4	1,2	1,2	1,9	2,7	2,4
	6	60,5	57,2	57,8	57,9	58,1	55,6	55,1	55,6	55,6	55,3	55,6
Máximo do consumo (38)	1	5,3	6,2	6,2	6,2	6,2	6,0	6,3	6,1	6,1	6,0	6,1
	2	15,3	19,1	18,5	18,9	18,0	18,4	17,9	18,6	17,7	17,5	18,0
	3	14,5	12,0	12,9	13,0	12,7	13,8	13,4	13,6	13,7	13,6	13,3
	4	2,6	3,1	3,1	3,2	3,2	3,2	3,3	3,5	4,0	5,0	4,5
	5	1,2	1,7	2,0	1,7	2,4	2,3	2,3	2,0	2,3	2,0	2,1
	6	61,1	58,0	57,3	57,0	57,5	56,3	56,8	56,2	56,2	55,9	56,0
Máximo do saldo exterior (comercial) (39)	1	12,8	7,1	8,1	7,2	7,7	6,7	7,4	7,6	8,0	7,7	8,2
	2	15,9	21,4	20,6	19,4	18,6	19,2	18,2	19,3	17,9	16,7	17,0
	3	14,4	12,7	12,1	12,9	12,1	12,4	11,9	12,4	12,1	11,9	12,0
	4	2,6	3,7	3,7	3,8	3,8	3,8	3,6	3,6	4,0	6,3	5,6
	5	1,1	1,2	1,5	2,5	3,3	3,3	3,3	2,5	3,3	3,0	2,8
	6	53,2	53,9	54,0	54,2	54,5	54,6	55,0	54,6	54,7	54,4	54,4

(*) Com bloco intersectorial.

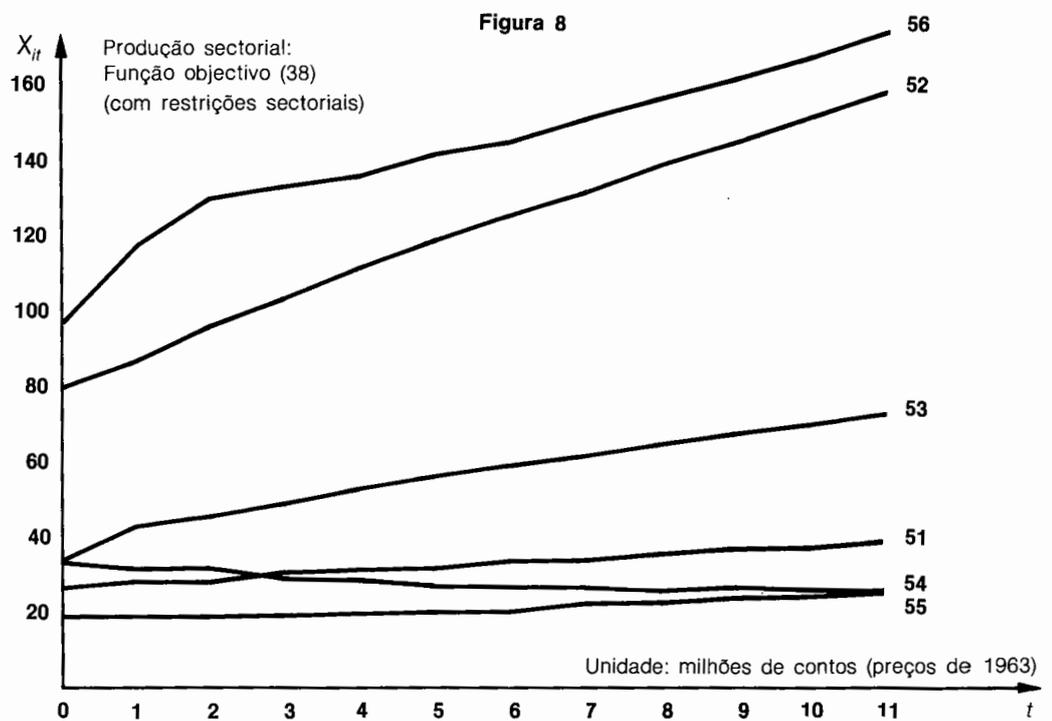
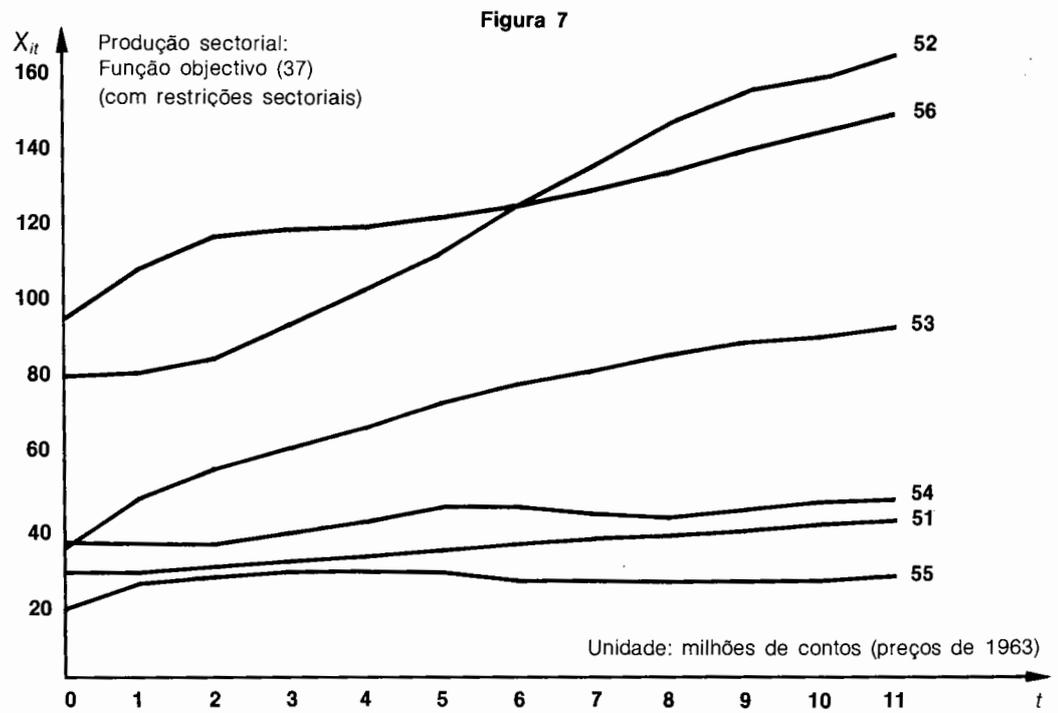
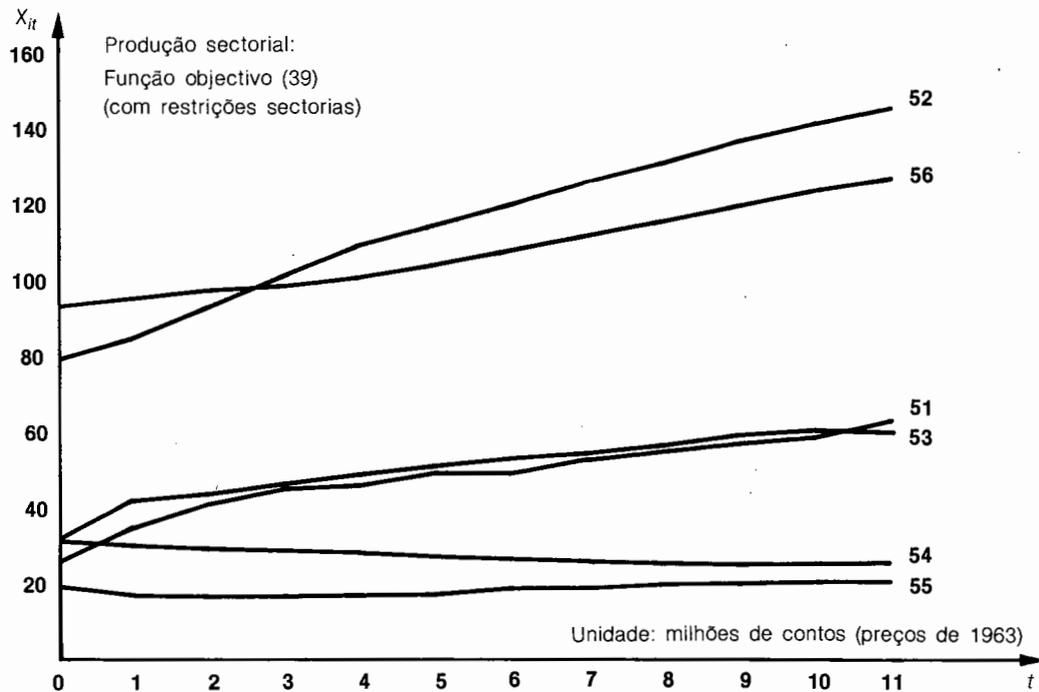


Figura 9



3.3 – Parametrização das funções objectivo

Nesta etapa dos cálculos procurámos ponderar, simultaneamente, dois objectivos:

- A maximização do saldo exterior (comercial) e da produção;
- A maximização do saldo exterior (comercial) e do consumo.

Para isso alterámos as funções objectivo, que passaram a assumir a seguinte forma:

$$a) \text{ MAX } \sum_{t=1}^T \{ TX_t + \lambda [(TEXP_t - TIMP_t) - TX_t] \} \quad (40)$$

$$b) \text{ MAX } \sum_{t=1}^T \{ CONS_t + \lambda [(TEXP_t - TIMP_t) - CONS_t] \} \quad (41)$$

em que o parâmetro λ varia no intervalo $[0; 1]$, o que significa, para o valor 0, maximizarmos a produção e o consumo, respectivamente, e, para o valor 1, maximizarmos o saldo exterior em ambos os casos.

Nas duas experiências constatámos que a estrutura das soluções não sofria variações significativas até um valor de $\lambda = 0,72$, sendo as soluções relativamente semelhantes às obtidas para a maximização da produção e

do consumo. A partir do valor de $\lambda = 0,76$, a solução obtida em ambas as experiências é agora muito semelhante à obtida para a maximização do saldo exterior. A transição entre as estruturas das duas soluções comparadas, para cada caso, dá-se a partir do momento em que atribuímos à maximização do saldo exterior (comercial) uma ponderação 2,6 vezes superior à do outro objectivo. A transição termina para uma ponderação 3,3. A situação intermédia verifica-se para um valor aproximado de 3, ou seja, quando as funções objectivo estiverem na seguinte situação:

$$a) \text{ MAX } \sum_{t=1}^T [0,25 Tx_t + 0,75 (TEXP_t - TIMP_t)] \quad (42)$$

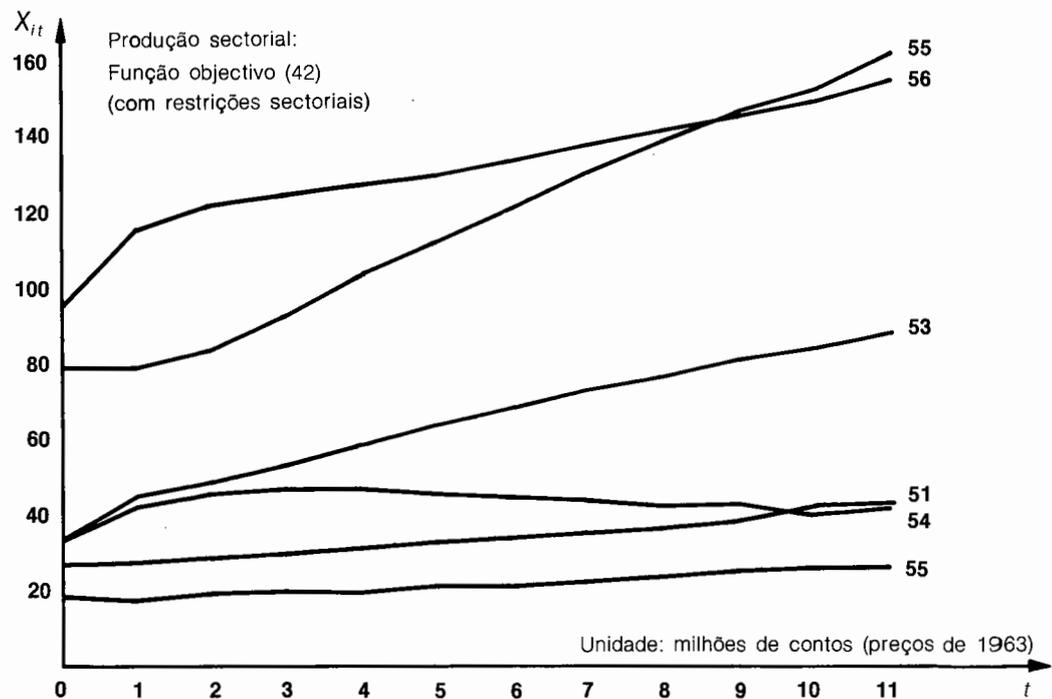
$$b) \text{ MAX } \sum_{t=1}^T [0,25 \text{CONS}_t + 0,75 (TEXP_t - TIMP_t)] \quad (43)$$

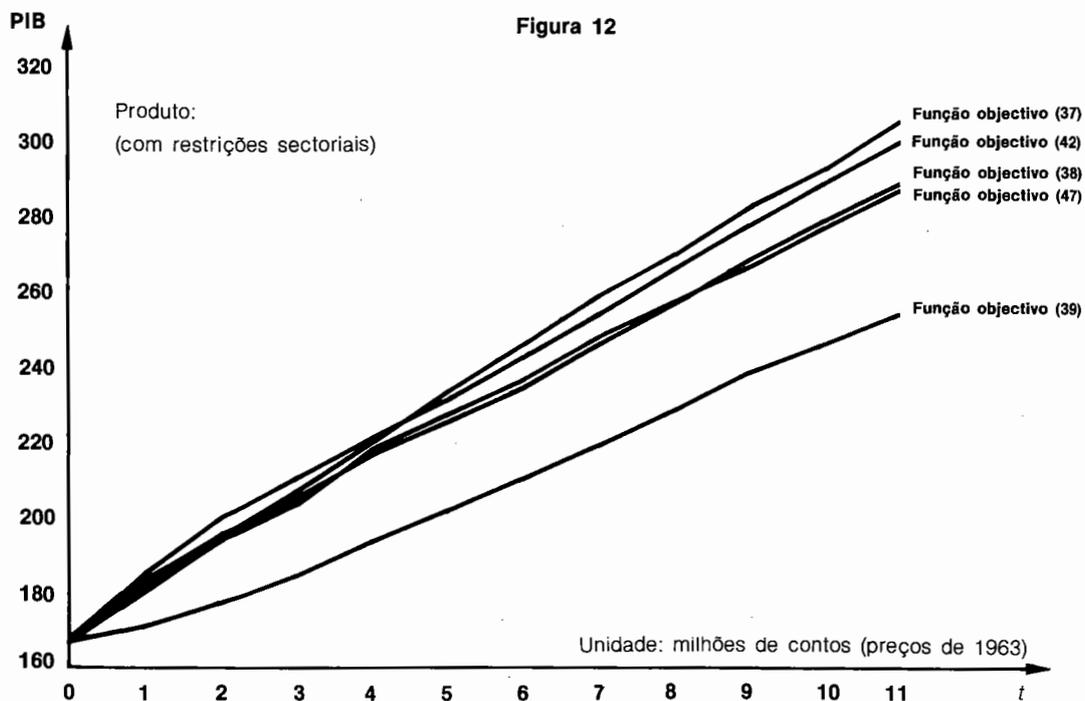
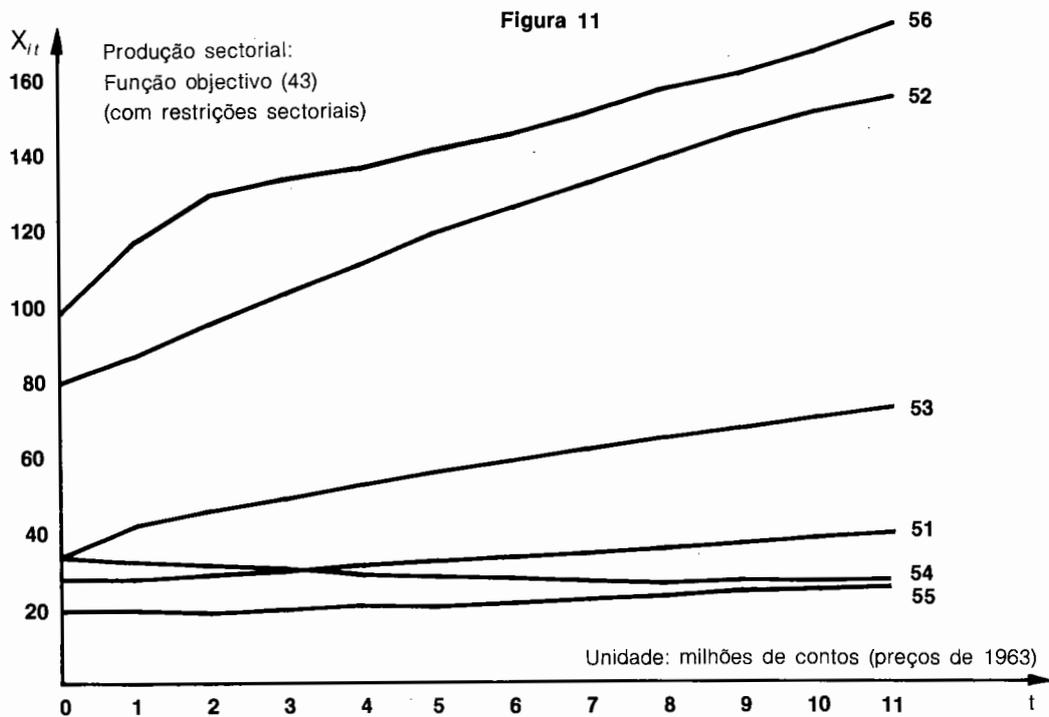
Os resultados obtidos encontram-se representados no quadro n.º 2 e nas figuras 10, 11, 12, 13 e 14. Diferem, essencialmente, no seguinte:

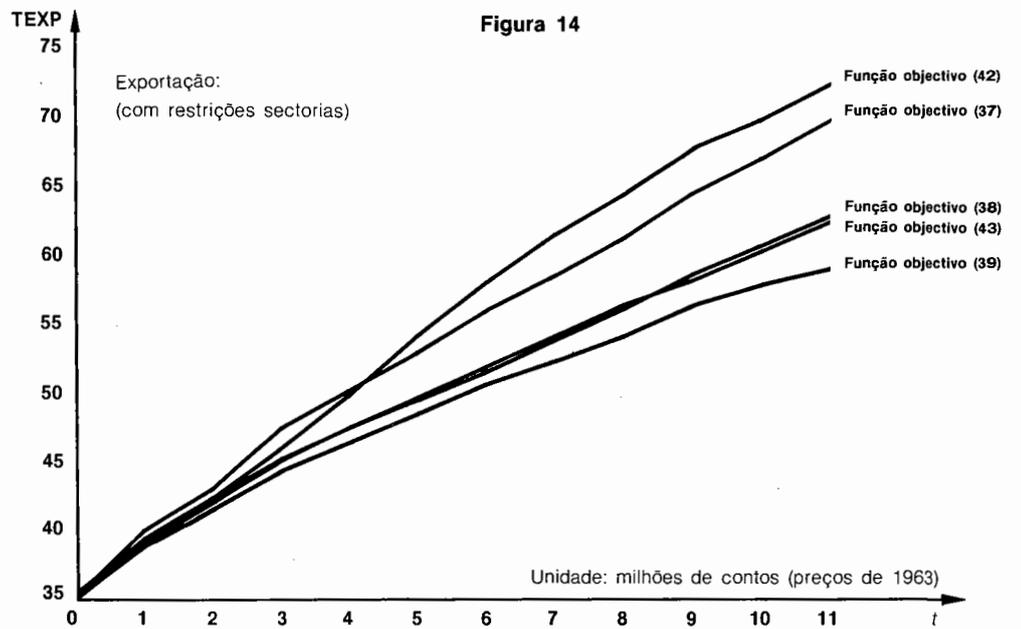
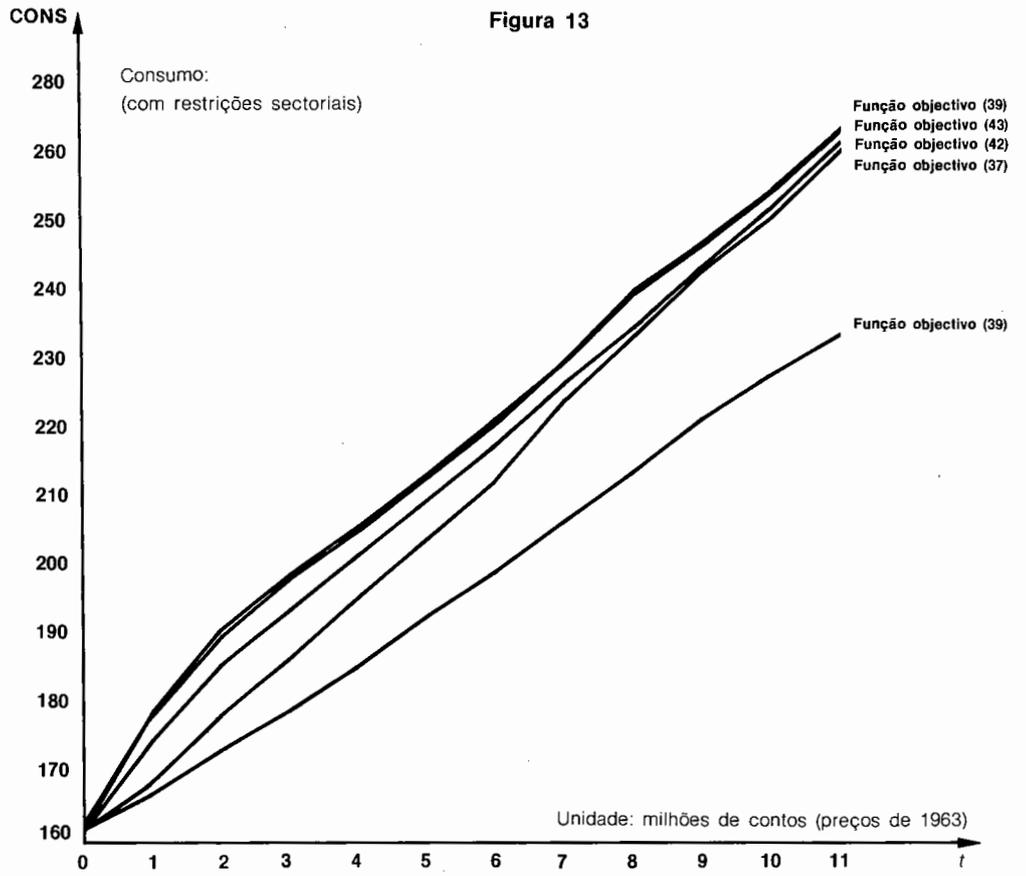
No primeiro há um privilegiar dos sectores de bens intermédios e de equipamento, este nos primeiros períodos;

No segundo é dada uma importância mais significativa aos serviços.

Figura 10







De todas as soluções óptimas obtidas escolhemos para base a que determinámos com a função objectivo (42). Será esta solução que iremos estudar mais em pormenor (v. quadro n.º 6).

Quando comparada com as soluções extremas, a partir das quais foi obtida, apresenta as características seguintes:

- Os sectores de bens primários e de consumo têm comportamento semelhante ao verificado aquando da maximização da produção, embora o último com valores ligeiramente mais baixos a partir do meio do período;
- O sector da construção tem comportamento idêntico ao da solução de maximização do saldo exterior (comercial);
- O sector de bens intermédios situa-se entre as duas soluções extremas;
- O sector de serviços localiza-se acima de ambos os extremos;
- O sector de bens de equipamento, inicialmente, encontra-se acima de ambas as soluções extremas e, a partir do meio do período, aproxima-se da solução de maximização da produção.

QUADRO N.º 6

Repartição consumo/investimento e sectorial do investimento

(Porcentagem)

Função objectivo (42)	Períodos											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Consumo	75,5	75,9	76,6	77,1	77,3	78,1	78,6	78,8	78,9	79,2	79,4	
Investimento	24,5	24,1	23,4	22,9	22,7	21,9	21,4	21,2	21,1	20,8	20,6	
Sectores	1	6,5	6,8	7,2	7,2	7,3	6,5	6,6	6,4	7,3	7,4	6,7
	2	8,3	15,0	16,3	15,0	15,4	18,3	19,8	18,4	16,6	14,0	15,8
	3	15,4	12,9	13,3	13,7	13,5	13,3	13,1	13,6	13,4	13,3	13,2
	4	6,6	5,9	3,2	3,0	2,5	2,6	2,4	3,0	3,3	4,5	4,3
	5	1,2	1,2	1,5	2,5	3,4	3,4	3,4	2,7	3,4	3,1	3,1
	6	62,0	58,2	58,5	58,6	58,9	55,9	55,7	55,9	56,0	56,7	56,9

3.4 – Parametrização do vector dos segundos membros

Com base na solução escolhida efectuámos a parametrização do vector dos segundos membros, ou seja, dos vectores do saldo exterior (D_t) e da mão-de-obra disponível (L_t).

Na definição do vector (D_t) adoptámos o seguinte critério: calculámos o valor de (D_t) para 1974 e presumimos que ele continuaria a crescer a uma taxa constante de 5% ao ano, a preços constantes — limite superior.

Para o limite inferior mantivemos a mesma taxa de crescimento, mas considerámos que o valor de partida seria apenas 0,75 do verificado em 1974.

Efectuámos depois a parametrização entre os vectores assim definidos, de acordo com a expressão (44), variando φ_1 no intervalo $[0 ; 1]$:

$$D_{t \text{ máx.}} - \varphi_1 (D_{t \text{ máx.}} - D_{t \text{ mín.}}) \quad (44)$$

Conforme o indicado na figura 16, constatámos que a estrutura da solução respeitante ao limite superior se mantém até um valor de $\varphi_1 = 0,62$ e, a partir desse momento, a estrutura da solução óptima varia rapidamente.

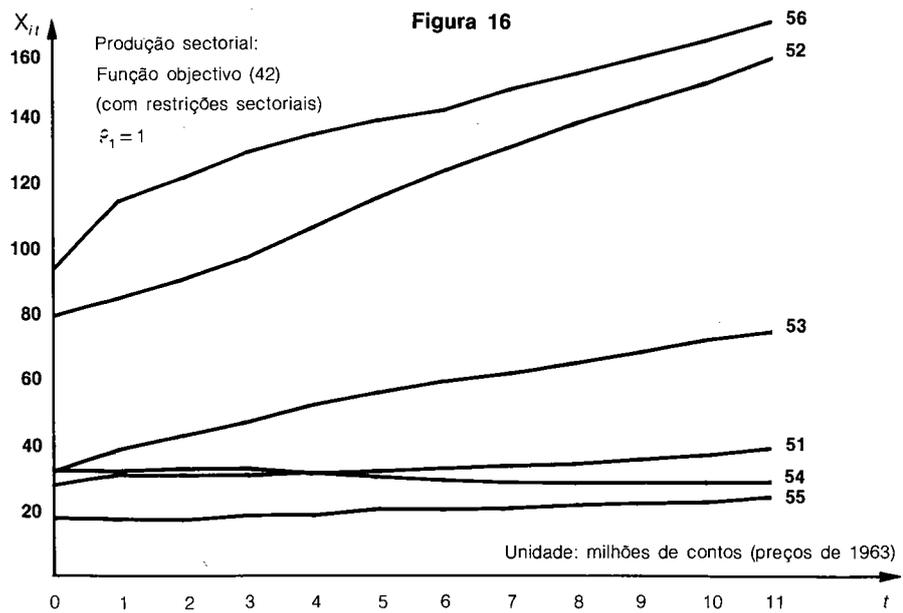
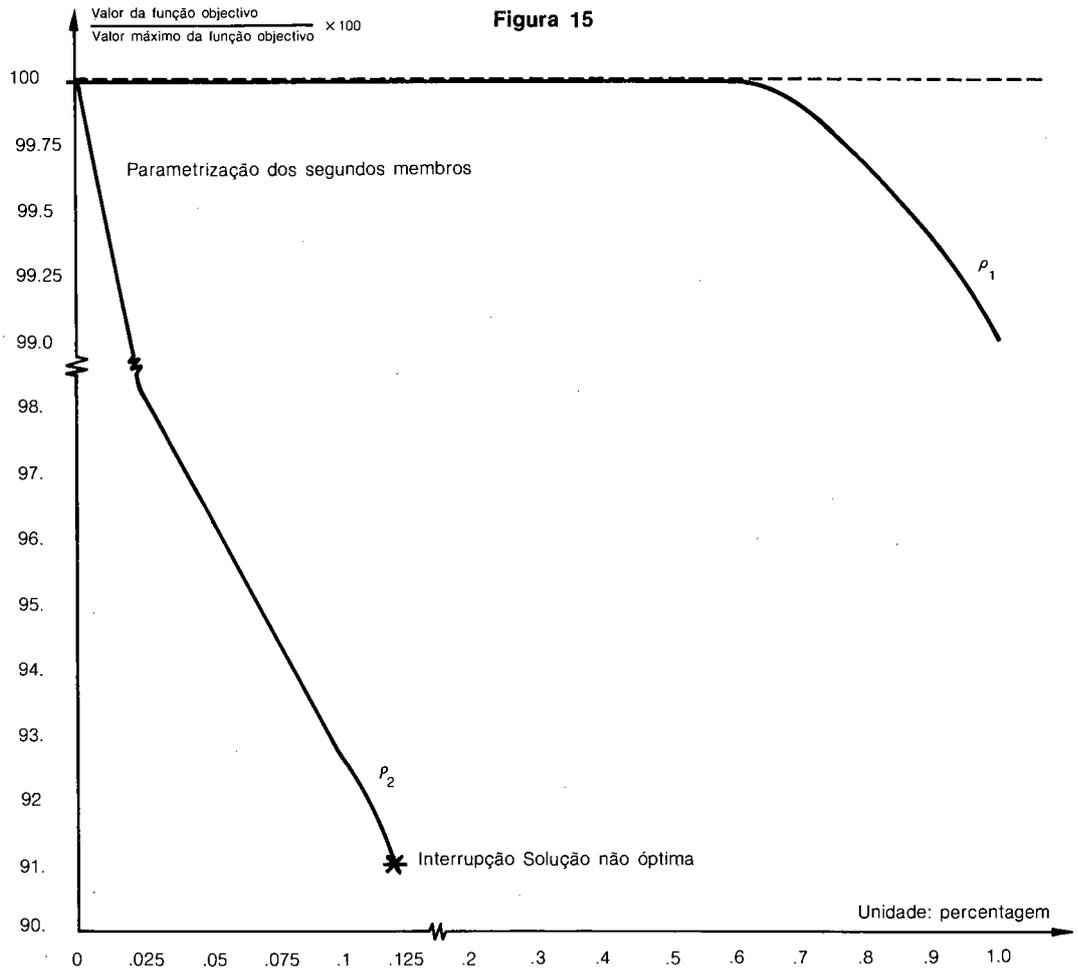
Os sectores de bens primários, bens de consumo e construção mantêm uma certa estabilidade (v. figs. 15 e 16 e quadro n.º 2) e os restantes — bens intermédios, equipamento e serviços — vêem reduzidos significativamente os seus *outputs*.

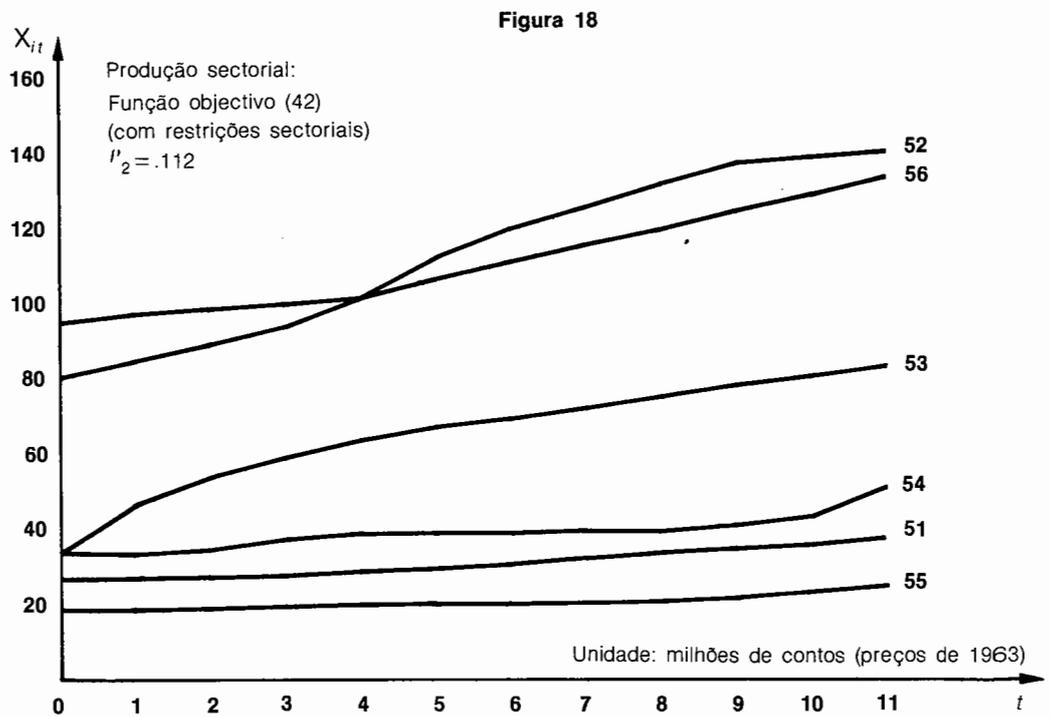
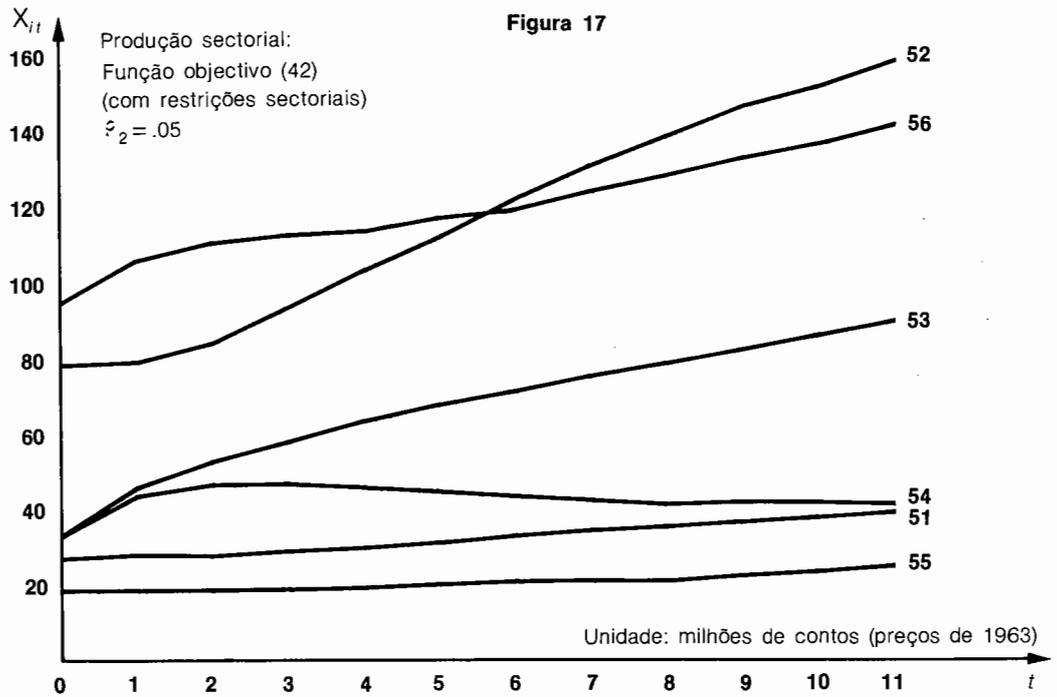
Para o vector do volume disponível de mão-de-obra (L_t) considerámos que em 1975 existiam 3 600 000 indivíduos (com e sem ocupação) e presuimos depois que esse número poderia aumentar 1,22% ao ano — limite superior. Com a expressão (45) parametrizámos entre o vector assim definido e um outro — limite inferior — que era 0,85 daquele — φ_2 varia no intervalo $[0 ; 0,15]$:

$$L_t - \varphi_2 L_t \quad (45)$$

Desde o início da parametrização que a estrutura das soluções óptimas se foi alterando: no entanto (v. fig. 16), quando $\varphi_2 = 0,112$, verificou-se uma interrupção no cálculo, por não ser possível obter uma solução óptima a partir deste valor.

Com $0 \leq \varphi_2 \leq 0,05$, o único sector afectado foi o dos serviços, cujo *output* diminuiu sensivelmente. A partir de $\varphi_2 \geq 0,05$, todos os sectores sofrem alterações, sendo significativas nos sectores de bens de consumo, equipamento e serviços (v. figs. 17 e 18).





4 — Conclusões

Tal como nos propusemos, descrevemos de forma extremamente condensada o modelo MILAI I e apresentámos algumas das soluções obtidas.

Nelas procurámos apenas explicitar aspectos que nos pareceram mais significativos; os interessados, a partir dos quadros e gráficos insertos no texto, poderão retirar muitas outras conclusões.

Utilizando o modelo as técnicas de programação linear, estamos suficientemente conscientes das críticas e limitações que habitualmente são apontadas — desde a questão central da linearidade das funções até ao «espartilhar» das soluções, obrigando os modelos a movimentarem-se em limites relativamente estreitos.

Sabemos que:

- Se estipularam limites superiores para as exportações para ter em consideração «as capacidades limitadas de absorção dos mercados exteriores»;
- Se limitaram as importações e alteraram os coeficientes respectivos para «atender às políticas governamentais de substituição de importações»;
- Se limitou inferior e superiormente a produção e o emprego, porque existem «recursos que impedem a expansão ou custos sociais provenientes de uma rápida redução dos *outputs*»;
- Se obrigou o consumo e o investimento a crescer a taxas mínimas (zero, no caso do investimento) para regularizar as soluções ou «evitar o desagrado das populações por quebras drásticas no seu nível de vida», etc.

No entanto, estamos também conscientes de que os limites introduzidos foram suficientemente latos para não espartilharem «demasiado» as soluções e que não foram estipulados para evitar soluções que nos desagradassem. Procurámos sempre basear-nos em séries estatísticas da maior dimensão possível e em estabelecer as hipóteses a partir delas.

Os cálculos já efectuados e os resultados obtidos podem ser sintetizados na frase *prioridade máxima aos sectores de bens primários e de consumo*.

Com efeito, embora não possa aqui efectuar uma justificação detalhada, penso que, na definição de uma estratégia económica global para o País, a industrialização coerente e integrada do sector de bens primários deverá ser o vector fundamental.

Na alteração rápida da estrutura produtiva da agricultura, silvicultura, pecuária e pesca, na sua integração industrial a montante e a jusante assente numa estrutura empresarial suficientemente flexível para suportar as flutuações da conjuntura internacional, é aqui que se encontra, em minha opinião, o caminho para o desenvolvimento económico do País.

Por último, apesar de todas as reservas que a modelização económico-matemática nos possa suscitar, penso que continua a ser um instrumento extremamente válido de pesquisa e análise, pois permite, embora limitadamente, a introdução do «método experimental» na ciência económica.

Muitos docentes deste Instituto têm vindo a investir na sua aprendizagem; no entanto, não podemos continuar a utilizar a régua de cálculo, a calculadora de bolso, ou a esmolar noutras instituições uns minutos de computador.

O ISE, a muito curto prazo, e não apenas para os seus serviços administrativos, tem de se dotar dos meios informáticos necessários ao ensino e investigação, sob pena de também a muito curto prazo se perder o esforço que se tem vindo a realizar.

BIBLIOGRAFIA

- BAGER, Szabo — *A System of models for Medium Term Planning*, Instituto de Investigação para o Planeamento, Ministério Central do Plano Húngaro, policopiado, Budapeste, 1975.
- BLITZER, C.; CLARK, P., and TAYLOR, L. — *Economy — Wide Models and Development Planning*, Oxford University Press, London, 1975.
- BRODY, Andras — *Proportions Prices and Planning*, MIT Press, Massachusetts, 1968.
- DIAS, E. R. — «Taxa de crescimento do produto versus stock de capital de consumo», *Estudos de Economia*, vol. I, n.º 1, Lisboa, 1980.
- DIVERSOS — *Prototype Policy/Simulation Models*, Instituto de Investigação para o Planeamento, Ministério Central do Plano Húngaro, policopiado, Budapeste, 1971.
- DORFMAN, R.; SAMUELSON, P. A., and SOLOW, R. W. — *Linear Programming and Economic Analysis*, McGraw-Hill, Internacional Student Edition, Tokio, 1958.
- ECKAUS, R. S., and PARIKH, K. S. — *Planning for Growth*, MIT Press, Massachusetts, 1968.
- GOREUX, L., and MANNE, A. — *Multi-Level Planning — Case Studies in Mexico*, North-Holland, Amsterdam, 1972.
- KANTOROVITCH, L. V. — *Calcul économique et utilisation des ressources*, Dunod, Paris, 1963.
- KORNAI, Janos — *Mathematical Programming of Structural Decisions*, North-Holland, Amsterdam, 1975.
- O'CONNOR, R., and HENRY, E. W. — *Input/Output Analysis and Applications*, Charles Griffin and Co., Ltd., London, 1974.
- SEMJEN, A — *Planning Applications of a Dynamic Multi-Sectorial Model*, Instituto de Investigação para o Planeamento, Ministério Central do Plano Húngaro, policopiado, Budapeste, 1980.