

TEORIA NEOFATORIAL E TEORIA NEOTECNOLÓGICA. QUE CONCILIAÇÃO AO NÍVEL DOS ESTUDOS EMPÍRICOS DAS VANTAGENS COMPARATIVAS? PROPOSTA DE UMA METODOLOGIA (*)

Horácio Crespo Faustino

Introdução

Em reacção ao paradoxo de Leontief (1953) — os Estados Unidos, considerados um país abundante em capital, tinham as suas exportações trabalho-intensivas relativamente às suas importações — e às limitações do modelo de base de Heckscher-Ohlin para explicar o padrão de comércio, surgiram duas teorias: a *teoria neofactorial* e a *teoria neotecnológica*.

A *teoria neofactorial* preserva a lei da proporção e da dotação de factores, mas põe em causa a hipótese de homogeneidade do factor trabalho, ao considerar como terceiro factor produtivo o capital humano. A *teoria neotecnológica* põe em causa a própria teoria de Heckscher-Ohlin, ao eliminar a hipótese de funções de produção idênticas para o mesmo bem em todos os países (1).

Num afã de aderência à realidade e da escolha do melhor modelo económico que explique as vantagens comparativas, os estudos empíricos — seguindo a sugestão de Johnson (1968) — acabaram por englobar no mesmo modelo variáveis da teoria neofactorial e variáveis da teoria neotecnológica, dando origem a um modelo «neofactorial-neotecnológico» (NFNT), com uma base «teórica» informal (cf., Baldwin, 1971, Stern e Maskus, 1981, Courakis e Moura Roque, 1984, 1987). E, como refere Deardorff (1984, p. 472), «[...] without a rigorous justification the results of such regressions are difficult to interpret since it is not known what they really represent». Ou seja, a regressão com variáveis NFNT deve ter como suporte um modelo teórico do comércio internacional que integre as duas teorias.

(*) Agradeço aos Drs. João Santos Silva, Vítor Santos e Mira Godinho as críticas e sugestões, que contribuíram para melhorar o artigo. É claro que as insuficiências e erros que, porventura, persistam são da minha inteira responsabilidade. Agradeço também à Prof. Fátima Roque a sua disponibilidade para pôr à minha disposição os dados utilizados nos seus estudos, o que me permitirá num futuro artigo confrontar as conclusões sobre as determinantes da estrutura do nosso comércio.

(1) Poder-se-ia considerar, à semelhança de Bowen, Leamer e Sveikauskas (1987), a hipótese de as funções de produção diferirem a menos de uma constante multiplicativa (progresso técnico neutro, segundo Hicks) e testar num modelo neofactorial (regressão *cross-country*) a hipótese de as diferenças tecnológicas explicarem o padrão de comércio. Contudo, para a teoria neotecnológica o progresso técnico é endógeno e a inovação, sendo um processo contínuo, altera a própria tecnologia ao longo do tempo.

Enquanto isso não é feito, resta-nos, ao nível dos estudos empíricos, utilizar de maneira eficiente os testes de especificação e de detecção dos erros de especificação que a econometria põe à nossa disposição com vista à selecção do melhor modelo e ver — através de uma metodologia adequada — se os dados indiciam à teoria económica a utilização ou não de um modelo NFNT.

Por isso, o objectivo deste artigo é propor uma metodologia que permita:

- i) Testar se os modelos NF e NT são rivais ou complementares;
- ii) No caso de os modelos NF e NT serem modelos rivais, ver qual é o melhor modelo;
- iii) No caso de os modelos NF e NT serem modelos complementares, seleccionar a melhor especificação de um modelo NFNT.

A metodologia proposta combina o teste da ortogonalidade de Hausman (1978) — como teste de especificação e teste para a detecção de erros de especificação — com o teste da F, como teste de selecção e de confirmação da hipótese de complementaridade dos dois modelos. Esta metodologia difere da de Courakis e Moura Roque no seguinte: Courakis e Moura Roque começam por especificar um modelo NFNT geral e só depois seleccionam o melhor modelo (estratégia da sobreparametrização num modelo encadeado) através do teste da F; nós começamos por ver se os dados indiciam a complementaridade ou rivalidade dos modelos NF e NT e só no primeiro caso especificamos o modelo NFNT e fazemos o teste da F.

1 — Modelos neofactorial e neotecnológico

1.1 — Modelo neofactorial

A análise é conduzida no quadro do modelo de Heckscher-Ohlin-Samuelson (HOS) e da versão *commodity content* ⁽²⁾ do teorema de Heckscher-Ohlin (HO): *em média*, um país exporta os bens que utilizam intensivamente os factores relativamente abundantes e importa os bens que utilizam intensivamente os factores relativamente escassos no país.

Para além dos dois factores primários tradicionais, capital físico (K) e trabalho (L), considera-se como terceiro factor produtivo o capital humano (CH). Abandona-se, assim, a hipótese de homogeneidade do factor trabalho e mesmo em relação ao capital humano se admite a hipótese da sua não homogeneidade (cf. Stern e Maskus, 1981).

Utilizam-se duas variáveis *proxy* para medir a intensidade em capital humano (CH/L):

- em termos de fluxo, considera-se o salário médio na indústria i , ou seja, \bar{W}_i , conforme Balassa (1978);

(2) V. H. Faustino (1987), particularmente a parte III.

— em termos de *stock*, considera-se a medida de Branson e Monoyios (1977), ou seja:

$$CH_i = \frac{(\bar{W}_i - \bar{W})}{r} L_i$$

logo:

$$\left(\frac{CH}{L}\right)_i = \frac{\bar{W}_i - \bar{W}}{r}$$

em que \bar{W} é o salário médio do trabalhador não qualificado para o conjunto da indústria transformadora e r o custo de oportunidade do capital humano (por princípio, deve ser superior à taxa de inflação).

Certos autores consideram também a intensidade em capital físico (K/L) em termos de fluxo e utilizam o valor acrescentado não salarial por trabalhador, $(VA/L)_i - \bar{W}_i$, como *proxy* (cf. Hirsch, 1974, e Balassa, 1978).

Há autores, como Balassa (1978), que defendem a agregação entre K e CH — está subjacente a hipótese de no longo prazo ser grande a elasticidade de substituição entre os dois factores —, mas esta questão não é pacífica entre os estudiosos do comércio internacional.

O modelo neofactorial pode, assim, ser expresso das seguintes maneiras:

$$— (X - M)_i = a_0 + a_1 P_i \quad (1)$$

com $P_i = \left(\frac{K}{L}\right)_i + \frac{\bar{W}_i - \bar{W}}{r}$. Somamos assim, segundo Balassa, os *stocks* de capital físico e humano. Em termos de *fluxo*, o rácio capital-trabalho (agregado) seria dado pelo valor acrescentado por trabalhador na indústria i (va_i).

$$— (X - M)_i = b_0 + b_1 \left(\frac{K}{L}\right)_i + b_2 \left(\frac{CH}{L}\right)_i \quad (2)$$

É a especificação utilizada por Branson e Monoyios (1977). Aqui podíamos considerar também tanto a medida de *stock* como a medida de fluxo do CH .

$$— (X - M)_i = c_0 + c_1 \left(\frac{K}{L}\right)_i + c_2 \left(\frac{CH}{L}\right)_i + c_3 \left(\frac{CH_2}{L}\right)_i + \dots + c_k \left(\frac{CH_n}{L}\right)_i \quad (3)$$

sendo n os níveis de qualificação considerados. É a especificação seguida por Stern e Markus (1981), que consideram o capital humano um factor não homogéneo.

$$— (X - M)_i = d_0 + d_1 K_i + d_2 LU_i + d_3 LS_i \quad (4)$$

É a especificação de Waehrer (1968), que exprime a não homogeneidade do factor trabalho, dividindo os trabalhadores em não qualificados (LU) e qualificados (LS).

Em termos gerais, o modelo neofactorial pode ser formulado da seguinte forma:

$$(X - M)_i = F \left[\left(\frac{K}{L}\right)_i, \left(\frac{CH}{L}\right)_i \right] \quad (5)$$

A intensidade em capital físico e em capital humano pode ser medida tanto em termos de *stock* como de fluxo ⁽³⁾.

Como a vantagem comparativa em termos de diferença dos preços relativos em autarcia não é observável, traduzimo-la através das exportações líquidas ($X - M$). Não utilizamos o índice de vantagens comparativas reveladas (VCR) de Balassa (1965) porque, conforme crítica de Hillman (1980), o índice de VCR pode não revelar a vantagem comparativa traduzida na diferença dos custos relativos autárquicos. Por outro lado, a utilização das exportações e importações, tomadas separadamente, não reúne o consenso geral: segundo Bowen (1983, 1985, 1986), o conceito de vantagem comparativa implica, fora do modelo simples de HO, a consideração das exportações líquidas ⁽⁴⁾.

1.2 — Modelo neotecnológico

A *teoria neotecnológica* põe em causa a teoria de Heckscher-Ohlin: a inovação tecnológica altera a própria função de produção e confere um monopólio temporário à firma inovadora. A hipótese de funções idênticas para a produção do mesmo bem é posta em causa porque a tecnologia não é um bem igualmente disponível para todos os países: os novos produtos são lançados numa situação de incerteza e requerem no seu lançamento um mercado interno suficientemente grande.

As vantagens comparativas são essencialmente determinadas pela inovação materializada em novos produtos com elevada elasticidade-rendimento da procura (teoria do hiato tecnológico e do ciclo do produto), pelas economias de escala e pela diferenciação de produtos, e não pelos custos relativos autárquicos ligados à intensidade factorial e abundância relativa de factores. A vantagem tecnológica é uma vantagem comparativa dinâmica que pode andar no mesmo sentido da vantagem comparativa estática — a inovação tecnológica pode reduzir o custo do produto — ou caminhar em sentido contrário — um país com vantagem tecnológica pode não ter uma vantagem em termos de custo.

Uma distinção importante é feita entre bens ricardianos (intensivos na utilização dos recursos naturais), bens Heckscher-Ohlin (bens que utilizam uma tecnologia estandardizada) e bens ciclo do produto [bens que utilizam uma tecnologia moderna ligada às actividades de investigação e desenvolvimento (I&D) e requerendo pessoal altamente qualificado, não disponível em todos os países]. As vantagens comparativas nos bens ricardianos são determinadas pela dotação natural dos países em recursos naturais. As vantagens comparativas

⁽³⁾ Balassa (1978) utilizou o valor acrescentado não salarial por trabalhador na indústria i como *proxy* para medir a intensidade em capital físico, em termos de *fluxo*, ou seja, $(KIL)_i = va_i - \bar{w}_i$. Desta forma, como a medida de fluxo da intensidade em capital humano é dada por \bar{w}_i , temos: $(KIL)_i + (CHIL)_i = va_i$.

⁽⁴⁾ A argumentação de Bowen é conduzida no quadro da versão conteúdo de factores do modelo de HO. No entanto, mesmo as outras generalizações do modelo na versão *commodity content* utilizam a variável exportações líquidas para exprimir a vantagem comparativa (cf. Deandorff, 1982).

dos bens Heckscher-Ohlin residem na diferente dotação relativa de factores dos países. As vantagens comparativas nos bens ciclo do produto (novos) residem essencialmente nos esforços de inovação tecnológica.

Na teoria do ciclo do produto de Vernon (1966) os produtos passam por três fases: produto novo, produto maduro e produto estandardizado. Os bens ciclo do produto novos são intensivos em trabalho altamente qualificado, podendo utilizar ou não uma elevada intensidade em capital físico (cf. Hirsch, 1975, p. 308). Logo, a variável explicativa fundamental da vantagem comparativa nos produtos novos é a inovação tecnológica (IT), que é aproximada pelas despesas em I&D, em percentagem do valor acrescentado ou pela proporção de cientistas e engenheiros no total do emprego da indústria (no segundo caso, se designarmos este trabalho por capital humano, teremos uma ponte entre a análise neofactorial e a análise neotecnológica). Os bens ciclo do produto maduros revelam já uma certa estandardização, requerendo mais capital físico e menos trabalho qualificado. Os bens ciclo do produto estandardizados são bens HO, intensivos em capital físico e requerendo trabalho não qualificado, se a produção ocorre nos países industrializados, ou intensivos em trabalho não qualificado e requerendo pouco capital físico, se a produção foi deslocada para os países em vias de desenvolvimento.

Segundo Forstner (1984), qualquer análise do padrão de comércio baseada na teoria do ciclo do produto deve considerar, *pelo menos*, as seguintes variáveis explicativas: intensidade em capital humano (*CHIL*), idade tecnológica do produto (*IP*) e diferenciação dos produtos (*DP*)⁽⁵⁾.

As economias de escala (*EE*) surgem como uma explicação teórica autónoma da teoria neotecnológica (cf. Hufbauer, 1970, e Choudri, 1979, entre outros). No entanto, como as economias de escala estão geralmente associados à introdução de máquinas novas e melhoria qualitativa dos factores produtivos, outros autores introduzem-nas no modelo neotecnológico (cf. Hulsman e Koekkoek, 1980, e Finger, 1975).

O modelo neotecnológico pode, assim, ser expresso das seguintes maneiras:

$$-(X - M)_i = e_0 + e_1 \left(\frac{CH}{L} \right)_i + e_2 DP_i + e_3 IP_i \quad (6)$$

É a especificação de Forstner (1984), que utiliza a medida de fluxo do *CH* de Balassa, ou seja, \bar{W}_i . Podemos considerar que \bar{W}_i é para Forstner uma *proxy* da intensidade tecnológica.

$$-(X - M)_i = f_0 + f_1 IT_i + f_2 EE_i \quad (7)$$

É a especificação de Hulsman e Koekkoek (1980), Hirsch e Bijaoui (1985) e Keesing (1967).

(5) Note-se que a variável *DP* é utilizada tanto na análise intra-sectorial como na análise neotecnológica. Acerca desta ambiguidade, cf. Gray e Martin (1980). Esta questão integra-se numa questão mais vasta, que é a da compatibilização no mesmo modelo de variáveis explicativas de três tipos de comércio: o intersectorial, o intra-sectorial e o intrafirma.

Em termos gerais, o modelo neotecnológico pode ser formulado da seguinte forma:

$$(X - M)_i = f(IT_i, IP_i, DP_i, EE_i, Z_i) \quad (8)$$

em que Z representa um conjunto de variáveis que são outras tantas características das firmas que contribuem para a vantagem tecnológica e que não podem ser expressas em termos de preços.

1.3 — Modelo neofactorial-neotecnológico

A partir das equações (1) a (4) do modelo neofactorial (NF) e das equações (6) e (7) do modelo neotecnológico (NT), temos várias especificações do modelo neofactorial-neotecnológico (NFNT). Assim:

— combinando as equações (2) e (6) e utilizando a medida de fluxo de Balassa para o capital humano como *proxy* para a inovação tecnológica, temos:

$$(X - M)_i = a_0 + a_1 \left(\frac{K}{L}\right)_i + a_2 \left(\frac{CH}{L}\right)_i + a_3 DP_i + a_4 IP_i \quad (9)$$

— combinando as equações (2) e (6) e utilizando as despesas em I&D como *proxy* para a inovação tecnológica, temos:

$$(X - M)_i = b_0 + b_1 \left(\frac{K}{L}\right)_i + b_2 \left(\frac{CH}{L}\right)_i + b_3 IT_i + b_4 DP_i + b_5 IP_i \quad (10)$$

— se adicionarmos à equação (10) as economias de escala, temos:

$$(X - M)_i = c_0 + c_1 \left(\frac{K}{L}\right)_i + c_2 \left(\frac{CH}{L}\right)_i + c_3 IT_i + c_4 DP_i + c_5 IP_i + c_6 EE_i \quad (11)$$

— se considerarmos as equações (3), (6) e (7) e dois níveis de capital humano, temos:

$$(X - M)_i = d_0 + d_1 \left(\frac{K}{L}\right)_i + d_2 \left(\frac{CH_1}{L}\right)_i + d_3 \left(\frac{CH_2}{L}\right)_i + d_4 IT_i + d_5 DP_i + d_6 IP_i + d_7 EE_i \quad (12)$$

— se considerarmos as equações (4), (5) e (6), temos:

$$(X - M)_i = e_0 + e_1 K_i + e_2 LU_i + e_3 LS_i + e_4 IT_i + e_5 DP_i + e_6 IP_i + e_7 EE_i \quad (13)$$

Em termos gerais, considerando (5) e (8), o modelo NFNT pode ser formulado da seguinte forma:

$$(X - M)_i = G \left[\left(\frac{K}{L}\right)_i, \left(\frac{CH}{L}\right)_i, IT_i, IP_i, DP_i, EE_i, Z_i \right] \quad (14)$$

Se quisermos distinguir entre bens ricardianos, por um lado, e bens HO e ciclo do produto, por outro, podemos introduzir no modelo uma variável

dummy, R , que assume o valor 1 para as indústrias intensivas em recursos naturais e o valor 0 para as outras indústrias (cf. Stern e Maskus, 1981, e Courakis e Moura Roque, 1984). Outro método seria utilizar a variável intensidade em matérias-primas (MP), definida como a soma dos coeficientes técnicos dos consumos de bens da agricultura, floresta, pesca e minas em cada indústria (cf. Hulsman e Koekkoek, 1980).

A distorção do mercado dos bens — feita através de direitos aduaneiros, quotas e subsídios à produção e exportação — altera a estrutura da produção e do comércio. Se quisermos introduzir no modelo a relação entre exportações líquidas e a distorção provocada pelos direitos aduaneiros, tanto sobre o bem importado como sobre os consumos intermédios importados, temos de considerar a protecção efectiva (PE) como variável explicativa.

O modelo será então:

$$(X - M)_i = g \left[\left(\frac{K}{L} \right)_i, \left(\frac{CH}{L} \right)_i, IT_i, IP_i, DP_i, EE_i, R_i \text{ ou } MP_i, PE_i, Z_i \right] \quad (15)$$

2 — Selecção do melhor modelo

2.1 — As hipóteses encadeadas

Courakis e Moura Roque (1984, p. 305) consideraram a seguinte equação de regressão:

$$(X - M)_{it} = a_0 + a_1 K_{it} + \sum a_{2n} L_{nit} + a_3 H_{it} + a_4 I_{it} + a_5 NR_{it} + a_6 SE_{it} + a_7 VT_{it}^n + U \quad (16)$$

em que i designa a indústria, t o ano de observação e U é a variável residual aleatória, com distribuição normal de média 0 e variância constante. Como variáveis explicativas, temos K (*stock* de capital físico), L_n (n níveis de trabalhadores; foram considerados só dois níveis: LS e LU), H (*stock* de CH de Branson e Monoyios), I [é a propensão a inovar, definida como média de oito anos de rácio $LS/(LU + LS)$], NR (é uma variável *dummy*, definida da mesma forma que a nossa variável R), SE (são as economias de escala: foi utilizado um índice de concentração industrial), NT (é a variável de escala para evitar problemas de heterocedasticidade: foi definida como a soma das importações e das exportações).

Excluindo a questão das *proxies* utilizadas e a forma de resolver o problema da heterocedasticidade⁽⁶⁾, podemos considerar que a equação (16) corresponde a um modelo NFNT compreendido em (14).

⁽⁶⁾ A dimensão das diferentes indústrias reflecte a maior ou menor procura dos seus produtos. Como nos modelos explicativos do padrão de comércio os efeitos da procura não são explicitados através de uma variável explicativa, eles acabam por ser reflectidos no termo residual aleatório.

Assim, a variância do termo residual não é constante para as diferentes observações (homocedasticidade), mas varia proporcionalmente à dimensão de cada indústria (heterocedasticidade). Para evitar o efeito de escala e o problema econométrico da heterocedasticidade — com a consequente invalidação dos testes de significância estatística dos coeficientes de regressão —, um método utilizado consiste em dividir para cada observação os dados de todas as variáveis pela raiz quadrada de um indicador da dimensão da indústria, o emprego ou o volume de produção.

Considerando a seguinte matriz de restrições aos parâmetros M_{ij} , em que:

$$i = \text{nenhuma}, a_6 = 0, a_5 = 0, a_6 = a_5 = 0, a_6 = a_4 = 0, a_5 = a_4 = 0, a_6 = a_5 = a_4 = 0;$$

$$j = \text{nenhuma}, a_{2n} = a_2 \text{ para todo o } n, a_3 = 0, a_3 = 0, a_{2n} = a_2 \text{ para todo o } n;$$

obtêm-se, a partir da equação (16), 32 modelos encadeados.

A selecção da melhor equação envolve um duplo critério, conforme Courakis e Moura Roque (1984, p. 307):

- i) O modelo seleccionado, quando comparado com outro modelo mais geral (maior número de variáveis), só deve ser rejeitado se houver uma perda significativa de poder explicativo;
- ii) Não existe outro modelo que, sendo um caso particular do modelo seleccionado (ou, de outra forma, que está contido no modelo seleccionado e, por isso, tem um número inferior de variáveis explicativas), possa ser aceite com o mesmo nível de significância.

A selecção é feita através de um teste F idêntico ao utilizado por Wolter (1977, p. 254) (cf. Courakis e Moura Roque, 1984, p. 328). Se designarmos por m o número de observações e por k o número de parâmetros e se utilizarmos g para designar a especificação mais geral e p a especificação particular, temos:

$$F_{am} = \frac{\frac{R_g^2 - R_p^2}{K_g - K_p}}{\frac{1 - R_g^2}{m - K_g}} \sim F (K_g - K_p), (m - K_g)$$

e:
$$H_0 : R_g^2 - R_p^2 = 0$$

ou seja, se aceitarmos H_0 , aceitamos a especificação particular: princípio da parcimónia.

A equação escolhida foi a seguinte:

$$(X - M) = - 7,21 - 0,632K + 0,338LU - 1,201LS$$

$$\begin{matrix} (3,60) & (3,04) & (6,67) & (3,27) \\ [4,3] & [5,71] & [5,36] & [3,56] \end{matrix}$$

$$- 0,107H + 2,813I + 4,447NR$$

$$\begin{matrix} (1,64) & (2,49) & (4,37) \\ [1,5] & [3,0] & [5,86] \end{matrix} \quad (17)$$

com $R^2 = 0,447$ e $F = 19,607$.

Os valores entre parêntesis curvos dão-nos os habituais t -rácios e os valores entre parêntesis rectos são os t de White (t_s robustos à possível hete-

rocedasticidade dos resíduos). Relativamente à equação (16), só as variáveis SE e VT foram eliminadas.

Courakis e Moura Roque utilizaram também a estatística de White (1980) para detecção de erros de especificação e heterocedasticidade e concluíram pela aceitação do modelo.

Em relação ao artigo de Courakis e Moura Roque, levantam-se-nos duas questões:

- 1.^a A fundamentação teórica do modelo escolhido;
- 2.^a A estratégia para a selecção de modelos.

Quanto à 1.^a questão

O modelo seleccionado reúne variáveis explicativas tanto do modelo neo-factorial como do modelo neotecnológico, que são modelos alternativos, rivais, segundo a generalidade dos autores, como mostramos no n.º 2. Neste sentido são diferentes os modelos econométricos correspondentes (pertencem a famílias paramétricas diferentes) e os critérios para selecção do melhor modelo não devem ser os critérios relativos aos modelos encadeados (*nested*), mas os relativos ao encadeamento artificial — princípio do encadeamento artificial de Atkinson (cf. Artur Lopes, pp. 95-102). Saliente-se, contudo, que o método do encadeamento artificial é alvo de várias críticas. Segundo Artur Lopes (p. 101), «[...] vários autores — e, em particular, Pesaram — salientam a arbitrariedade da construção de um modelo combinado a partir das hipóteses 'separadas'. Com efeito, se estas forem genuinamente rivais, o modelo combinado artificialmente poderá não ter qualquer significado por si próprio nem assentar em quaisquer bases teóricas relevantes. Por outro lado, qualquer encadeamento artificial é também arbitrário, no sentido em que existem várias formas diferentes para construir um modelo combinado das hipóteses rivais.»

Como ilustração desta crítica, suponhamos que no modelo geral definido em (14) Z é um vector com as seguintes variáveis: PE (protecção efectiva), IDE (investimento directo estrangeiro, definido como percentagem do capital social das empresas da indústria i na posse dos estrangeiros), CRM (controlo do ramo a montante, definido como uma variável *dummy*, que assume o valor 1, se a indústria i controla o capital das principais empresas das indústrias a montante, e o valor 0, no caso contrário) e CG (capacidade de gestão, aproximada por um índice a definir).

O modelo NFNT *alargado* seria então:

$$(X - M)_i = a'_0 + a'_1 \left(\frac{K}{L}\right)_i + a'_2 \left(\frac{CH}{L}\right)_i + a'_3 IT_i + a'_4 DP_i + a'_5 IP_i + a'_6 EE_i + a'_7 PE_i + a'_8 IDE_i + a'_9 CRM_i + a'_{10} CG_i \quad (18)$$

E, se considerássemos as seguintes restrições ao modelo econométrico correspondente, teríamos o seguinte quadro:

QUADRO N.º 1

Modelos encadeados no modelo NFNT alargado

Restrição \ Restrição	Nenhuma	$d'_{10}=10$	$d'_{9}=0$	$d'_{8}=0$	$d'_{10}=0$ $d'_{9}=0$	$d'_{10}=0$ $d'_{8}=0$	$d'_{9}=0$ $d'_{8}=0$	$d'_{10}=0$ $d'_{9}=0$ $d'_{8}=0$
Nenhuma	E_1 (11)	E_2 (10)	E_3 (10)	E_4 (10)	E_5 (9)	E_6 (9)	E_7 (9)	E_8 (8)
$d'_{7}=0$	E_9 (10)	E_{10} (9)	E_{11} (9)	E_{12} (9)	E_{13} (8)	E_{14} (8)	E_{15} (8)	E_{16} (7)
$d'_{6}=0$	E_{17} (10)	E_{18} (9)	E_{19} (9)	E_{20} (9)	E_{21} (8)	E_{22} (8)	E_{23} (8)	E_{24} (7)
$d'_{7}=0$ $d'_{6}=0$	E_{25} (9)	E_{26} (8)	E_{27} (8)	E_{28} (8)	E_{29} (7)	E_{30} (7)	E_{31} (7)	E_{32} (6)
$d'_{1}=0$ $d'_{2}=0$	E_{33} (9)	E_{34} (8)	E_{35} (8)	E_{36} (8)	E_{37} (7)	E_{38} (7)	E_{39} (7)	E_{40} (6)
$d'_{1}=0$ $d'_{2}=0$ $d'_{7}=0$	E_{41} (8)	E_{42} (7)	E_{43} (7)	E_{44} (7)	E_{45} (6)	E_{46} (6)	E_{47} (6)	E_{48} (5)
$d'_{3}=0$ $d'_{4}=0$ $d'_{5}=0$ $d'_{6}=0$	E_{49} (7)	E_{50} (6)	E_{51} (6)	E_{52} (6)	E_{53} (5)	E_{54} (5)	E_{55} (5)	E_{56} (4)
$d'_{3}=0$ $d'_{4}=0$ $d'_{5}=0$ $d'_{6}=0$ $d'_{7}=0$	E_{57} (6)	E_{58} (5)	E_{59} (5)	E_{60} (5)	E_{61} (4)	E_{62} (4)	E_{63} (4)	E_{64} (3)

Os números entre parêntesis representam o número de parâmetros a serem estimados.

A equação E_1 dá-nos o modelo (18), ao passo que E_9 nos dá o mesmo modelo sem protecção efectiva. A equação E_8 dá-nos o modelo NFNT com protecção efectiva, ao passo que E_{16} nos dá o mesmo modelo sem protecção efectiva [equação (11)]. A equação E_{40} dá-nos o modelo NT com PE, ao passo que E_{48} nos dá o mesmo modelo sem PE

[soma das equações (6) e (7) sem a variável $\frac{CH}{L}$]. A equação E_{56} dá-nos o modelo NF com PE , ao passo que E_{64} nos dá o mesmo modelo sem PE [equação (2)]. Salientemos ainda os seguintes casos: E_{49} dá-nos o modelo NF com PE e com as variáveis «novas» (vector Z), ao passo que E_{57} nos dá o mesmo modelo sem PE . E_{33} dá-nos o modelo NT com PE e variáveis «novas» e E_{41} dá-nos o mesmo modelo sem PE .

Qualquer uma das 64 equações pode ser escolhida como a melhor equação. O que se pergunta é:

- i) Fará isso sentido do ponto de vista da teoria do comércio internacional?
- ii) Mesmo admitindo que, no futuro, a teoria económica justificará o encadeamento natural das hipóteses e que se utiliza a estatística de teste adequada, será fiável a explicação do padrão de comércio a partir do melhor modelo?

A resposta a estas questões remete-nos para a *estratégia da selecção de modelos*.

Em «Algumas sugestões para uma estratégia de selecção de modelos» Artur Lopes, *op. cit.*, pp. 191-194, afirma que, «nalguns casos, a informação *a priori* pode conduzir a um 'encadeamento' natural das diversas alternativas em presença, isto é, a um modelo muito geral, do qual os modelos rivais decorrem, como seus casos particulares, sendo derivados dele e ou uns dos outros através da imposição de sucessivas restrições (frequentemente lineares)». Estaríamos perante o método utilizado por Courakis e Moura Roque se os dados indicassem que era teoricamente aceitável compatibilizar no mesmo modelo a hipótese de funções de produção idênticas com a hipótese de alteração da função da produção nos países inovadores, ou seja, que os modelos NF e NT eram complementares.

Nos modelos encadeados, Artur Lopes (p. 192) apresenta várias estratégias:

- a estratégia da sobreparametrização inicial: parte-se de um modelo geral para um modelo específico através de uma ordem crescente de restritividade. Neste caso, o princípio de teste mais adequado é o de Wald (7);
- a estratégia da subparametrização inicial: parte-se de um modelo mais restritivo para um modelo mais geral. Neste caso, «o investigador [é] menos inibido por considerações teóricas apriorísticas» (p. 193) e o princípio de teste dos multiplicadores de Lagrange (ML) é o mais adequado;

(7) Em relação aos modelos encadeados, Artur Lopes (1988, p. 64) refere que os princípios de testes de Wald (W), do rácio das verosimilhanças (RV) e dos multiplicadores de Lagrange (ML) são os habitualmente utilizados e que estas estatísticas de teste são funções monótonas da estatística F.

- «se a teoria económica não permitir ‘encadear’ naturalmente os modelos rivais, o investigador deverá recorrer a um teste de hipótese ‘não encadeadas’» (*idem*);
- os métodos de especificação devem ser acompanhados com testes para detecção de erros de especificação, TEE⁽⁸⁾.

Seguindo as sugestões de Artur Lopes, vamos partir da subparametrização⁽⁹⁾ inicial e utilizar o teste de Hausman como teste de especificação e TEE para saber se os dados indicam à teoria económica a aceitação ou não do encadeamento natural dos modelos NF e NT num modelo NFNT. Só depois utilizamos o teste da F, que servirá, ao mesmo tempo, como teste de selecção e de confirmação da hipótese de complementaridade dos dois modelos.

2.2 — O teste da ortogonalidade de Hausman e o teste da F

Realce-se que o nosso *objectivo* consiste em saber se é possível ou não compatibilizar no mesmo modelo variáveis *NF* e variáveis *NT*, ou seja, saber se os dados indicam a complementaridade ou rivalidade das hipóteses, com vista à especificação do melhor modelo: neofactorial, neotecnológico ou neofactorial-neotecnológico.

A *metodologia* que se propõe é a seguinte:

- i) Considerar, por hipótese, que num modelo NFNT os *efeitos lineares* são expressos pelas variáveis *NF(NT)* e os *efeitos não lineares* pelas variáveis *NT(NF)*;
- ii) Utilizar o teste de Hausman como teste de especificação para ver se os modelos são rivais ou complementares e, no primeiro caso, qual o melhor modelo;
- iii) No caso de os modelos serem complementares, especificar um modelo NFNT a partir dos modelos NF e NT com menor erro de especificação;
- iv) Utilizar o teste da F para confirmar se a complementaridade dos modelos se mantém, ou seja, confrontar o modelo NFNT com os modelos NF e NT que lhe deram origem.

O teste de Hausman

Hausman (1978, p. 1261) considera o seguinte modelo:

$$Y_{it} = X_{it} \beta + U_i + \epsilon_{it} \quad (19)$$

⁽⁸⁾ Sobre esta matéria, v., além de Artur Lopes (*op. cit.*), Hausman (1978), Hausman and Taylor (1981) e Staiger (1988), entre outros.

⁽⁹⁾ Como a escolha das variáveis explicativas dos modelos iniciais (NF e NT) está teoricamente fundamentada, reduz-se a arbitrariedade que esta estratégia permite.

com $i = 1, \dots, N$; $t = 1, \dots, T$; $\epsilon_{it} \sim N(0, \sigma^2)$, ou seja, a variável residual tem distribuição normal de média 0 e variância constante: $E(\epsilon | X) = 0$, ou seja, há independência entre a variável residual e os regressores (ortogonalidade). β é o vector de parâmetros e U_i traduz o efeito de factores individuais não observáveis, invariante ao longo do tempo.

Podemos considerar U_i de duas maneiras:

- i) Como uma constante fixa, mas desconhecida, dando origem aos modelos de efeitos fixos;
- ii) Como uma variável aleatória, com distribuição normal e variância constante, σ^2 , e não correlacionada, seja com ϵ_{it} , seja com X_{it} .

A primeira forma de encarar U_i dá origem ao modelo transformado:

$$\tilde{Y}_{it} = \tilde{X}_{it} \beta + \tilde{\epsilon}_{it} \quad (20)$$

em que 0 «~» indica que as variáveis são centradas ($\tilde{Y}_{it} = Y_{it} - \bar{Y}$).

A segunda maneira de encarar a variável U_i dá origem ao modelo:

$$Y_{it} = X_{it} \beta + \eta_{it} \quad (21)$$

com $\eta_{it} = U_i + \epsilon_{it}$, $E(\eta | X) = 0$, $E(\epsilon | U) = 0$ e $E(U | X) = 0$.

Neste caso, temos:

- i) Há uma relação linear (não aleatória) entre X e Y (os vectores η e X são ortogonais);
- ii) Há uma relação não linear (aleatória) entre Y e U ;
- iii) Os efeitos lineares e não lineares são independentes (os vectores X e U são ortogonais).

Se considerarmos que num modelo NFNT os efeitos lineares são expressos pelas variáveis $NF(NT)$ e os efeitos não lineares pelas variáveis $NT(NF)$, intuímos já a importância do teste da ortogonalidade entre X e U .

O teste da hipótese nula de que os vectores são ortogonais, ou seja, $H_0: E(U | X) = 0$, contra a hipótese alternativa, $H_1: E(U | X) \neq 0$, é feito através da estatística:

$$\hat{m} = \hat{q}' \hat{M} (\hat{q})^{-1} \hat{q} \quad (22)$$

que tem distribuição assintótica do qui-quadrado, com k (número de regressores) graus de liberdade, ou seja, $\hat{m} \sim \chi^2_k$.

$\hat{q} = \hat{\beta}_{fe} - \hat{\beta}_{gls}$ é a diferença entre as estimativas feitas utilizando o modelo de efeitos fixos e o estimador de mínimos quadrados, OLS (também designado neste caso por estimador de efeitos fixos, $\hat{\beta}_{fe}$), e as estimativas feitas utilizando o modelo de efeitos aleatórios e o estimador de mínimos quadrados generalizados, GLS .

Como o modelo de efeitos fixos elimina as variáveis invariantes ao longo do tempo, ou seja, U_i , o estimador $\hat{\beta}_{fe}$ fornece-nos uma estimativa consistente e não enviesada de β . Por outro lado, o modelo de efeitos aleatórios não elimina U_i e, por isso, podemos ter dois casos:

- i) Se U_i é ortogonal a X_{it} , então $\hat{\beta}_{gls}$ é um estimador consistente e não enviesado de β ;
- ii) Se U_i não é ortogonal a X_{it} , então há erros de especificação e $\hat{\beta}_{gls}$ é um estimador enviesado e inconsistente de β .

O método de Hausman consiste, assim, em utilizar dois estimadores que são afectados diferentemente pela rejeição da hipótese nula de ortogonalidade entre U_i e X_{it} : $\hat{\beta}_{fe}$ não é afectado pelos erros de especificação, ao passo que $\hat{\beta}_{gls}$ se torna inconsistente. Assim, quanto maior \hat{q} em valor absoluto, mais diferem as estimativas dos dois estimadores e maior será a incorrecção da especificação. Se dividirmos \hat{q} pela estimativa da sua variância, $\hat{M}(\hat{q})$, temos que, quando há erros de especificação, \hat{q} será grande relativamente ao seu desvio padrão.

Por outro lado:

$$M(\hat{q}) = M(\hat{\beta}_{fe}) - M(\hat{\beta}_{gls}) \quad (23)$$

o que facilita o cálculo de \hat{m} e a aplicação do teste.

Utilizemos agora o teste de Hausman para alcançarmos o objectivo do nosso estudo.

Sejam os seguintes modelos NFNT:

$$Y_{it} = NF_{it} \beta + NT_{it} \delta + \epsilon_{it} \quad (24)$$

$$Y_{it} = NT_{it} \beta^* + NF_{it} \delta^* + \epsilon_{it} \quad (25)$$

e considere-se que o vector de variáveis $NT(NF)$ exerce a sua influência não linear através do vector de parâmetros $\delta(\delta^*)$.

Se, por hipótese, o efeito exercido por $NT(NF)$ sobre Y_{it} for aleatório e independente de $NF(NT)$, podemos expressar $NT_{it} \delta(NF_{it} \delta^*)$ por uma variável aleatória de média 0 e variância constante, ou seja, U_{it} . Se agora considerarmos que U_{it} é constante ao longo do tempo e se fizermos $NF(NT) = X$, temos o modelo de Hausman.

Então:

- i) Se H_0 (ortogonalidade entre X e U) é aceite para $X = NF$ e $X = NT$, aceita-se que os modelos NF e NT são modelos rivais, pois cada um exclui o efeito linear das variáveis pertencentes ao outro modelo (ou seja, aceita-se que as variáveis do outro modelo exercem um efeito aleatório de média 0 e variância constante independente do efeito linear das variáveis do próprio modelo);

- ii) Se H_0 é aceite para $X=NF(NT)$ e rejeitada para $X=NT(NF)$, então o melhor modelo é o modelo $NF(NT)$, pois não há erro de especificação nesse modelo e as determinantes empíricas das vantagens comparativas foram, no essencial, capturadas pela teoria neofactorial (teoria neotecnológica);
- iii) Se H_0 é rejeitada tanto para $X=NF$ como para $X=NT$, então nenhuma das teorias explica, por si só, o padrão de comércio. Neste caso, os dados indiciam a complementaridade dos dois modelos e é necessário especificar um modelo $NFNT$;
- iv) A especificação do modelo $NFNT$ pode ser feita a partir dos modelos NF e NT com menor \hat{m} , aproveitando para isso os passos anteriores;
- v) Estima-se o modelo $NFNT$ e testa-se a sua complementaridade, confrontando o modelo $NFNT$ com os modelos NF e NT , que lhe deram origem. Utiliza-se, para esse efeito, o teste da F , igual ao utilizado por Wolter e Courakis e Moura Roque com outros objectivos, e obtém-se o seguinte quadro:

QUADRO N.º 2

Confronto dos modelos NF e NT com o modelo $NFNT$ através do teste da F

Modelo $NFNT$ versus modelo NF	Modelo $NFNT$ versus modelo NT	Seleção do melhor modelo
H_0 é aceite	H_0 é aceite	Os modelos NF e NT são rivais.
H_0 é aceite	H_0 é rejeitada	O modelo NF é o melhor.
H_0 é rejeitada	H_0 é aceite	O modelo NT é o melhor.
H_0 é rejeitada	H_0 é rejeitada	Os modelos NF e NT são complementares.

A aceitação de H_0 significa que se aceita a especificação particular (a NF ou NT), ou seja, quando se aceita H_0 , aceita-se que as variáveis pertencentes ao outro modelo (NT ou NF) não influenciam linear e significativamente as vantagens comparativas. Note-se que só no último caso é que o teste da F confirma a complementaridade indiciada pelo teste de Hausman aos modelos NF e NT . Neste caso, para maior garantia, devemos sujeitar o modelo $NFNT$ seleccionado ao teste de Hausman, como TEE .

Conclusão

A conjugação do teste de Hausman, como teste de especificação e de detecção de erros de especificação, com o teste da F permite-nos dar uma

base mais rigorosa aos resultados da regressão de um modelo neofactorial-neotecnológico, embora não seja de mais salientar que sem um modelo teórico formal os resultados de tais estudos serão sempre encarados sob reserva.

A metodologia proposta difere da utilizada por Courakis e Moura Roque para o estudo das determinantes do padrão de comércio em Portugal e certamente que a sua aplicação dará resultados diferentes. O passo seguinte é, pois, a estimação dos modelos NF, NT e NFNT já especificados no n.º 1, seguindo as duas metodologias. Outra questão importante é a utilização tanto da medida de *stock* como de fluxo para a intensidade em capital físico e humano e ver se as conclusões se alteram ou não.

BIBLIOGRAFIA

- BALASSA, Bela, «Trade liberalisation and 'revealed' comparative advantage», *Manchester School of Economic and Social Studies*, vol. 33, n.º 2, 1965.
- , «A 'stages approach' to comparative advantage», Irma Adelman (ed.), *Economic Growth and Resources*, vol. IV, Tokyo Conference, 1978.
- BALDWIN, Robert, «Determinants of the commodity structure of US trade», *American Economic Review*, vol. 61, 1971, pp. 126-146.
- BERTRAND, Trent, «An extension of the *N*-factor case of factor proportions theory», *Kyklos*, vol. 25, 1972, pp. 592-596.
- BHAGWATI, J. N., «The Heckscher-Ohlin theorem in the multi-commodity case», *Journal of Political Economy*, vol. 80, n.º 5, 1972, pp. 1052-1055.
- BOWEN, H. P., «On the theoretical interpretation of indices of trade intensity and revealed comparative advantage», *Weltwirtschaftliches Archiv*, vol. 119, 1983, pp. 464-472.
- , «On measuring comparative advantage: a reply and extension», *Weltwirtschaftliches Archiv*, vol. 121, 1985, pp. 351-354.
- , «On measuring comparative advantage: further comments», *Weltwirtschaftliches Archiv*, vol. 122, 1986, pp. 379-381.
- BOWEN, H., LEAMER, E., e SVEIKAUSKAS, L., «Multicountry, multifactor tests of the factor abundance theory», *American Economic Review*, vol. 77, 1987, pp. 791-809.
- BRANSON, William, e MONOYIOS, Nikolaos, «Factor inputs in US trade», *Journal of International Economics*, vol. 7, 1977, pp. 111-131.
- CHOUDRI, Ehsan, «The pattern of trade in individual products: a test of simple theories», *Weltwirtschaftliches Archiv*, vol. 115, 1979, pp. 81-97.
- COURAKIS, A., e MOURA ROQUE, F., «An enquiry into the determinants of the net exports pattern of Portugal's trade in manufactures», *Economia*, vol. VIII, n.º 2, 1984, pp. 299-331.
- , «On the informational content of 'technology' variables in explaining trade patterns», Conference on Trade Patterns and Policies in Southern Europe, Lisboa, 1987, p. 15.
- DEARDORFF, A. V., «The general validity of the Heckscher-Ohlin theorem», *American Economic Review*, vol. 72, 1982, pp. 683-694.
- , «Testing trade theories and predicting trade flows», R. Jones e P. Kenen (eds.), *op. cit.*, vol. I, 1984, pp. 468-517.
- FAUSTINO, Horácio, *Teorias do Comércio Internacional e Questões Metodológicas dos Testes Empíricos*, dissertação de mestrado, ISE, 1987, p. 259.
- FINGER, J. M., «A new view of the product cycle theory», *Weltwirtschaftliches Archiv*, vol. 111, 1975, pp. 79-99.
- FORSTNER, Helmut, «The changing pattern of international trade in manufactures: a logit analysis», *Weltwirtschaftliches Archiv*, vol. 120, 1984, pp. 1-17.
- GRAY, Peter, e MARTIN, John, «The meaning and measurement of product differentiation in international trade», *Weltwirtschaftliches Archiv*, vol. 116, 1980, pp. 322-329.

- HAUSMAN, Jerry, «Specification tests in econometrics», *Econometrica*, vol. 46, Nov. 1978, pp. 1251-1271.
- HAUSMAN, J., e TAYLOR, W., «Panel data and unobservable individual effects», *Econometrica*, vol. 49, n.º 6, 1981, pp. 1277-1398.
- HIRSCH, Seev, «The product cycle model of international trade — a multicountry cross-section analysis», *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, vol. 37, 1975, pp. 305-317.
- , «Capital on technology? Confronting the neo-factor proportions and the neo-technology accounts of international trade», *Weltwirtschaftliches Archiv*, vol. 110, 1974, pp. 535-563.
- HIRSCH, S., e BIJAOUI, Ilan, «R&D intensity and export performance: a micro view», *Weltwirtschaftliches Archiv*, vol. 121, 1985, pp. 238-251.
- HUFBAUER, Gary C., «The impact of national characteristics and technology on the commodity composition of trade in manufactured goods», in R. Vernon (ed.), 1970, pp. 145-231.
- HILLMAN, Arye, «Observations on the relation between 'revealed comparative advantage' and comparative advantage as indicated by pre-trade relative prices», *Weltwirtschaftliches Archiv*, vol. 116, 1980, pp. 315-321.
- HULSMAN, Vejsová, e KOEKKOEK, K., «Factor proportions technology and Deutsch industry's international trade patterns», *Weltwirtschaftliches Archiv*, vol. 116, 1980, pp. 162-177.
- JOHNSON, Harry, *Comparative Cost and Commercial Policy Theory for a Developing World Economy*, Wicksell Lectures, 1968.
- JONES, R., e KENEN, P., *Handbook of International Economics*, North-Holland, Amsterdam, vol. I, 1984, pp. xxi + 623.
- KEESING, Donald B., «The impact of research and development on United States trade», *Journal of Political Economy*, vol. 75, n.º 1, 1967, pp. 38-48.
- LEONTIEF, Wassily, «Domestic production and foreign trade: the American capital position re-examined», *Proceeding of the American Philosophical Society*, 97, Set. 1953, pp. 332-349 [reimp. in R. Caves e H. Johnson (eds.), *Reading in International Economics*, Homewood, Irvin, 1968].
- , «Factor proportions and the structure of the American trade: further theoretical and empirical analysis», *Review of Economics and Statistics*, vol. 38, 1956, pp. 386-407.
- LOPES, Artur, *Análise de Especificação e Seleção de Modelos Económicos*, CEMAPRE, documento de trabalho n.º 41, 1988, p. 202.
- STAIGER, «A specification test of the Heckscher-Ohlin theory», *Journal of International Economics*, vol. 25, 1988.
- STERN, R., e MASKUS, K., «Determinants of the structure of US foreign trade 1958-1976», *Journal of International Economics*, vol. 11, n.º 2, 1981, pp. 207-224.
- VERNON, Raymond, «International investment and international trade in the product cycle», *Quarterly Journal of Economics*, vol. 80, 1966, pp. 190-207.
- (ed.), *The Technological Factor in International Trade*, New York, Columbia University Press, 1970, p. 489.
- WHITE, Halbert, «A heteroskedasticity — consistent covariance matrix estimator and a direct test for heteroskedasticity», *Econometrica*, vol. 48, 1980, pp. 817-838.
- WOLTER, Frank, «Factor proportions, technology and West German industry's international trade patterns», *Weltwirtschaftliches Archiv*, vol. 113, 1977, pp. 250-267.