

UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA
INSTITUTO SUPERIOR DE ECONOMIA E GESTÃO

*CUSTOS IRREVERSÍVEIS / HISTERESE
NO COMÉRCIO INTERNACIONAL
Uma abordagem alternativa sobre as
implicações da volatilidade da taxa de câmbio
real no comportamento das exportações*

José Armando Machado Aparício

Sob orientação de:

Doutor Paulo M. B. Brito

Constituição do Júri;

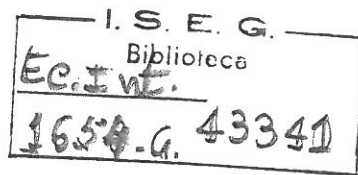
Doutor Mário P. Antão

Doutor Vasco M. S. B. Santos

Doutor Paulo M. B. Brito

Lisboa

Dezembro de 1995



HG-3754
AG3
1995



UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA
INSTITUTO SUPERIOR DE ECONOMIA E GESTÃO

*CUSTOS IRREVERSÍVEIS / HISTERESE NO
COMÉRCIO INTERNACIONAL: Uma abordagem
alternativa sobre as implicações da volatilidade da taxa
de câmbio real no comportamento das exportações*

José Armando Machado Aparício

Tese de Mestrado em:

Economia Monetária e Financeira

Sob orientação de:

Doutor Paulo Meneses Brasil de Brito

Constituição do Júri:

Doutor Mário Patinha Antão

Doutor Vasco Manuel Sousa Borges dos Santos

Doutor Paulo Meneses Brasil de Brito

Tese financiada por:

JNICT - Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica
Programa CIÊNCIA

Lisboa, Dezembro de 1995

À Lena, Marta e Susana

Aos meus pais



Agradecimentos

Ao meu orientador, Prof. Paulo Brito, pela valiosa orientação e apoio prestados ao longo da realização deste trabalho.

Aos meus professores da parte escolar do Mestrado em Economia Monetária e Financeira de 1992/93, coordenado pelo Prof. Vitor Constâncio, pelos ensinamentos transmitidos ao longo das aulas.

Ao meu colega José Gomes, pelo debate de ideias e úteis sugestões.

À JNICT - Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica, pelo patrocínio concedido no âmbito do programa CIÊNCIA.

Ao Dr. Issuf Ahmad e Dra. Maria Amália, directores do GAFEPP - Gabinete para a Análise do Financiamento do Estado e das Empresas Públicas, pelo incentivo e apoio à realização deste trabalho.

À minha mulher, Lena, pois sem o seu companheirismo, estímulo e total apoio, nunca este trabalho poderia ser concretizado.

Índice

Introdução	1
Parte I. Enquadramento teórico	6
1. Os factos observados e as teorias tradicionais	7
2. Custos irreversíveis e histerese no comércio internacional: uma nova abordagem sobre a ligação existente entre a taxa de câmbio, os preços e os fluxos de comércio	13
2.1. Modelos de custos irreversíveis / histerese e resultados fundamentais	13
2.2. A analogia entre a opção de entrada e saída no mercado externo e a <i>call option</i> financeira	19
2.2.1. Os conceitos básicos	19
2.2.2. Aplicação do método binomial	21
3. Comportamento de uma empresa exportadora num contexto de incerteza quanto à taxa de câmbio real	26
3.1. Um modelo de custos irreversíveis / histerese	26
3.1.1. O caso clássico	26
3.1.2. O caso clássico com suspensão temporária	47
3.2. O comportamento da empresa perante dois mercados alternativos	52
3.2.1. Mercado interno vs. mercado externo	52
3.2.2. Outras situações	57
3.3. O modelo em confronto com as abordagens microeconómicas tradicionais	59
3.3.1. Comparação com as teorias tradicionais do investimento	59
3.3.2. Comparação com outras abordagens sobre a incerteza	62
Parte II. Aplicação empírica	69
4. Síntese da teoria e descrição das variáveis utilizadas	70
5. Teste à Teoria da Paridade dos Poderes de Compra	76
6. Teste à permanência de estrutura da função de exportações tradicional	85
7. Teste à hipótese de histerese	94
8. Teste à hipótese da influência da incerteza sobre a dimensão da banda	96
Conclusões	101
Anexo 1	104
Anexo 2	113
Bibliografia	121

Introdução

A evolução do comércio externo dos EUA durante a década de 80, veio evidenciar um conjunto de fenómenos que as teorias tradicionais de tipo macroeconómico não são capazes de captar.

Em particular, foi a situação de persistência do défice da balança comercial americana, entre 1985 e 1988, durante uma fase de significativa depreciação real do dólar e num contexto de grande instabilidade cambial, que deu origem a diversas tentativas de explicação dos factos observados, quer numa óptica de quantidades, quer numa óptica de preços.

Nesse sentido, podem encontrar-se, na literatura recente, três principais tipos de abordagens alternativas.

A primeira tem a ver com a existência de uma *curva em J*¹, e coloca a ênfase no desfasamento temporal entre a causa e o efeito (ver Meade [1988]). Assim, o saldo da balança comercial pode piorar imediatamente após uma depreciação real da moeda porque, num primeiro tempo, o efeito preço sobre o valor das importações (medido em moeda nacional) tende a dominar o efeito quantidade resultante da alteração dos preços relativos. Para isso concorre um conjunto de factores, de que são exemplo, entre outros: o facto de existirem encomendas já contratadas com base no nível antigo da taxa de câmbio ou levar algum tempo até que as novas encomendas reflectam integralmente a alteração cambial (lado da procura); ou o facto de, em certas circunstâncias, os exportadores terem necessidade de aumentar a capacidade produtiva instalada e estabelecer novos circuitos de distribuição (lado da oferta).

A segunda coloca a tónica na existência de imperfeições no funcionamento do mercado, situação que confere às empresas um certo grau de poder monopolístico e uma relativa autonomia na definição da estratégia de preços a adoptar. Esta capacidade de as empresas gerirem as suas margens de lucro, em resposta a choques

¹ Esta designação decorre do facto de a trajectória temporal do peso da balança comercial no PIB se parecer com a letra J, durante a fase inicial da resposta a uma depreciação real da taxa de câmbio.

exógenos, é popularmente designada na literatura por *pricing to market*². Os modelos de organização industrial desenvolvidos para tratar estas questões centram-se, sobretudo, no estudo da relação conhecida por *exchange rate pass-through*³ (ver, por exemplo, Dornbusch [1987], Fisher [1989], Aw [1993], Athukorala e Menon [1994] e Arestis e Milberg [1994]).

A terceira baseia-se na existência de custos irreversíveis associados à entrada das empresas no mercado externo. A ideia mais importante que ressalta desta abordagem é a de que existe histerese⁴ no comércio internacional, conceito que define situações em que os efeitos provocados por um choque temporário não são anulados logo que se dê a sua cessação. É justamente esta última abordagem que irá constituir o objecto central do presente trabalho.

Conforme sublinha Krugman [1989], qualquer análise ao nível do comércio internacional deve ter em conta duas realidades fundamentais: a primeira é a de que existe uma integração imperfeita da economia mundial; a segunda, de algum modo ligada àquela, tem a ver com o facto de, mesmo nos domínios em que essa integração existe com maior intensidade, os mercados serem imperfeitos e, em geral, segmentados.

Nesta perspectiva, a incerteza pode funcionar como uma barreira à entrada e, simultaneamente, como factor favorável à segmentação de mercados, à semelhança do que sucede com os custos de transporte ou medidas de protecção aduaneira (Santos [1991]). A existência de custos irreversíveis configura, igualmente, um outro tipo de barreiras à entrada, com potenciais efeitos geradores de imperfeições nos mercados.

Num outro plano, a conjugação entre custos irreversíveis e incerteza pode levar, por exemplo, a que movimentos da taxa de câmbio, mesmo que apresentem um carácter transitório, possam produzir alterações, mais ou menos duradouras, nas estruturas de mercado, por via da assimetria de comportamentos que a existência da banda de histerese necessariamente implica.

² Do ponto de vista de uma empresa exportadora, o *pricing to market* designa uma estratégia de preços visando a protecção da sua quota de mercado, durante uma fase de apreciação da moeda, ou o aumento da sua margem de lucro, durante uma fase de depreciação da moeda.

³ O *exchange rate pass-through* designa o mecanismo pelo qual variações da taxa de câmbio se reflectem nos preços de importação ou nos preços de exportação de um dado país.

⁴ O American Heritage Dictionary, citado em Baldwin [1989], define histerese como a "*failure of a system changed by an external agent to return to its original value when the cause of the change is removed*".

É, pois, num quadro caracterizado pela ausência de concorrência perfeita no comércio internacional que a teoria da histerese e as respectivas conclusões devem ser situadas.

No âmbito desta teoria, destacam-se os modelos propostos por Baldwin e Krugman [1989] e Dixit [1989a], que elegem a existência de custos irreversíveis e a incerteza sobre a evolução das taxas de câmbio como os factores cruciais para a ocorrência de histerese.

A abordagem que se vai desenvolver, no presente texto, tem como objecto o comportamento de uma empresa representativa e insere-se numa perspectiva de fundamentação microeconómica de fenómenos macroeconómicos. Trata-se de uma abordagem particularmente adequada para estudar as decisões das empresas nos casos em que o investimento possua as seguintes características: - ser parcialmente ou completamente *irreversível*, ou seja, o seu custo inicial ser, no mínimo, parcialmente irre recuperável; - existir *incerteza* quanto aos futuros *cash flows*; - o *timing* do investimento ser uma variável que, nalguma medida, possa ser controlada pela empresa.

Em geral, os custos de entrada no mercado externo possuem estas características. Com efeito, a realização de um esforço inicial de marketing e o estabelecimento de uma rede de distribuição são, entre outros, custos de dimensão significativa e considerados, pelo menos em parte, irreversíveis.

Aquelas três características interagem no sentido da determinação das decisões óptimas de investimento ou de entrada no mercado e, de um ponto de vista da teoria microeconómica do investimento, vêm permitir a definição de regras de investimento ou de entrada que diferem das regras tradicionais fundadas no conceito de valor actual líquido que serve de base a teorias como o *q de Tobin* ou a teoria neoclássica do investimento.

O instrumental metodológico que se irá utilizar, faz apelo à analogia entre opções financeiras e opções reais e é suficientemente geral para poder ser aplicado a múltiplas situações concretas que se afastam das hipóteses simplificadoras habitualmente estabelecidas. No domínio do comércio internacional, trata-se de uma metodologia que pode ser estendida a análises do tipo equilíbrio geral, com

hipóteses diferentes sobre as estruturas de mercado, ou utilizada para lidar com temas específicos, tais como o *pricing to market* e o *exchange rate pass-through*. Lança, ainda, luz, no plano teórico, sobre a natureza do impacto de variações na taxa de câmbio real na balança comercial, quer do ponto de vista da sua dimensão, quer do ponto de vista do seu *lag* temporal.

A justificação para o uso de uma metodologia baseada no procedimento de valorização de opções desenvolvido por Black-Scholes (*contingent claim analysis*), reside, fundamentalmente, na conjugação das três características acima referidas com o facto de a trajectória da taxa de câmbio real poder ser aproximada, face à evidência empírica, por um processo estocástico do tipo movimento browniano geométrico.

Á semelhança do que sucedeu, por exemplo, nos EUA e na Austrália, também o comportamento do comércio externo português apresentou, na década de 80, peculiaridades que justificam alguma atenção a esta nova abordagem como uma das possíveis explicações para os factos observados.

Neste texto, e por dificuldades de obtenção de dados estatísticos, optou-se pela aplicação dos testes empíricos a um nível máximo de agregação, devendo o exercício ser encarado como ponto de partida para trabalhos futuros nesta área.

O presente trabalho encontra-se organizado do seguinte modo. A primeira parte é consagrada à discussão, no plano teórico, do fenómeno de histerese no comércio internacional, tendo como base um modelo de custos irreversíveis / histerese. No primeiro ponto, enunciam-se os factos relevantes colocando-os em confronto com o que predizem as teorias tradicionais. No segundo ponto, estabelecem-se os conceitos essenciais sobre os quais assentará a metodologia a utilizar. No terceiro ponto faz-se uma exposição formal do modelo de custos irreversíveis / histerese aplicado ao caso de uma empresa exportadora, seguindo de perto as abordagens de Dixit [1989a] e de Dixit e Pindyck [1994]. Paralelamente, procurar-se-á explorar a riqueza dos resultados do modelo em termos de estática comparativa, com particular destaque para as implicações da incerteza na tomada de decisões de entrada e saída do mercado externo. Procurar-se-á ainda fazer uma aplicação da metodologia a uma das possíveis extensões do modelo (considerando dois mercados alternativos), que poderá, eventualmente, servir de ponte para a incorporação no modelo original dos resultados adquiridos das abordagens tradicionais baseadas na diversificação de

mercados. Finalmente, colocar-se-ão em confronto as principais conclusões extraídas do modelo e os resultados provenientes de abordagens alternativas. A segunda parte é totalmente preenchida por uma aplicação empírica ao caso do sector exportador português, onde se procura avaliar em que medida a teoria apresentada é sustentada empiricamente pelos factos. No final, faz-se uma síntese das principais conclusões extraídas ao longo do trabalho.

Parte I. Enquadramento teórico



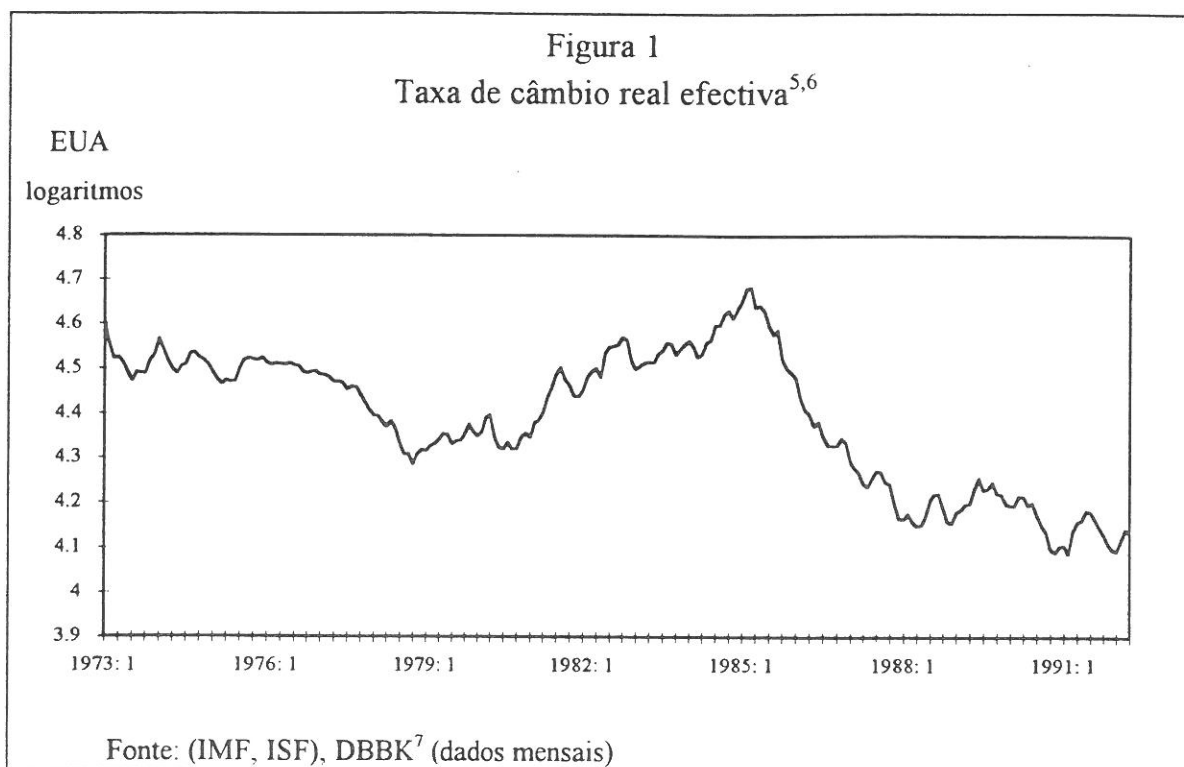
1. Os factos observados e as teorias tradicionais

Neste ponto, procura-se fazer uma breve referência aos factos que estiveram na base do aparecimento de toda uma literatura dedicada à identificação de histerese no comércio internacional, colocando-os em confronto com as teorias tradicionais de tipo macroeconómico. Os fenómenos que se pretendem destacar ligam-se, basicamente, com o efeito quantidade e o efeito preço de variações na taxa de câmbio, intimamente ligados entre si. No primeiro caso, está em causa a influência da taxa de câmbio sobre os fluxos de comércio e, no segundo caso, o comportamento da taxa de câmbio real e da relação conhecida por *exchange rate pass-through*. Por facilidade de exposição, embora, decerto, com pouco rigor, agrupar-se-ão as teorias tradicionais em duas grandes correntes de pensamento: a monetarista e a keynesiana.

De acordo com a corrente de inspiração monetarista, o comportamento da taxa de câmbio, num regime de câmbios flexíveis, é, sobretudo, explicado pela evolução dos preços relativos, cujo valor, em equilíbrio, se estabeleceria a um nível compatível com situações de equilíbrio da balança de transacções correntes.

Em linhas gerais, é esta a ideia que se encontra subjacente à teoria da paridade dos poderes de compra (PPC), segundo a qual, e na sua versão menos restritiva, os movimentos da taxa de câmbio reflectiriam, acima de tudo, a divergência entre as taxas de inflação interna e externa ou, dito de outro modo, a taxa de câmbio real evoluiria de acordo com uma trajectória tendencialmente estável. Ainda de acordo com esta teoria, a variabilidade da taxa de câmbio nominal seria pouco acentuada, porque assente fundamentalmente no comportamento de variáveis reais que, embora flexíveis no seu ajustamento, são intrinsecamente pouco voláteis.

Tomando, para já, como referência o caso da economia americana, a observação dos factos ocorridos após o desmoronamento do sistema de Bretton Woods em 1971 mostrou a ocorrência de consideráveis desvios em relação àquela condição de equilíbrio, como se pode ver na figura 1.



Tal constatação motivou o aparecimento de outras teorias, de inspiração keynesiana, e que fazem do lento ajustamento dos preços o principal factor explicativo da forte volatilidade observada da taxa de câmbio, de que é exemplo o conhecido modelo de *overshooting* (Dornbusch [1976]). Segundo esta corrente, o comportamento da taxa de câmbio nominal, para além de significativamente volátil, produziria uma evolução semelhante na taxa de câmbio real, fenómeno, aliás, claramente observado desde o início da mais recente vigência do regime de câmbios flexíveis (figura 2).

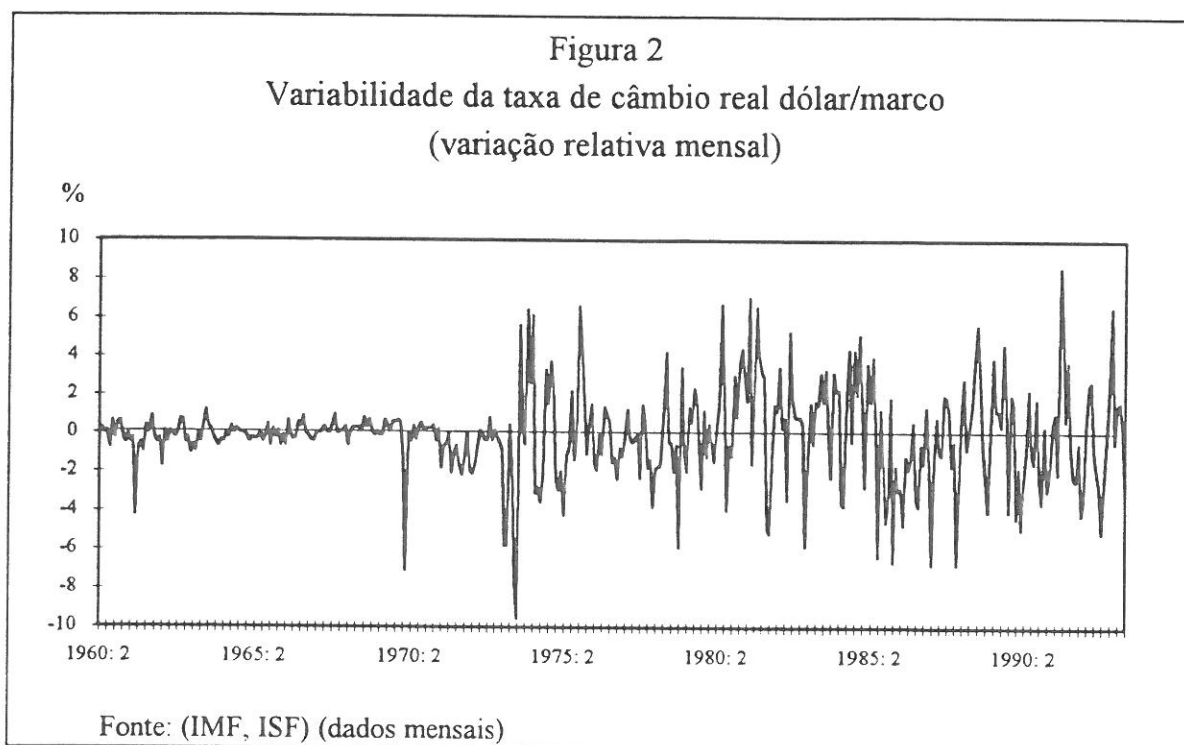
Ambas as correntes de pensamento estavam, contudo, de acordo quanto ao sentido da ligação entre a taxa de câmbio real e os fluxos de comércio: sob a verificação da condição de Marshall-Lerner, um aumento (diminuição) da competitividade (medida pela taxa de câmbio real) conduziria, num prazo mais ou menos curto, a uma melhoria (degradação) do saldo da balança de transacções correntes, por via de um

⁵ Ao longo do texto, as séries da taxa de câmbio representadas nas figuras e utilizadas na aplicação empírica estão sempre expressas em termos de unidades de moeda externa por unidade de moeda nacional; deste modo, aumentos significam apreciações. Ao contrário, na exposição teórica, assumir-se-á que a taxa de câmbio está sempre expressa ao incerto.

⁶ O método de cálculo da taxa de câmbio real efectiva encontra-se explicitado no fim do ponto 4, parte II, para o caso português. O procedimento usado para os EUA foi idêntico, com as devidas adaptações.

⁷ Estatísticas do Banco Central da Alemanha

elevado *exchange rate pass-through*. Por outro lado, a taxa de câmbio real era vista como seguindo um processo *mean-reverting*⁸.



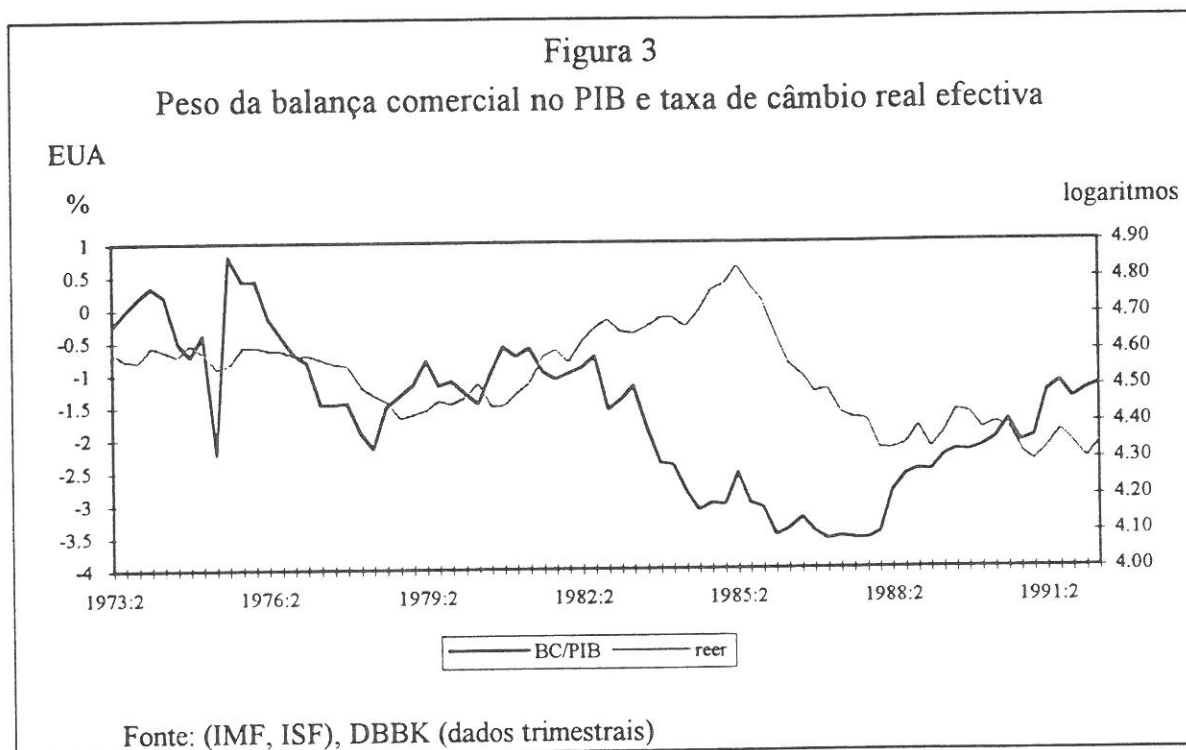
A observação dos factos ocorridos durante a década de 80 em relação à economia americana mostra, no entanto, que as ligações entre a taxa de câmbio nominal e a taxa de câmbio real e entre esta e a balança de transacções correntes encerram complexidades que as teorias tradicionais têm dificuldades em explicar.

Assim, a década de 80 foi marcada por um primeiro período de quatro anos, com início em 1982, de sistemática e forte valorização cambial, acompanhada por uma deterioração, tal como esperado, da balança de transacções correntes (cujo saldo era próximo de zero em 1982); a este período seguiu-se um outro, de três anos, de uma ainda mais acentuada desvalorização do dólar, a par da manutenção de persistentes défices da balança num contexto de grande instabilidade cambial. E mesmo durante o período de apreciação do dólar, constatou-se a ocorrência de um baixo grau de *exchange rate pass-through* traduzido pela grande divergência entre o grau da subida do dólar (mais de 21% no período 1982-1985) e o grau da diminuição dos

⁸ Um processo *mean-reverting* define uma trajectória tendencialmente estável. Um exemplo pode ser dado pelo modelo AR(1).

preços de importação (cerca de 4% durante idêntico período) (Krugman e Obstfeld [1994])⁹.

A figura 3 compara, ainda para o caso americano, a evolução da taxa de câmbio real efectiva (reer) e o peso da balança comercial no PIB.



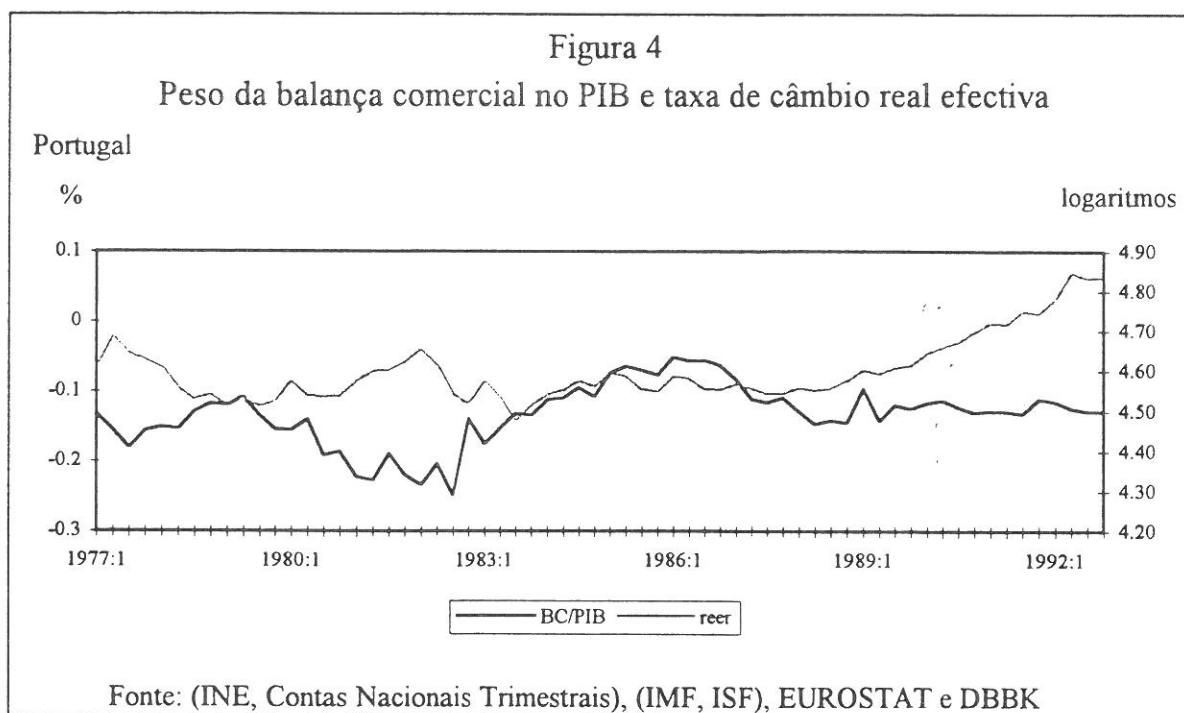
Um aspecto a ter em conta quando se analisam os efeitos de uma desvalorização cambial sobre a balança de transacções correntes, tem a ver, de facto, com a extensão do *exchange rate pass-through*. Num modelo do tipo Dornbusch [1976], o grau de *pass-through* da taxa de câmbio relativamente aos preços de importação é, no curto prazo, de 1, ou seja, qualquer alteração na taxa de câmbio é integralmente reflectida nos preços de importação. Neste contexto, torna-se possível equilibrar a balança de transacções correntes através de uma política monetária expansionista, sendo o ajustamento accionado pela alteração da taxa de câmbio real.

⁹ Existe completo *exchange rate pass-through* quando, por exemplo, uma depreciação da moeda em 10% produz os seguintes resultados: os preços de exportação em moeda externa diminuem em 10%, permanecendo constantes em termos de moeda interna; os preços de importação em moeda interna aumentam em 10%, permanecendo constantes em termos de moeda externa (Rockerbie[1992]).

No entanto, e contrariamente a esta ideia, o *exchange rate pass-through* é, geralmente, incompleto, como o demonstram diversos estudos empíricos (ver, por exemplo, Hooper, Mann e Branson [1989], Kim [1990], Feinberg e Kaplan [1992] e Parsley [1993]).

No caso português, o comportamento da taxa de câmbio real e da balança comercial parece igualmente evidenciar a ocorrência de uma quebra de estrutura na ligação entre as duas variáveis, por altura da forte desvalorização cambial de 1983.

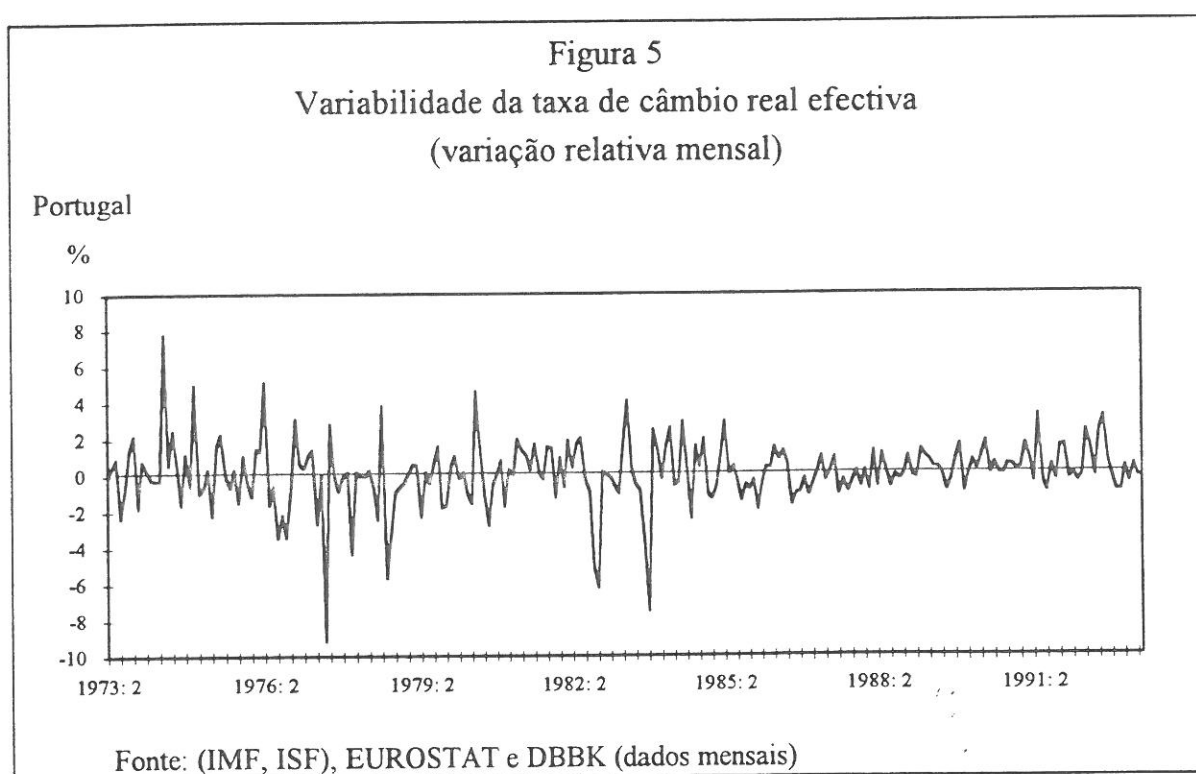
Na figura 4 coloca-se em confronto a evolução da taxa de câmbio real (*reer*) e o peso da balança comercial no PIB. Uma primeira observação do gráfico permite identificar a existência de duas fases distintas na relação entre as duas grandezas. Uma primeira, até 1983, em que a relação é a esperada, à luz da teoria tradicional, isto é, a períodos de depreciação correspondem melhorias na balança comercial e vice-versa, e uma segunda, na sequência da forte desvalorização do escudo de 1983, em que aquela relação deixa de se verificar.



De facto, a partir de 1983, o saldo da balança comercial não foi afectado pelo período de alguma apreciação que se seguiu. A partir de 1986, data de entrada na

CEE, confirma-se a quebra na ligação entre a taxa de câmbio real e o saldo da balança comercial: o saldo manteve-se relativamente estacionário apesar do processo de significativa apreciação real que o escudo sofreu num contexto de uma relativa estabilidade cambial.

Na figura 5, onde se encontra representado o comportamento da variação, *ex-post*, da taxa de câmbio real, é patente a existência de uma menor variabilidade durante aquele último período.



A observação conjunta do comportamento da taxa de câmbio real em nível e em variação relativa mostra, também para o caso português, e ao longo do período considerado, a ocorrência de desvios ao princípio da paridade relativa dos poderes de compra.

2. Custos irreversíveis e histerese no comércio internacional: uma nova abordagem sobre a ligação existente entre a taxa de câmbio, os preços e os fluxos de comércio

2.1. Modelos de custos irreversíveis / histerese e resultados fundamentais

Os modelos de custos irreversíveis / histerese aplicados ao comércio internacional apareceram a suscitar um grande interesse teórico a partir da segunda metade da década de 80, dada a dificuldade em explicar, à luz das teorias tradicionais, certos fenómenos ocorridos ao nível da evolução comparada das taxas de câmbio, dos preços e dos fluxos de comércio. No ponto anterior foi mostrada alguma evidência sobre esse facto.

As abordagens que conjugam a existência de custos irreversíveis com a incerteza parecem constituir, no plano teórico, uma boa explicação para os factos observados, muito embora, no plano da experimentação empírica, os resultados não se tenham vindo a mostrar conclusivos.

A intuição básica dos modelos de custos irreversíveis / histerese é a seguinte: a entrada de uma empresa no mercado externo envolve o dispêndio de custos irreversíveis e ela só estará disposta a penetrar nesse mercado se o nível da taxa de câmbio for suficientemente elevado para lhe permitir a cobertura desses custos; por outro lado, e uma vez que esses custos são irreversíveis, mesmo uma evolução desfavorável da taxa de câmbio não a afastará do mercado, ainda que a empresa apenas seja capaz de cobrir os seus custos variáveis.

De um modo geral, os custos fixos de entrada num mercado externo podem ser encarados como irreversíveis, ou seja, são custos que a empresa não consegue recuperar facilmente após tomar a decisão de sair do mercado. O abandono do mercado pode, por exemplo, conduzir rapidamente à desintegração da rede de distribuição e à perda de quota de mercado e do prestígio e hábitos de compra do produto em causa, obrigando a empresa, caso se decida mais tarde a regressar, a ter de incorrer de novo nesses custos.

As decisões de entrada e saída do mercado são, por conseguinte, balizadas pela existência de níveis críticos da taxa de câmbio que formam uma banda de histerese, cuja dimensão depende da volatilidade das taxas de câmbio. Por esta via, a volatilidade das taxas de câmbio torna-se também causa do lento ajustamento dos preços, para além de efeito, como demonstrado pela teoria tradicional.

Embora a existência de histerese e as conclusões básicas extraídas dos modelos não dependam do processo que caracteriza a evolução da taxa de câmbio (ver Baldwin [1989], Baldwin e Krugman [1989] e Giovannetti [1990]), a estratégia de uma empresa em particular depende crucialmente desse processo (Baldwin e Krugman [1989]). No trabalho pioneiro de Richard Baldwin em 1986 (publicado, numa posterior versão, em Baldwin [1988]), assume-se a existência de previsão perfeita quanto à evolução futura da taxa de câmbio. Em Baldwin e Krugman [1986] assume-se, como hipótese básica, que as taxas de câmbio reais são idêntica e independentemente distribuídas (i.i.d.).

Dixit [1989a], por sua vez, assume que as taxas de câmbio reais evoluem de acordo com um movimento geométrico browniano. Esta hipótese possui a dupla vantagem de ser, numa boa medida, sustentada empiricamente e de permitir a utilização do Lema de Ito, tornando possível a resolução analítica do modelo no quadro da teoria das opções¹⁰.

A utilização deste modelo, permite a Dixit [1989a] derivar uma solução explícita para os limites da banda de histerese, explorando, como já se disse, uma analogia entre opções reais e opções financeiras. Para o tratamento analítico do modelo, Dixit [1989a] usa a programação dinâmica estocástica e torna o modelo solucionável através da introdução de condições de *value-matching* e *smooth-pasting*. Em Dixit e Pindyck [1994] recorre-se também à *contingent claim analysis*, também utilizada na valorização das opções financeiras, procedimento que será o adoptado no presente texto e que tem subjacente a hipótese de que os mercados em que a empresa se movimenta são completos. Os resultados obtidos de ambos os procedimentos são basicamente os mesmos.

Em Giovannetti [1990], pode encontrar-se uma excelente síntese sobre a metodologia de solução comum a este tipo de modelos:

¹⁰ Em Dixit e Pindyck [1994] considera-se também a hipótese de que a taxa de câmbio segue um processo *mean-reverting*, bastante mais difícil de tratar analiticamente mas com resultados qualitativos idênticos.

- em primeiro lugar, derivam-se as condições para as quais uma empresa candidata à entrada no mercado e uma empresa situada no mercado são indiferentes entre estarem dentro ou fora do mercado externo;
- em segundo lugar, derivam-se os níveis críticos de taxa de câmbio que induzem a entrada para e a saída do mercado externo, como solução para as condições de indiferença acima referidas.

Como consequência da assimetria produzida pelas condições de entrada e saída, é possível subdividir o espectro de taxas de câmbio em *três regiões*:

- a *primeira região* é aquela em que é óptimo, para a empresa inactiva, entrar no mercado externo;
- a *segunda região* é aquela em que é óptimo, para a empresa activa, permanecer no mercado e é óptimo, para a empresa inactiva, não entrar no mercado; esta região é vulgarmente designada por *no-entry-no-exit* ou banda de histerese;
- a *terceira região* é aquela em que é óptimo, para a empresa activa, abandonar o mercado.

A resolução analítica do modelo permite a obtenção dos níveis críticos da taxa de câmbio que delimitam as três regiões acima referidas e fornecem as regras de decisão de investir ou de abandonar o mercado.

Ao nível do valor crítico de entrada no mercado externo, P_E , a empresa inactiva paga um custo irreversível E para exercer a sua opção de entrada, trocando o activo de valor $V_0(P_E)$ - o valor da opção de entrada - por um projecto vivo com valor $V_1(P_E)$, que representa o valor da empresa activa mais o valor da opção de saída do mercado.

A ligação entre os dois valores é estabelecida através de duas condições de fronteira:

- as condições de *value-matching*, que representam as condições de indiferença entre estar activo e inactivo, para empresas que se encontrem no estado inactivo e activo, respectivamente;

- as condições de *smooth-pasting* que estabelecem, no ponto de equilíbrio, a igualdade do declive das duas funções, $V_0(P)$ e $V_1(P)$, e que decorrem da analogia que é possível estabelecer com as opções financeiras.

Têm-se, assim, as seguintes condições de *value-matching* e de *smooth-pasting*:¹¹

$$V_0(P_E) = V_1(P_E) - E$$

$$V_0'(P_E) = V_1'(P_E)$$

Do mesmo modo, para o valor crítico P_S de abandono, as condições de *value-matching* e de *smooth-pasting* são:

$$V_1(P_S) = V_0(P_S) - S$$

$$V_1'(P_S) = V_0'(P_S)$$

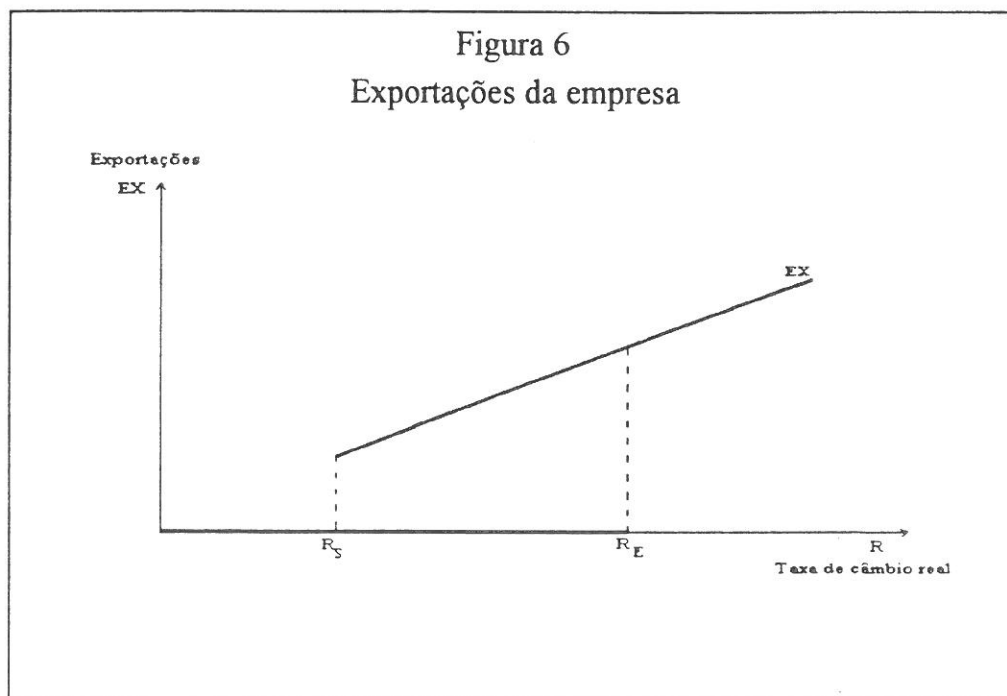
em que S representa o custo irreversível de saída do mercado.

Estas quatro equações são utilizadas para derivar os níveis críticos, de entrada e saída, da taxa de câmbio, assim como os valores dos parâmetros que integram as funções $V_0(P)$ e $V_1(P)$. Dixit [1989a], mostra que os níveis críticos de preços, P_E e P_S , são diferentes, o que dá origem à existência de uma banda de histerese cuja dimensão depende, crucialmente, dos custos irreversíveis, visto que a banda se alarga para custos irreversíveis mais elevados e tende para zero quando E e S tendem para zero. Mais importante ainda, a banda aumenta com a volatilidade da taxa de câmbio.

Antecipando um pouco o que será discutido na parte II, é de esperar, no plano empírico, a ocorrência de quebras de estrutura na função de exportações, uma vez que a existência da banda de histerese gera assimetrias nas decisões de entrada e

¹¹ O apóstrofo será utilizado no texto para identificar as derivadas: a utilização de um apóstrofo (') significa a 1ª derivada em ordem à variável entre parêntesis; dois apóstrofos (''), a 2ª derivada, e assim por diante.

saída do mercado. O gráfico da figura 6 deve-se a Giovannetti [1990] e ilustra bem, para o caso de uma empresa, a assimetria resultante da existência da banda de histerese (dada pelo intervalo $R_E - R_S$, na figura):



Se a empresa se encontra inicialmente no mercado, a sua função de exportações é crescente desde que a taxa de câmbio real não desça abaixo do nível crítico de saída, R_S . Se, pelo contrário, a empresa se encontra inicialmente fora do mercado, não exportará nada enquanto a taxa de câmbio real não ultrapassar o nível crítico de entrada, R_E . Se, nesta última situação, a taxa de câmbio se encontrar muito próxima do limite superior da banda, bastará uma pequena variação para que a empresa passe à condição de exportadora. Em contraste, será necessária uma grande variação de sinal contrário para que a empresa retorne ao estado inicial.

Uma das principais razões para a não verificação da teoria da paridade dos poderes de compra e para a dificuldade na obtenção de uma função de exportações econometricamente estável tem, sem dúvida, a ver com o facto de, no comércio internacional, existirem condições para a segmentação dos mercados, permitindo que empresas a actuarem num meio imperfeitamente competitivo possam fazer discriminação de preços em diferentes países.

Os custos irreversíveis e a incerteza quanto ao comportamento da taxa de câmbio são, certamente, alguns dos factores que estão na base dessas imperfeições dos mercados, na medida em que são susceptíveis de funcionarem, por si só, como barreiras à entrada. Por outro lado, são também factores que, quando combinados, geram um fenómeno de histerese no comércio internacional, contribuindo também, por esta via, para uma situação de inércia no comércio com reflexos nas estruturas de mercado e na estratégia de preços das empresas, efeito que é reforçado pela volatilidade dos preços. À luz da teoria, a ausência de resposta da balança comercial dos EUA, na segunda metade da década de 80, à acentuada desvalorização do dólar não pode, pois, dissociar-se da grande instabilidade cambial que marcou todo aquele período.

A existência de histerese no comércio pode também explicar a razão porque o *pass-through* é, em geral, incompleto, como têm demonstrado diversos estudos empíricos. Utilizando de novo, como exemplo, o caso da economia dos EUA e o de uma indústria com preços internacionais fixados no mercado americano, a existência de um *pass-through* limitado ou nulo em relação aos preços de importação traduzir-se-á em poucos ou nenhuns efeitos sobre os fluxos de comércio externo em resposta a variações da taxa de câmbio real. Isto sucederá para variações da taxa de câmbio que se situem dentro da banda, levando as empresas estrangeiras exportadoras a aceitar margens de lucro reduzidas para não perderem a sua posição no mercado. Só no caso de alterações que levem a taxa de câmbio para fora da banda, o grau de *pass-through* se tornará elevado e provocará modificações na estrutura de comércio.

Como refere Krugman [1989], os resultados teóricos produzidos por esta abordagem, podem, se correctos, trazer implicações importantes para a política económica. Embora a discussão sobre esta matéria saia fora do âmbito do presente trabalho, um exemplo ilustrativo é o facto de, nas circunstâncias acima referidas, uma prática de *dumping* poder ser vista, não como uma prática de carácter predatório, mas como uma forma de a empresa não perder a posição de *beachhead* entretanto alcançada (Dixit [1989a]).

O tratamento analítico de um modelo de custos irreversíveis / histerese, a desenvolver no ponto 3, com vista ao estudo detalhado das suas implicações qualitativas e quantitativas, será efectuado seguindo o procedimento de resolução

que foi acima descrito nas suas linhas gerais. No ponto seguinte, e com o objectivo de se destacar a intuição económica subjacente a este tipo de modelos (cuja resolução analítica envolve métodos matemáticos algo sofisticados), procurar-se-á estabelecer um paralelo entre a decisão de uma empresa num meio de incerteza e a aquisição de uma *call option* financeira.

2.2. A analogia entre a opção de entrada e saída no mercado externo e a *call option* financeira

2.2.1. Os conceitos básicos

Uma das ideias mais interessantes que emerge do modelo desenvolvido por Dixit [1989a] é a de que as decisões de entrada e saída de empresas envolvidas no comércio internacional são análogas às decisões de compra e venda de opções. Uma empresa que não se encontra, actualmente, a produzir para exportação, dispõe de uma opção de, no futuro, entrar para o mercado externo; por outro lado, uma empresa que se encontra, correntemente, a produzir para exportação detém uma opção de, no futuro, abandonar o mercado. Deste modo, a decisão de entrada ou saída envolve não só custos efectivos mas também um custo de oportunidade conferido pelo valor da opção de entrada ou saída.

O custo implícito de exercício destas opções acrescenta um custo fixo 'escondido' aos custos efectivos de entrada e vai contribuir para o alargamento da banda de histerese. Deste modo, a existência de incerteza cria um incentivo adicional para as empresas adoptarem uma atitude de imobilismo.

Por outro lado, o incentivo a não agir é tanto maior quanto mais volátil for a taxa de câmbio, o que decorre do conhecido resultado derivado das opções financeiras, segundo o qual a diferença entre o preço de exercício e o preço de mercado do activo subjacente ao qual a opção deve ser exercida, é tanto maior quanto mais elevada for a volatilidade do mercado. De modo similar, no modelo sobre opções reais uma empresa aguardará, antes de entrar, por uma variação favorável da taxa de câmbio favorável e só abandonará o mercado quando ocorrer uma variação, de sinal contrário, da taxa de câmbio, proporcionalmente superior.

A crescente literatura sobre esta matéria tem mostrado que a existência da possibilidade de adiamento de um investimento irreversível pode afectar significativamente a decisão de investir. Isto sucede, basicamente porque a existência de *flexibilidade* confere um valor adicional ao projecto, que decorre da possibilidade de a empresa aguardar por nova informação. Por outro lado, é esta característica que, juntamente com a existência de custos irreversíveis e incerteza, permite que o problema da empresa possa ser tratado de um modo similar ao das opções.

O valor da decisão de entrada imediata no mercado externo, é obtido a partir do método do valor actual líquido ($V - E$, onde V é o valor actualizado dos *cash flows* do projecto e E o custo irreversível de entrada). O valor da possibilidade de adiar a entrada pode ser determinado através de um método análogo ao da determinação do valor de uma *call option* financeira. Esse valor será, assim, o valor da opção de entrada reportado ao momento corrente (período 0). A diferença entre este valor e aquele constitui o valor adicional ou valor da opção de adiar a entrada que, se for positivo, levará a empresa a tomar a decisão de entrar já no mercado.

Em linguagem das opções financeiras, o custo de entrada E é o *preço de exercício* e os resultados obtidos pela diferença entre o valor do activo subjacente (o projecto, neste caso)¹² e o preço de exercício, são os *resultados da opção*.

A diferença entre o *preço da opção*¹³ (a determinar de acordo com o método subjacente à determinação das opções financeiras) e os resultados da opção, em cada momento do tempo, traduz o *time-premium*. Quando, num dado momento, este se torna nulo ou negativo, a opção deve ser exercida de imediato.

A opção em causa é do tipo americana sobre um activo subjacente que vence dividendos, e daí que possa ser exercida com vantagem antes da expiração do prazo de maturidade (que aqui se supõe ser infinito). De um modo geral, trata-se de uma opção *in-the-money*, ou seja, de uma opção cujo resultado no momento presente é superior ao preço de exercício.

¹² Valor esse determinado, em cada momento do tempo, através do critério tradicional do valor actualizado dos *cash flows*.

¹³ Neste caso, o preço da opção não é uma despesa mas um custo de oportunidade.

De acordo com Dixit e Pindyck [1994], o custo de oportunidade acima referido pode ser elevado e é fortemente sensível à incerteza que pesa sobre as variáveis decisivas do projecto, de tal forma que o seu impacto sobre a decisão de entrada pode ser maior do que as próprias alterações da taxa de juro.

Do mesmo modo, uma empresa que já se encontra em actividade dispõe igualmente de uma opção, neste caso, de uma opção de saída, que vai afectar a decisão de abandono do mercado. E, na realidade, a observação dos factos mostra que as empresas permanecem em actividade, por períodos prolongados, mesmo quando se deparam com prejuízos operacionais elevados.

2.2.2. Aplicação do método binomial

Como seria de esperar, em função da analogia que tem vindo a ser defendida entre opções reais e financeiras, a decisão de entrada no mercado pode ser objecto de uma aplicação do método binomial desenvolvido por Cox, Ross e Rubinstein [1979], de que se irá apresentar um pequeno exemplo ilustrativo do paralelismo estabelecido no ponto anterior.

O valor de uma *call option* pode ser replicado por uma estratégia de investimento envolvendo o activo subjacente e um activo sem risco.

O método binomial assume uma dada evolução, em tempo discreto, do preço do activo subjacente, de acordo com uma medida de probabilidades do tipo binomial e determina o valor da *call option* por arbitragem. Quando o número de períodos existentes entre o momento corrente e o prazo de maturidade tende para infinito, a evolução do preço tende a seguir um movimento browniano geométrico. Deste modo, o modelo de Black-Scholes pode ser interpretado como um caso limite do modelo binomial.

No caso das opções reais, em que os projectos são, geralmente, avaliados em tempo discreto, o modelo binomial apresenta-se como sendo o mais adequado para a determinação do valor da opção de investir, conforme se mostra no exemplo seguinte, em que, por simplificação, não se considera a existência de custos variáveis de produção e a empresa é supostamente neutra ao risco.

Considere-se o caso de uma empresa que produz, anualmente, e por tempo infinito, uma unidade de um dado produto. O custo de entrada é de 10 unidades monetárias e o valor da empresa, quando em actividade, é dado, em cada período, pelo valor actualizado dos *cash flows* do projecto (neste caso, pelo valor actualizado do fluxo de preços, dada a ausência de custos). A taxa de juro sem risco é de 8% ao ano e a volatilidade (anual) do projecto é $\sigma = 0,2$. Supõe-se, ainda, que a empresa dispõe de um *timing* de decisão de 10 anos. A vida útil do projecto é, no entanto, infinita.

Admitindo que a evolução do valor esperado do preço não apresenta qualquer tendência, isso significa que a rentabilidade do activo subjacente (neste caso, do valor do projecto), entre dois períodos adjacentes, é assegurada, na sua totalidade, pelo *cash flow* de um período, o qual pode ser equiparado ao dividendo de uma acção. O método aplicado corresponde, deste modo, ao método binomial de valorização de uma opção quando há lugar ao pagamento de dividendos. No caso da *call option* com dividendos, o não exercício da opção antes de uma data *ex-dividend*, envolve um custo de oportunidade conferido pelo dividendo que o investidor deixa de receber. No caso das opções reais, a decisão de não investir tem igualmente associado um custo de oportunidade correspondente ao *cash flow* que a empresa deixa de receber. Neste exemplo, existem *cash flows* em todos os períodos, pelo que o final de cada um deles é uma data *ex-dividend*.

No exemplo subsequente, u e d são, respectivamente, os factores de subida e descida que determinam a variação binomial do preço em cada período:

$$u = e^{\sigma \sqrt{t/n}}$$

$$d = e^{-\sigma \sqrt{t/n}}$$

onde t é o prazo de maturidade da opção, n é o número de intervalos de tempo contidos no prazo de maturidade (neste caso, $t/n = 1$) e σ é a volatilidade implícita.

As probabilidades reavaliadas, compatíveis com o equivalente certo, são dadas por:

$$p = \frac{r - d}{u - d} \quad \text{e} \quad (1 - p) = \frac{u - r}{u - d}$$

Os dados do exemplo e os resultados obtidos são os que constam dos quadros seguintes:

Preço (P)	1
Cust.Entr.(E)	10
Tx. de juro	0.08
Volatilid. (σ)	0.2
d	0.82
u	1.22

Probabilidades reavaliadas

p	0.65
(1-p)	0.35

Evolução do preço

Períodos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.00	1.22	1.49	1.82	2.23	2.72	3.32	4.06	4.95	6.05	7.39
	0.82	1.00	1.22	1.49	1.82	2.23	2.72	3.32	4.06	4.95
		0.67	0.82	1.00	1.22	1.49	1.82	2.23	2.72	3.32
			0.55	0.67	0.82	1.00	1.22	1.49	1.82	2.23
				0.45	0.55	0.67	0.82	1.00	1.22	1.49
					0.37	0.45	0.55	0.67	0.82	1.00
						0.30	0.37	0.45	0.55	0.67
							0.25	0.30	0.37	0.45
								0.20	0.25	0.30
									0.17	0.20
										0.14

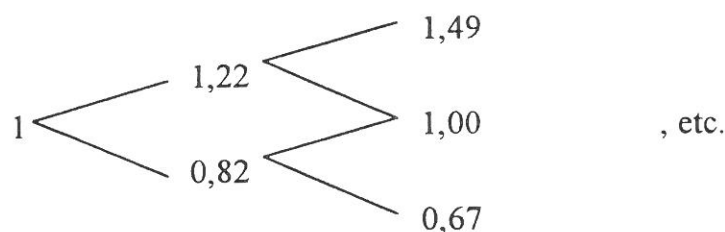
Valor actualizado dos *cash flows*

Tx. divid.	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
Períodos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12.50	14.05	15.78	17.74	19.93	22.39	25.16	28.28	31.77	35.71	40.12
	9.42	10.58	11.89	13.36	15.01	16.87	18.95	21.30	23.93	26.89
		7.09	7.97	8.95	10.06	11.31	12.71	14.28	16.04	18.03
			5.34	6.00	6.75	7.58	8.52	9.57	10.75	12.08
				4.02	4.52	5.08	5.71	6.42	7.21	8.10
					3.03	3.41	3.83	4.30	4.83	5.43
						2.28	2.57	2.88	3.24	3.64
							1.72	1.93	2.17	2.44
								1.30	1.46	1.64
									0.98	1.10
										0.73

Valor da opção de entrada

Períodos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.76	4.05	5.78	7.74	9.93	12.39	15.16	18.28	21.77	25.71	30.12
	1.03	1.54	2.29	3.40	5.01	6.87	8.95	11.30	13.93	16.89
		0.32	0.49	0.77	1.19	1.84	2.81	4.28	6.04	8.03
			0.06	0.10	0.16	0.27	0.45	0.75	1.25	2.08
				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
					0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
						0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
							0.00	0.00	0.00	0.00
								0.00	0.00	0.00
									0.00	0.00
										0.00

No primeiro quadro, mostra-se a evolução do preço de acordo com um processo do tipo binomial. Este quadro, assim como os seguintes, devem ser lidos do seguinte modo:



O segundo quadro contém os resultados da opção que, neste caso, correspondem ao valor actualizado dos *cash flows* sob o pressuposto de uma vida útil infinita.

O terceiro quadro mostra os valores da opção de entrada, em cada momento do tempo. A regra de cálculo é a seguinte. No último período, o valor da opção é dado, como é habitual, pela condição: $V_T = \max(0, V - E)$. Nos períodos intermédios, a condição passa a ser: $V_t = \max(0, p V_{t+1}^+ + (1-p) V_{t+1}^-)$.

Neste exemplo, a empresa não entrará, de imediato, no mercado externo, uma vez que $V - E = 2,5$ é inferior à opção de entrada (2,76), e, portanto, não é vantajoso exercer a opção de imediato. Se, no período 1, o preço subisse (para 1,22), a empresa optaria por entrar no mercado já nesse período. Noutro contexto, se o preço actual (no momento 0) fosse, por exemplo, de 1,1 em vez de 1, a empresa passaria a ter vantagem em entrar já no mercado uma vez que o valor da opção de entrada seria de 2,5 (estes últimos cálculos não são apresentados).

Daqui se conclui que a empresa nem sempre deve investir logo que V exceda E , como afirma a regra tradicional. A existência de um custo de oportunidade implica que a decisão de investir só seja óptima quando o valor do projecto exceder o custo de investimento por um adicional que corresponde, exactamente, ao valor da opção de entrada.

Num contexto mais geral da teoria do investimento, esta abordagem ajuda, igualmente, a explicar, o motivo porque a relação entre o investimento e a taxa de juro nem sempre é clara. Com efeito, uma diminuição da taxa de juro pode não produzir um efeito líquido positivo sobre o investimento se, paralelamente, houver um aumento da incerteza que acresça o valor da opção de investir de modo a mais do que compensar o primeiro efeito.

3. Comportamento de uma empresa exportadora num contexto de incerteza quanto à taxa de câmbio real

Neste ponto pretende-se fazer uma exposição formal do modelo de custos irreversíveis / histerese aplicado ao caso de uma empresa exportadora, seguindo de perto as abordagens de Dixit [1989a] e Dixit e Pindyck [1994]. Procurar-se-á, ainda, explorar a riqueza dos resultados do modelo em termos de estática comparativa, com particular destaque para as implicações da incerteza na tomada de decisões de entrada e saída do mercado externo.

O primeiro subponto será consagrado à exposição do modelo nos casos clássico e com suspensão temporária. Procurar-se-á fazer uma aplicação da metodologia a uma extensão do modelo, considerando dois mercados alternativos, que poderá, eventualmente, servir de ponte para a incorporação no modelo original dos resultados adquiridos das abordagens tradicionais baseadas na diversificação de mercados. Finalmente, no segundo subponto, colocar-se-ão em confronto as principais conclusões extraídas do modelo e os resultados provenientes de outras abordagens alternativas.

3.1. Um modelo de custos irreversíveis / histerese

3.1.1. O caso clássico

Considere-se que uma empresa pretende produzir, num horizonte temporal infinito, uma unidade de mercadoria para venda no mercado externo, a cuja entrada está associado o dispêndio de um custo irreversível, E . Admita-se ainda que, se a empresa, uma vez no mercado, decidir abandoná-lo, a retoma da actividade implicará, de novo, o dispêndio do custo irreversível de entrada. Por outro lado, pode haver lugar a um custo irreversível de saída, S . O objectivo da empresa é maximizar o seu valor.

Por simplicidade, assumam-se que o nível de preços no mercado externo, expresso em moeda externa, é constante e que a empresa exportadora se comporta como um



price-taker no mercado internacional. Como o que importa para a empresa é a sua receita em escudos, o preço relevante é denotado em escudos ($P = e P^*$, onde e é a taxa de câmbio nominal e P^* é o preço no mercado externo, em moeda externa). Finalmente, admita-se que, para produzir a unidade de mercadoria, a empresa suportará um custo variável de produção, C .

Dada a hipótese de que a taxa de câmbio nominal segue um movimento browniano geométrico¹⁴, e uma vez que o preço externo, expresso em moeda externa, é constante, então o preço externo, expresso em moeda nacional, P , seguirá, também, um movimento browniano geométrico, ou seja:

$$dP = \alpha P dt + \sigma P dz$$

em que:

$$dz = \varepsilon \sqrt{dt}$$

$$E(\varepsilon) = 0$$

$$V(\varepsilon) = 1$$

$$E(\varepsilon_t \varepsilon_s) = 0, \text{ para } t \neq s$$

onde dz é o incremento de um processo de Wiener, não correlacionado ao longo do tempo e satisfazendo, a cada instante:

$$E(dz) = 0$$

$$E(dz^2) = dt$$

Reescrevendo a expressão do movimento do preço como:

$$dP/P = \alpha dt + \sigma dz$$

¹⁴ Ver anexo 1.

verifica-se que as variações no preço são descritas como contendo uma componente determinística de tendência, α , que representa uma taxa de variação instantânea esperada, e uma componente puramente estocástica, σdz , que representa uma variação aleatória da taxa de câmbio. Esta última componente, corresponde ao produto entre o desvio padrão instantâneo (ou coeficiente de difusão), σ , e o incremento de um processo de Wiener, que modeliza a incerteza.

Os testes de raiz unitária realizados para a taxa de câmbio real efectiva, para o caso português, bem como o estudo da série com base na metodologia Box-Jenkins (cujos resultados são apresentados no ponto 5), mostram que não se pode rejeitar a hipótese de que a evolução da taxa de câmbio real segue um processo daquele tipo.

A equação do preço implica que o valor corrente deste é conhecido e que os valores futuros são lognormalmente distribuídos com uma variância que cresce linearmente ao longo do tempo¹⁵:

$$P(t) \sim \log N [P_0 e^{\alpha t}, P_0^2 e^{2\alpha t} (e^{\sigma^2 t} - 1)]$$

Assim, embora a informação chegue a cada instante do tempo (a empresa observa a variação de P), o valor futuro é sempre incerto.

Por outro lado, dP é também lognormalmente distribuída e dP/P é normalmente distribuída, com:

$$E(dP/P) = \alpha dt$$

$$V(dP/P) = \sigma^2 dt$$

Dado que a retoma da actividade obriga a empresa a incorrer de novo em custos irreversíveis, haverá não só uma opção de entrada no mercado, como também um valor de opção de manter a actividade viva (ou opção de saída) e o abandono apenas se justificará a um nível suficientemente elevado de prejuízos.

Analiticamente, e em adição à variável de estado que evolui estocasticamente (o preço) e afecta o fluxo de lucros, a possibilidade de abandono introduz uma segunda variável de estado discreta, que assume o valor 0, se a empresa se encontra fora do

¹⁵ Ver demonstração sobre o cálculo do valor esperado do preço no Anexo 1.

mercado e o valor 1, se a empresa se encontra dentro do mercado. Em cada estado discreto, a empresa possui uma opção de compra sobre o outro estado.

O objectivo é, pois, encontrar, de um modo simultâneo, as regras de decisão para o exercício dessas opções em termos da variável aleatória subjacente (o preço).

A determinação do valor das opções de entrada e saída pode ser efectuada, alternativamente, através da programação dinâmica (*princípio de Bellman*) ou através da *contigent claims analysis*. É este último procedimento que, pela intuição económica que tem subjacente, se irá privilegiar no presente texto.

Para se aplicar *contigent claims analysis*, que é baseada na noção de arbitragem em mercados completos (na acepção de Arrow-Debreu), é necessário supor que, ou a mercadoria (o activo subjacente primário, com preço P) é um activo que pode ser transaccionado no âmbito de um mercado completo ou, sendo o mercado completo, existe um activo ou uma carteira dinâmica de activos perfeitamente correlacionada com P.

Admitindo-se que existe um activo ou carteira de activos com essas características, pode, em vez desse activo ou carteira de activos, utilizar-se a sua réplica, neste caso a mercadoria vendida pela empresa, com preço P.

Num contexto de mercados completos, a taxa de rentabilidade esperada da empresa pode ser determinada de acordo com o CAPM, devendo reflectir o risco sistemático do mercado¹⁶:

$$\mu = r + \phi \rho_{xm} \sigma$$

em que $\phi = [E(r_m) - r] / \sigma_m$ é o preço de mercado do risco (sendo m a carteira de mercado), ρ_{xm} é o coeficiente de correlação entre a taxa de rentabilidade esperada do activo ou carteira de activos e a taxa de rentabilidade esperada da carteira de mercado m , r é a taxa de juro sem risco e σ é o desvio-padrão do activo ou carteira de activos.

¹⁶ Quando os mercados não são completos, o problema deve ser resolvido através da programação dinâmica estocástica e a taxa de actualização com risco deve ser obtida por outro método que não o CAPM. Outra forma de abordar o problema é considerar que a empresa possui uma função de utilidade com aversão ao risco e procura maximizar o valor esperado actual da utilidade dos *cash flows* futuros (ver Giovannetti [1990] e Dixit e Rob [1994]). As principais conclusões obtidas são, todavia, basicamente as mesmas.

A taxa de rentabilidade esperada de P tem, assim, duas componentes: a taxa de variação esperada de P , α (>0), que, na linguagem das opções financeiras, corresponde a um ganho de capital, e o remanescente para μ , que é análogo a uma taxa de dividendo, $\delta (= \mu - \alpha)$.

É necessário, adicionalmente, impor a hipótese de que $\alpha < \mu$, caso contrário o integral da equação do movimento browniano tornar-se-ia infinitamente grande para um momento do tempo muito distante - deste modo, adiar a entrada seria sempre a melhor política e o óptimo não existiria. Com estas hipóteses, resulta que $\delta > 0$.

Da resolução do modelo determinam-se dois níveis críticos para o preço, que delimitam a banda de histerese: um nível crítico inferior, P_S , abaixo do qual a empresa activa tomará a decisão de sair do mercado externo e um nível crítico superior, P_E , acima do qual a empresa tomará a decisão de entrar no mercado. Entre esses dois níveis críticos, a política óptima será, independentemente do estado em que a empresa se encontra, a de manter o *status quo*.

As decisões da empresa vão basear-se, como é habitual, numa comparação de valores: quando a empresa está fora do mercado, o seu valor é dado pela opção de entrada; quando a empresa está no mercado, o seu valor é dado pelo fluxo actualizado dos *cash flows* mais a opção de saída. O primeiro passo consiste, pois, na determinação desses valores.

a) Valorização da empresa no estado inactivo e activo

O valor da empresa é uma função da variável de estado exógena P e da variável de estado discreta que indica se a empresa está, no momento corrente, fora do mercado (0) ou dentro do mercado (1).

Em termos de notação, o valor da opção de entrada, ou o valor da empresa quando fora do mercado, é representado por $V_0(P)$. Por sua vez, $V_1(P)$ representará o valor da empresa quando dentro do mercado, sendo composto pela soma de duas componentes: o valor do projecto mais a opção de saída.

No intervalo de preços $(0, P_E)$, a empresa ausente do mercado não exercerá a sua opção de entrada. Similarmente, no intervalo de preços (P_S, ∞) , a empresa situada no mercado permanecerá como tal, retendo a sua opção de saída. Ambos os valores da empresa num e noutro estado satisfazem uma equação diferencial, cujas condições de fronteira vão ligar os valores e as derivadas de $V_0(P)$ e $V_1(P)$, nos pontos P_E e P_S , respectivamente.

O sistema de equações resultante das condições de fronteira contém a informação suficiente para completar a solução.

i) Valorização da opção de entrada ($V_0(P)$)

Neste ponto, pretende-se determinar qual o critério de decisão de entrada no mercado externo que a empresa deve adoptar, quando incorre num custo de entrada irreversível, E .

Seguindo a *contingent claims analysis*, deve ser possível constituir uma carteira sem risco, consistindo de uma opção de entrada e uma posição curta de n unidades da mercadoria a exportar.

O valor desta carteira é:

$$\phi = V_0(P) - n P$$

e gera dois tipos de rendimentos esperados:

- *dividendo esperado líquido*: a detenção da opção $V_0(P)$ não vence qualquer fluxo de rendimentos no intervalo de tempo dt , ao contrário do que sucede com a situação de actividade plena; por sua vez, a posição curta na mercadoria requer um pagamento de δP n unidades monetárias por unidade de tempo, caso contrário, nenhum investidor racional se posicionaria do lado longo da transacção; com efeito, um investidor detendo uma posição longa na mercadoria exigirá uma rentabilidade total ajustada do risco (μP), que compreende o ganho de capital αP mais o fluxo de dividendos δP ; e uma vez que a posição curta inclui n unidades da mercadoria, ele exigirá um pagamento de δP n por unidade de tempo.

- *ganho esperado líquido de capital*: o ganho de capital (estocástico) é igual a :

$$d\phi = dV_0(P) - n dP$$

Assim, a detenção da carteira gerará uma *rentabilidade total* igual a:

$$dV_0(P) - n dP - \delta P n dt$$

Como a carteira deve ser isenta de risco, a sua remuneração igualará a de um activo sem risco, r .

O problema é, formalmente, o seguinte:

$$1) \phi = V_0(P) - n P$$

$$2) d\phi - n \delta P dt = r \phi dt$$

$$3) dP/P = \alpha dt + \sigma dz$$

$dV_0(P)$ pode ser obtida através do *Lema de Ito*¹⁷:

$$dV_0(P) = V_0'(P) dP + 1/2 V_0''(P) (dP)^2$$

A *rentabilidade total* da carteira pode, então, ser assim escrita:

$$V_0'(P) dP + 1/2 V_0''(P) (dP)^2 - n dP - \delta P n dt$$

que se pode simplificar para:

$$(V_0'(P) - n) dP + 1/2 V_0''(P) (dP)^2 - \delta P n dt$$

Daqui se deduz que, para a carteira ser isenta de risco, é necessário que $n = V_0'(P)$, para que o termo em dz (estocástico) desapareça da expressão (existe uma analogia

¹⁷ Ver Anexo 1.

entre $V_0'(P) = dV_0/dP$ e o delta da opção); ou seja, elimina-se, deste modo, o termo em dP e, conseqüentemente, os termos estocásticos em dz .

Da equação:

$$dP = \alpha P dt + \sigma P dz$$

retira-se que:

$$(dP)^2 = \sigma^2 P^2 dt$$

Assim, a *rentabilidade total* da carteira pode escrever-se:

$$[- V_0'(P) \delta P + 1/2 \sigma^2 P^2 V_0''(P)] dt$$

Dado tratar-se de uma carteira sem risco, a sua rentabilidade deve igualar a rentabilidade que resulta da aplicação da taxa de juro sem risco, r :

$$[V_0(P) - n P] dt$$

ou seja,

$$[- V_0'(P) \delta P + 1/2 \sigma^2 P^2 V_0''(P)] dt = r [V_0(P) - n P] dt$$

expressão que vai dar origem à seguinte *equação diferencial de 2ª ordem homogénea*:

$$1/2 \sigma^2 P^2 V_0''(P) + (r - \delta) P V_0'(P) - r V_0(P) = 0$$

Como se trata de uma equação homogénea, a *solução geral* coincide com a *solução complementar*.

A equação diferencial tem solução conhecida, do tipo:

$$V_0(P) = A P^\beta$$

cujas derivadas, primeira e segunda, são:

$$V_0'(P) = \beta A P^{\beta-1}$$

$$V_0''(P) = \beta (\beta - 1) A P^{\beta-2}$$

onde A é uma constante a determinar e β é uma constante cujo valor depende dos parâmetros σ , r e δ da equação diferencial.

Substituindo na equação diferencial, vem:

$$1/2 \sigma^2 \beta A (\beta - 1) A P^{\beta} + (r - \delta) A \beta P^{\beta} - r A P^{\beta} = 0$$

ou seja,

$$A P^{\beta} [1/2 \sigma^2 \beta (\beta - 1) + (r - \delta) \beta - r] = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 1/2 \sigma^2 \beta (\beta - 1) + (r - \delta) \beta - r = 0 \quad \rightarrow \text{equação característica}$$

β é a solução da equação característica, que possui duas raízes, β_1 e β_2 :

$$\beta_1 = 1/2 - (r - \delta) / \sigma^2 + \sqrt{[(r - \delta) / \sigma^2 - 1/2]^2 + 2.r / \sigma^2} > 1$$

e

$$\beta_2 = 1/2 - (r - \delta) / \sigma^2 - \sqrt{[(r - \delta) / \sigma^2 - 1/2]^2 + 2.r / \sigma^2} < 0$$

As condições, $r > 0$ e $\delta > 0$, vão implicar que $\beta_1 > 1$ e $\beta_2 < 0$.

Tratando-se de duas raízes reais e diferentes, a *solução geral* deverá, então, ser do tipo:

$$V_0(P) = A_1 P^{\beta_1} + A_2 P^{\beta_2}$$

que se reduz, neste caso, a:

$$V_0(P) = A_1 P^{\beta_1}$$

visto que, como $\beta_2 < 0$, A_2 tem de ser igual a zero para que se verifique a condição $V_0(0) = 0$.

A expressão é válida no intervalo de preços $(0, P_E)$.

Importa notar que, nos cálculos anteriores, não se entrou em conta com os custos variáveis C . Contudo, dadas as ligações que se estabelecerão a seguir, P_E dependerá do valor de C , o mesmo sucedendo com o parâmetro A_1 .

ii) *Valorização da empresa situada no mercado ($V_1(P)$)*

Utilizando a mesma linha de raciocínio, o problema é agora o seguinte:

$$1) \psi = V_1(P) - n P$$

$$2) d\psi + (P - C - n \delta P) dt = r \psi dt$$

$$3) dP/P = \alpha dt + \sigma dz$$

A única diferença em relação ao caso anterior é que a empresa activa aufer, por unidade de tempo, um fluxo de rendimentos $(P - C)$.

A equação diferencial de 2ª ordem não homogénea resultante é, agora:

$$1/2 \sigma^2 P^2 V_1''(P) + (r - \delta) P V_1'(P) - r V_1(P) = -P + C$$

Solução complementar :

Como foi visto anteriormente, a *solução complementar* deverá ser do tipo:

$$V_1(P) = B_1 P^{\beta_1} + B_2 P^{\beta_2}$$

Solução particular:

Neste caso, a solução particular é obtida através da aplicação do método dos coeficientes indeterminados.

Fazendo $V_1(P) = a P + b C$, tem-se que $V_1'(P) = a$ e $V_1''(P) = 0$, donde:

$$(r - \delta) a P - r (a P + b C) = - P + C$$

$$- \delta a P - r b C = - P + C$$

$$a = 1 / \delta$$

$$b = - 1 / r$$

Assim, a solução particular será dada por:

$$V_1(P) = P / \delta - C / r$$

A solução geral é, então:

$$V_1(P) = B_1 P^{\beta_1} + B_2 P^{\beta_2} + P / \delta - C / r$$

onde B_1 e B_2 são constantes a determinar.

Interpretação dos termos da solução geral:

O termo $P / \delta - C / r$ é o valor actualizado do fluxo de lucros Π_t , quando o nível inicial é P .

Como P_t segue um movimento browniano geométrico, tem-se que¹⁸:

$$E(P_t) = P e^{\alpha t}$$

O desconto desse fluxo de lucros à taxa de actualização ajustada do risco é, pois:

¹⁸ Ver demonstração no anexo 1.

$$\int_0^{\infty} P e^{\alpha t} e^{-\mu t} dt = P / (\mu - \alpha) = P / \delta$$

Relativamente aos custos, tem-se:

$$\int_0^{\infty} -C e^{-r t} dt = -C / r$$

O termo $P / \delta - C / r$ pode assim ser designado como a *componente fundamental* do valor do projecto associado à actividade de exportação.

Os restantes dois termos, são as *componentes especulativas* do valor do projecto.

O termo $B_2 P^{\beta_2}$ representa o valor da opção de saída. Uma vez que $\beta_2 < 0$, P^{β_2} tende para zero quando P tende para infinito, ou seja, como seria de esperar, a opção de saída tem pouco valor para níveis elevados do preço. Por sua vez, o termo $B_1 P^{\beta_1}$ será eliminado dado que, quando P tende para infinito, P^{β_1} tende também para infinito, o que contraria a lógica económica subjacente à opção de saída.

Assim, o *valor da empresa situada no mercado* é dado pela seguinte expressão:

$$V_1(P) = B_2 P^{\beta_2} + P / \delta - C / r$$

que é válida para P no intervalo de preços (P_S, ∞) .

b) *Determinação das regras óptimas de entrada e saída do mercado*

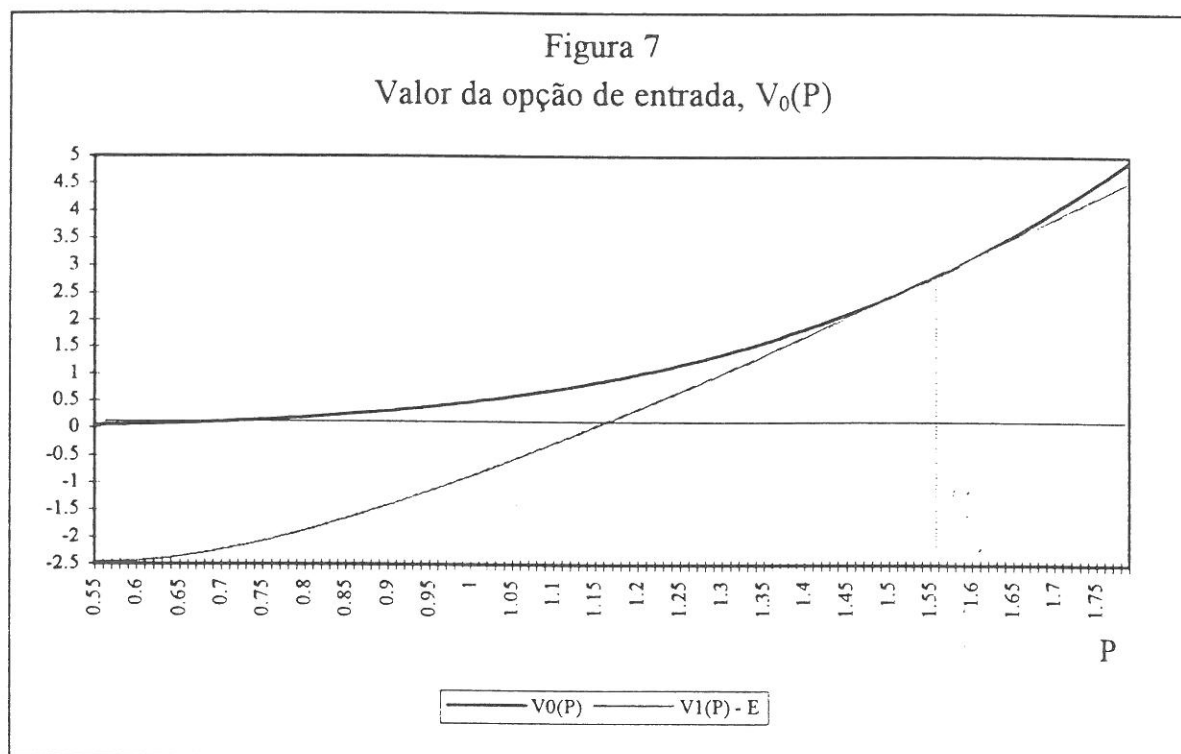
Ao nível do valor crítico P_E , a empresa ausente do mercado paga um custo irreversível E para exercer a sua opção de investimento, trocando o activo de valor $V_0(P_E)$ por um projecto vivo com valor $V_1(P_E)$. Têm-se, assim, as seguintes condições de *value-matching* e de *smooth-pasting*:

$$1) V_0(P_E) = V_1(P_E) - E$$

$$2) V_0'(P_E) = V_1'(P_E)$$

A primeira condição é a *free boundary of the combination region* ou condição de *value-matching*; afirma que, investindo já, a empresa recebe um *pay-off* líquido de $V_1(P_E) - E$; fazendo $V_1(P_E) = E + V_0(P_E)$, verifica-se que a empresa só investirá já se $V_1(P_E)$ for superior a E mais o valor da opção $V_0(P_E)$.

A segunda condição é a *high-order contact* ou condição de *smooth-pasting* em que P_E corresponde ao ponto de tangência entre $V_0(P)$ e $V_1(P) - E$. Esta condição tem subjacente a seguinte intuição económica: para que não existam oportunidades de arbitragem, é necessário que, também em termos marginais, os valores da empresa nos diferentes estados sejam idênticos na fronteira (figura 7)¹⁹.



Do mesmo modo, para o valor crítico P_S de abandono, as condições de *value-matching* e de *smooth-pasting* são:

¹⁹ Os gráficos apresentados neste ponto foram construídos com base no exemplo numérico da alínea d).



$$3) V_1(P_S) = V_0(P_S) - S$$

$$4) V_1'(P_S) = V_0'(P_S)$$

Substituindo nestas quatro condições as expressões obtidas para $V_0(P)$ e $V_1(P)$ nos pontos P_E e P_S , respectivamente, obtém-se o seguinte sistema de 4 equações a 4 incógnitas (P_E , P_S , A_1 e B_2):

$$- A_1 (P_E)^{\beta_1} + B_2 (P_E)^{\beta_2} + P_E / \delta - C / r = E$$

$$- \beta_1 A_1 (P_E)^{\beta_1 - 1} + \beta_2 B_2 (P_E)^{\beta_2 - 1} + 1 / \delta = 0$$

$$- A_1 (P_S)^{\beta_1} + B_2 (P_S)^{\beta_2} + P_S / \delta - C / r = - S$$

$$- \beta_1 A_1 (P_S)^{\beta_1 - 1} + \beta_2 B_2 (P_S)^{\beta_2 - 1} + 1 / \delta = 0$$

As equações são fortemente não lineares, pelo que a solução é geralmente obtida através de recurso a métodos numéricos.

O comportamento da empresa quando o preço se situa dentro da banda de histerese pode ser evidenciado, de forma sugestiva, através da representação gráfica da seguinte função, que representa o valor adicional de a empresa entrar (ou manter-se) no mercado externo (figura 8).

$$G(P) = V_1(P) - V_0(P)$$

Como:

$$V_1(P) = B_2 P^{\beta_2} + P / \delta - C / r$$

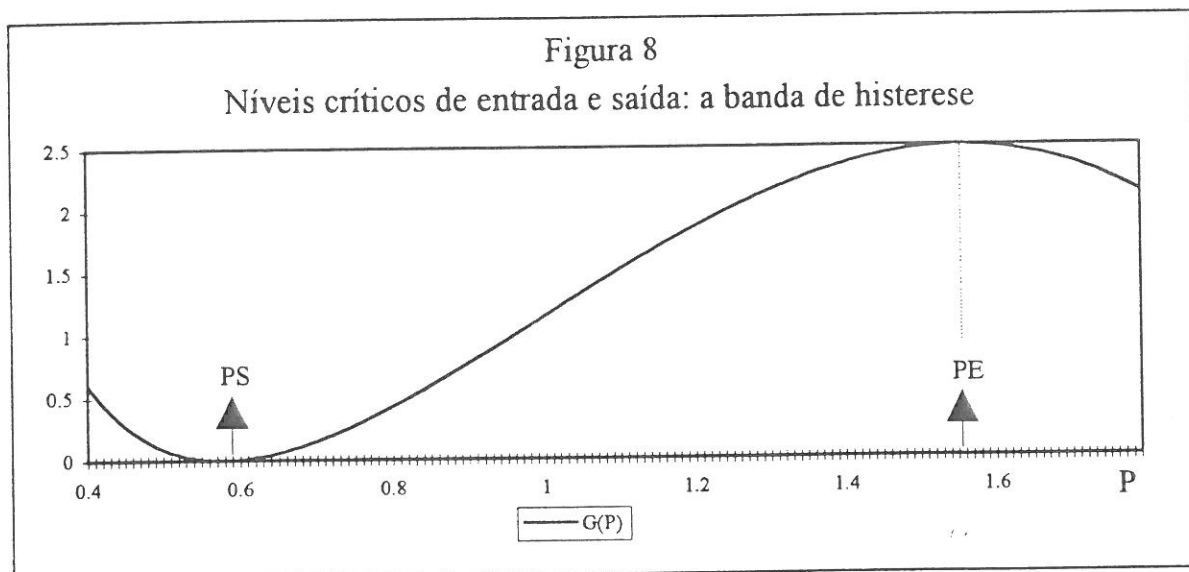
$$V_0(P) = A_1 P^{\beta_1}$$

então,

$$G(P) = -A_1 P^{\beta_1} + B_2 P^{\beta_2} + P / \delta - C / r$$

De notar que $V_1(P)$ define o valor da empresa, quando dentro do mercado, apenas para o intervalo (P_S, ∞) e $V_0(P)$ representa o valor da empresa, quando fora do mercado, apenas para o intervalo $(0, P_E)$. Daí que a função só seja válida no intervalo (P_S, P_E) .

Dentro da banda de histerese, se a empresa se encontrar inicialmente fora do mercado optará por manter-se fora, dado que o valor adicional associado à entrada é inferior ao custo irreversível de entrada. Raciocínio idêntico pode ser feito para o caso em que a empresa se encontra inicialmente dentro do mercado.



c) Estática comparativa

Os resultados da estática comparativa são, como seria de esperar, semelhantes aos que se extraem do estudo das opções financeiras.

Importa, antes de mais, fazer uma referência à condição habitual de *ceteris paribus*, pois é muito provável que os diferentes parâmetros sejam interdependentes. Por exemplo, um acréscimo da taxa de juro r resultará, provavelmente, num acréscimo

de μ o qual, admitindo que α é constante, implicará um aumento de δ . Da mesma forma, um aumento de σ será, muito provavelmente, acompanhado por um acréscimo de μ , que, de novo, levará a um aumento de δ , com α constante. No entanto, na análise subsequente, essas interdependências serão ignoradas.

Na versão mais simplificada do modelo, consegue-se derivar uma solução analítica fechada para o modelo, o mesmo sucedendo para as expressões de estática comparativa. Assim, no caso em que $C = 0$, $S = 0$ e $B_2 = 0$, então $P_S = 0$ e o sistema reduz-se a:

$$V_0(P_E) = V_1(P_E) - E$$

$$V_0'(P_E) = V_1'(P_E)$$

ou seja,

$$- A_1 (P_E)^{\beta_1} + P / \delta = E$$

$$- \beta_1 A_1 (P_E)^{\beta_1 - 1} + 1 / \delta = 0$$

em que existe apenas o nível crítico de entrada.

Resolvendo o sistema em ordem a P_E e A_1 , obtém-se:

$$P_E = \frac{\beta_1}{\beta_1 - 1} \delta E$$

$$A_1 = \frac{(\beta_1 - 1)^{(\beta_1 - 1)} \cdot E^{-(\beta_1 - 1)}}{(\delta \cdot \beta_1)^{\beta_1}}$$

A derivada parcial em ordem a E é simples de calcular e de interpretar:

$$\frac{dP_E}{dE} = \frac{\beta_1}{\beta_1 - 1} \delta$$

Como $\beta_1 > 1$ e $\delta > 0$, então,

$$\frac{dP_E}{dE} > 0$$

Quanto ao efeito da volatilidade sobre o nível crítico de entrada, o cálculo da derivada parcial em ordem a σ serve para ilustrar a complexidade do estudo da estática comparativa mesmo numa situação em que o grau de simplificação é o mais elevado de todos:

$$\frac{dP_E}{d\sigma} = \frac{8 \cdot \delta \cdot E \cdot \left[2 \cdot (r - \delta)^2 + \sigma^2 \cdot (r + \delta) + (\delta - r) \cdot \sqrt{4 \cdot (r - \delta)^2 + 4 \cdot \sigma^2 \cdot (r + \delta) + \sigma^4} \right]}{\frac{1}{\sigma} \cdot \sqrt{4 \cdot (r - \delta)^2 + 4 \cdot \sigma^2 \cdot (r + \delta) + \sigma^4} \cdot \left[2 \cdot (r - \delta) + \sigma^2 - \sqrt{4 \cdot (r - \delta)^2 + 4 \cdot \sigma^2 \cdot (r + \delta) + \sigma^4} \right]^2}$$

Uma vez que o denominador é positivo, resta saber o sinal do numerador, designadamente quando $\delta < r$. Facilmente se prova que o numerador é sempre positivo dado que, em módulo, se verifica sempre que:

$$2 \cdot (r - \delta)^2 + \sigma^2 \cdot (r + \delta) > (\delta - r) \cdot \sqrt{4 \cdot (r - \delta)^2 + 4 \cdot \sigma^2 \cdot (r + \delta) + \sigma^4}$$

Com efeito, elevando ambos os membros ao quadrado, obtém-se:

$$4 \cdot (r - \delta)^4 + \sigma^2 \cdot (r + \delta) \cdot 4 \cdot (r - \delta)^2 + \sigma^4 \cdot (r + \delta)^2 > 4 \cdot (r - \delta)^4 + \sigma^2 \cdot (r + \delta) \cdot 4 \cdot (r - \delta)^2 + \sigma^4 \cdot (r - \delta)^2$$

que se verifica sempre, dado que:

$$\sigma^4 \cdot (r + \delta)^2 > \sigma^4 \cdot (r - \delta)^2$$

Conclui-se assim que:

$$\frac{dP_E}{d\sigma} > 0$$

ou seja, um aumento da volatilidade tem como efeito um acréscimo do nível crítico de entrada, tornando mais difícil a entrada no mercado.

Voltando ao caso mais geral, é possível, através do estudo da função $G(P)$ acima apresentada, discutir analiticamente a estática comparativa em relação a variações dos custos irreversíveis (E e S) (ver Dixit [1989a] e Dixit e Pindyck [1994]). Quanto

aos demais parâmetros do modelo, a complexidade das expressões aconselha a que se recorra à simulação numérica.

d) *Exemplo numérico*

Os principais resultados de estática comparativa foram obtidos através da resolução numérica do exemplo que se segue²⁰.

Considere-se uma empresa portuguesa que estuda a possibilidade de vender, por ano, 1 milhão de unidades de uma dada mercadoria para o Japão, cujo preço unitário fixado no mercado internacional em ienes é de 1000 YEN. Admita-se ainda que o custo variável por unidade seja de 750 PTE e que a empresa, para entrar em actividade e penetrar no mercado japonês, tenha de incorrer num *custo de investimento global* de 2,5 milhões de contos (incluindo todos os custos inerentes à construção da fábrica e aquisição do equipamento, campanhas publicitárias e criação de uma rede de distribuição). Por simplicidade, vai-se admitir que o custo de investimento é, na sua totalidade, irreversível. Finalmente, considere-se que a taxa de juro ajustada ao risco seja de 12% e que a taxa de juro sem risco seja de 8%.

A resolução do modelo conduziu aos seguintes resultados para os níveis críticos da taxa de câmbio: 1,56 PTE / 1 YEN como limite mínimo para a entrada no mercado e 0,58 PTE / 1 YEN como limite máximo para a permanência no mercado. Tais limites definem a banda de histerese.

Os resultados de estática comparativa encontram-se resumidos no quadro 1.

Um aumento dos custos irreversíveis (E e S) vai gerar um alargamento da banda de histerese, como se esperaria.

²⁰ Este exemplo foi resolvido por simulação numérica com recurso ao programa Mathematica®.

Quadro 1
Sinais de estática comparativa²¹

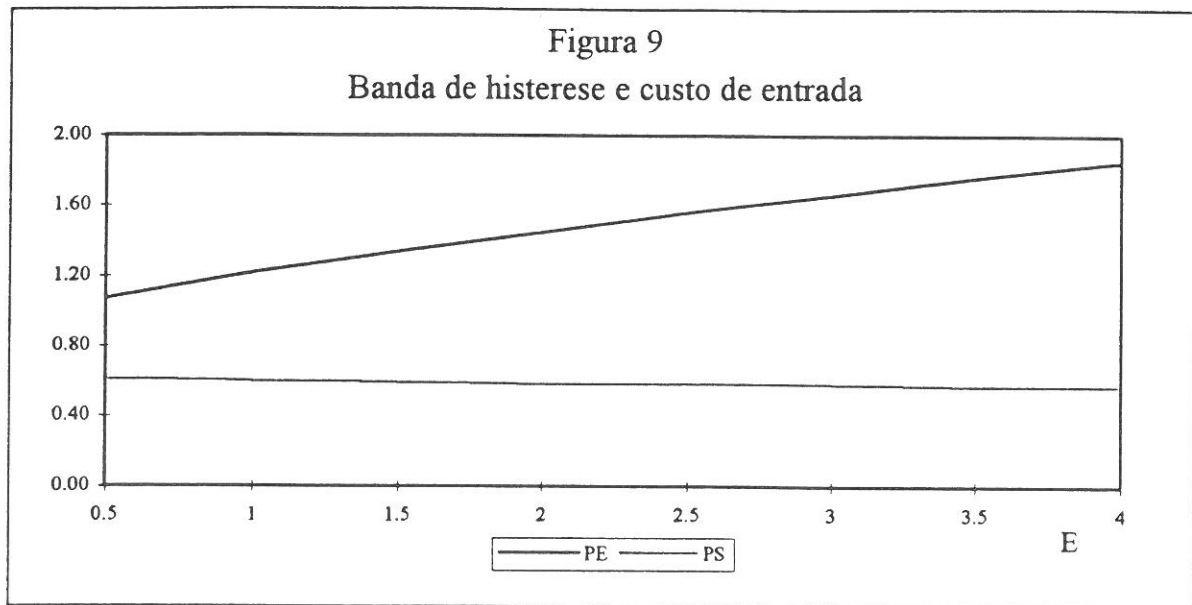
	P_E	P_S
E	+	-
S	+	-
σ	+	-
r	-	-
C	+	+

Considerando o exemplo numérico, o comportamento dos níveis críticos para diferentes valores de E encontra-se representado no quadro 2 e na figura 9.

Quadro 2
Sensibilidade da banda a variações do
custo de entrada

E	P_E	P_S
0	0,75	0,75
0,5	1,07	0,61
1	1,22	0,60
1,5	1,34	0,59
2	1,45	0,58
2,5	1,56	0,58
3	1,66	0,58
3,5	1,76	0,57
4	1,85	0,57

²¹ Os sinais de estática comparativa foram obtidos por simulação numérica, considerando pequenas variações positivas na vizinhança dos valores iniciais dos parâmetros; (+) aumento e (-) diminuição.



Já os efeitos de uma alteração na taxa de juro sem risco são algo surpreendentes, uma vez que um acréscimo da taxa de juro constitui um incentivo para a empresa entrar no mercado, com tudo o resto constante. Esta é, todavia, uma manifestação pura da ideia subjacente às opções: o acréscimo da taxa de juro torna o futuro menos importante, diminuindo, em consequência, o custo de oportunidade de exercício da opção de entrada.

Contudo, quando o acréscimo de r se reflecte num aumento de δ , o efeito é exactamente o oposto, ou seja, um aumento da taxa de juro desencoraja a entrada no mercado externo. Tem-se, deste modo, o efeito obtido a partir da teoria tradicional, mas por diferentes razões: o investimento não se reduz devido ao facto de o custo do capital ter aumentado, mas porque aumenta o custo de oportunidade de investir de imediato.

Quanto à volatilidade, o seu aumento produz, também como seria de esperar, um alargamento da banda de histerese (figura 10).

Retomando o exemplo numérico, se a volatilidade aumentar para 0,25, a banda alarga-se e passa a situar-se dentro dos limites 1,66 PTE / 1 YEN e 0,54 PTE / 1 YEN.

Quando não há incerteza, a banda é bastante mais estreita e situa-se entre 0,95 PTE / 1 YEN e 0,75 PTE / 1 YEN. A empresa entrará no mercado quando o valor actualizado líquido dos *cash flows* é pelo menos igual ao custo de entrada e sairá do mercado apenas quando deixar de conseguir cobrir os custos variáveis.

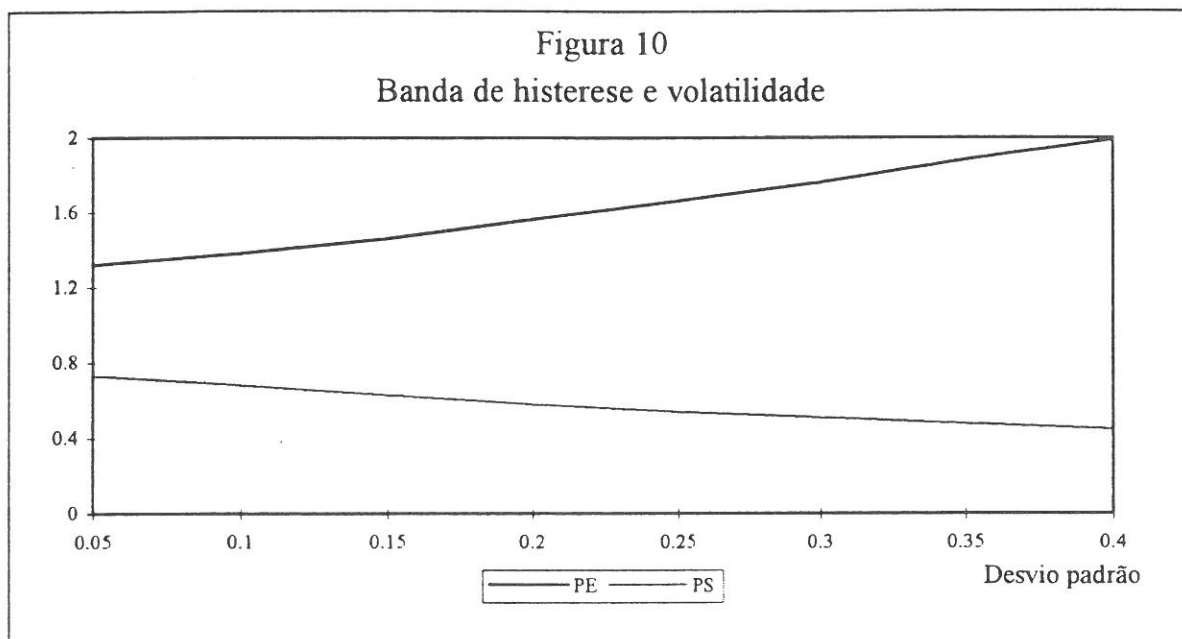
O quadro 3 contém os níveis críticos da taxa de câmbio para diferentes valores assumidos pela volatilidade:

Quadro 3
Sensibilidade da banda a variações da
volatilidade

σ	P_E	P_S
0,0	0,95	0,75
0,05	1,32	0,73
0,1	1,38	0,68
0,15	1,46	0,63
0,2	1,56	0,58
0,25	1,66	0,54
0,3	1,76	0,51
0,35	1,88	0,48
0,4	1,99	0,45

sendo de realçar a elevada sensibilidade do limite superior de entrada quando se passa de uma situação determinística para uma situação de incerteza.

A influência da volatilidade sobre a dimensão da banda de histerese é, porventura, a implicação mais importante da teoria. Significa também que, mesmo sendo os custos irreversíveis negligenciáveis, a volatilidade da taxa de câmbio é susceptível de, por si só, produzir significativos efeitos de histerese no comércio internacional. A visualização da figura 10 é sugestiva quanto ao acréscimo da largura da banda à medida que a volatilidade aumenta.



3.1.2. O caso clássico com suspensão temporária

Neste ponto, vai-se considerar que a empresa, quando situada no mercado externo, possui, sempre que as condições de exploração se tornem desfavoráveis, outra alternativa, para além do abandono total da actividade: a suspensão temporária da actividade, com a sua retoma a ser possível no futuro com um custo irreversível inferior ao custo de entrada.

A suspensão temporária, tal como sucedia com o abandono total, vai implicar um custo irreversível, que será representado por S_T . Se as condições de exploração se tornarem muito desfavoráveis, a empresa pode ainda optar pelo abandono total da actividade, incorrendo, para tal, num custo irreversível adicional, S_A . Por uma questão de simplicidade, assumir-se-á que $S_T + S_A = S$, representando S o custo total associado ao abandono da actividade.

Admite-se também que a suspensão temporária requererá um custo de manutenção, M (que pode, por exemplo, ser visto como custo associado à manutenção da rede de distribuição ou o esforço publicitário que a empresa tem de desenvolver para que o seu produto não seja esquecido no mercado), e que a actividade pode ser retomada de novo com um custo irreversível N , inferior ao custo de entrada, E . Para que a

alternativa da suspensão temporária seja válida, M deve ser inferior a C e N inferior a E . Quando se verificar a situação de abandono completo, o custo de retoma da actividade corresponderá ao custo de entrada, E .

Com estas hipóteses, irão haver quatro níveis críticos, P_E , P_N , P_T e P_S , em que P_E e P_S são os níveis críticos já conhecidos.

O esquema geral de comportamento da empresa é, agora, o seguinte: partindo de uma situação em que se encontra fora do mercado externo, decidirá entrar se o preço atingir o nível crítico P_E ; suspenderá a actividade se o preço baixar para o nível crítico P_T ; estando a actividade temporariamente suspensa, a empresa retomá-la-á se o preço subir para o nível crítico P_N ; se, pelo contrário, o preço cair para o nível crítico P_S , a empresa abandonará completamente a actividade, saindo do mercado, e assim sucessivamente; em suma, tem-se que, $P_E > P_N > P_T > P_S$.

Isto significa que existem três estados possíveis (fora do mercado, em actividade e suspensão temporária) e que a empresa se vai deparar com cinco decisões distintas (contra as duas anteriores): de fora para dentro do mercado, em actividade para suspensão temporária, suspensão temporária para actividade, suspensão temporária para fora do mercado e de dentro para fora do mercado (esta última corresponde à agregação da segunda com a quarta, pelo que, na prática, só haverá quatro condições de fronteira).

Seguindo um procedimento semelhante ao utilizado para o caso clássico, obtém-se agora um sistema composto por 8 equações não lineares:

$$- A_1 (P_E)^{\beta_1} + B_2 (P_E)^{\beta_2} + P_E / \delta - C / r = E$$

$$- \beta_1 A_1 (P_E)^{\beta_1 - 1} + \beta_2 B_2 (P_E)^{\beta_2 - 1} + 1 / \delta = 0$$

$$- D_1 (P_T)^{\beta_1} + (B_2 - D_2) (P_T)^{\beta_2} + P_T / \delta - (C - M) / r = - S_T$$

$$- \beta_1 D_1 (P_T)^{\beta_1 - 1} + \beta_2 (B_2 - D_2) (P_T)^{\beta_2 - 1} + 1 / \delta = 0$$

$$- D_1 (P_N)^{\beta_1} + (B_2 - D_2) (P_N)^{\beta_2} + P_N / \delta - (C - M) / r = N$$

$$- \beta_1 D_1 (P_N)^{\beta_1 - 1} + \beta_2 (B_2 - D_2) (P_N)^{\beta_2 - 1} + 1 / \delta = 0$$

$$- (D_1 - A_1) (P_S)^{\beta_1} + D_2 (P_S)^{\beta_2} - M / r = - S_A$$

$$- \beta_1 (D_1 - A_1) (P_S)^{\beta_1 - 1} + \beta_2 D_2 (P_S)^{\beta_2 - 1} = 0$$

cujos valores críticos satisfazem $0 < P_S < P_T < P_N < P_E < \infty$.

Fazendo-se $M = 0$, $N = E$, a suspensão temporária deixa de ser uma alternativa com interesse (P_T e P_N tornam-se iguais a P_E) e o sistema reduz-se ao caso anterior:

$$- A_1 (P_E)^{\beta_1} + B_2 (P_E)^{\beta_2} + P_E / \delta - C / r = E$$

$$- \beta_1 A_1 (P_E)^{\beta_1 - 1} + \beta_2 B_2 (P_E)^{\beta_2 - 1} + 1 / \delta = 0$$

$$- A_1 (P_S)^{\beta_1} + B_2 (P_S)^{\beta_2} + P_S / \delta - C / r = - S$$

$$- \beta_1 A_1 (P_S)^{\beta_1 - 1} + \beta_2 B_2 (P_S)^{\beta_2 - 1} + 1 / \delta = 0$$

Retomando o exemplo apresentado no ponto anterior e considerando, adicionalmente, que existe um custo de manutenção de 10 PTE por unidade e um custo de retoma da actividade de 200.000 contos, obtém-se, por resolução numérica, os sinais de estática comparativa relativamente às principais variáveis e parâmetros do modelo (quadro 4)²².

Comparando com o caso anterior, verifica-se que variações nos parâmetros comuns a um e a outro caso produzem efeitos idênticos a nível dos valores críticos P_E e P_S .

A principal diferença entre este caso e o caso anteriormente estudado é que, agora, a empresa dispõe de mais alternativas para além da entrada e saída pura e simples do mercado.

²² (+) aumento; (-) diminuição; (0) nenhum efeito.



Quadro 4
Sinais de estática comparativa

	P_E	P_N	P_T	P_S
E	+	0	0	-
σ	+	+	-	-
r	-	-	-	-
δ	+	+	+	+
N	0	+	-	+
S_T	+	+	-	+
S_A	+	0	0	-
C	+	+	+	+
M	0	-	-	+

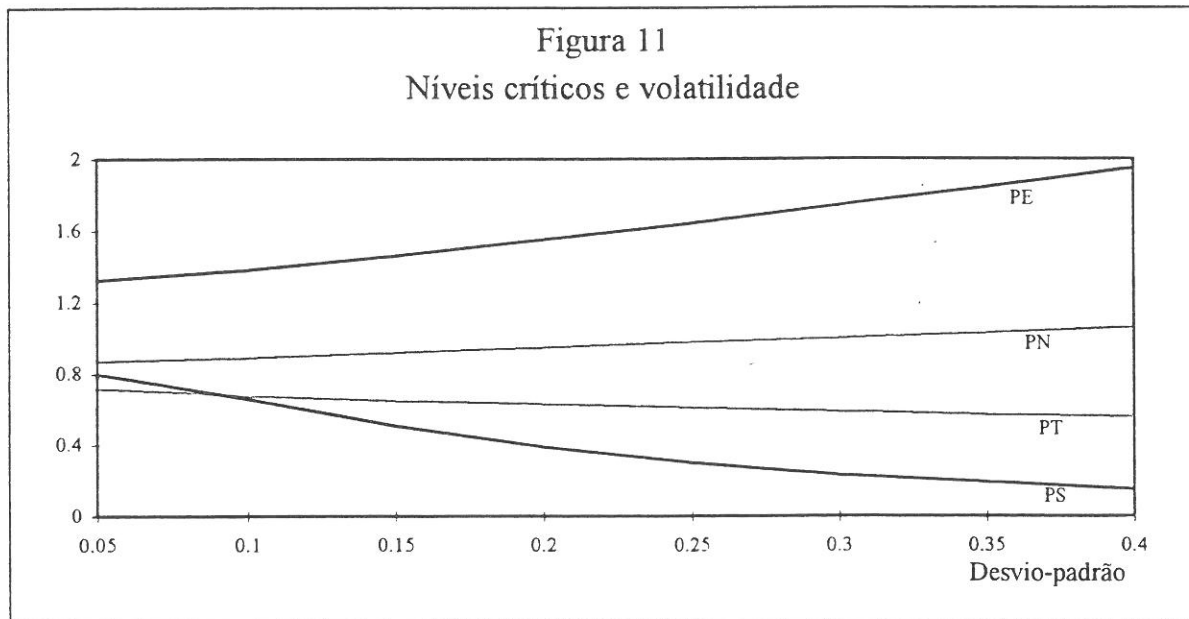
A dimensão da banda de histerese passa a depender, crucialmente, da situação em que a empresa se encontra inicialmente. Assim, se a empresa se encontra, de início, fora do mercado, a banda, na acepção que tem vindo a ser tomada, passa a ser definida pela diferença entre P_E e P_T , ou seja, a empresa entrará se o preço ultrapassar P_E e deixará de exportar quando o preço descer abaixo de P_T . Se, pelo contrário, a empresa se encontra, de início, já em actividade, a banda será dada pela diferença entre P_N e P_T . Repare-se que o limite inferior da banda é agora dado por P_T e não por P_S , uma vez que a empresa deixa, de facto, de exportar quando o preço desce abaixo de P_T ; o nível crítico P_S é aquele abaixo do qual a empresa abandona por completo o mercado, o que sucede quando os prejuízos suportados (para os quais contribui o custo de manutenção) sejam tão elevados que deixem de compensar a 'poupança', em termos de custos irreversíveis de retoma, que a estratégia de suspensão temporária implica (ver figura 11).

Os efeitos de variações da volatilidade sobre os valores críticos dos preços encontram-se sintetizados no quadro 5.

Quadro 5
Sensibilidade dos níveis críticos a variações da volatilidade

σ	P_E	P_N	P_T	P_S
0,0	0,95	-	-	0,75
0,05	1,32	-	-	0,73
0,1	1,38	0,89	0,68	0,66
0,15	1,46	0,92	0,65	0,51
0,2	1,55	0,95	0,63	0,39
0,25	1,64	0,98	0,61	0,30
0,3	1,74	1,00	0,59	0,23
0,35	1,84	1,03	0,57	0,19
0,4	1,95	1,06	0,56	0,15

Na figura 11, mostra-se a evolução dos níveis críticos em função da incerteza. De notar que, quando a volatilidade se situa à esquerda do ponto de cruzamento entre P_T e P_S , a suspensão temporária deixa de fazer sentido e os limites da banda passam a ser dados apenas por P_E e P_S . Isso mesmo se encontra já reflectido no quadro 5.



3.2. O comportamento da empresa exportadora perante mercados alternativos

Neste ponto, discutem-se extensões do modelo com a inclusão da possibilidade de escolha entre dois ou mais mercados alternativos. No primeiro subponto, vai-se considerar a existência de dois mercados alternativos, sendo um deles o mercado interno. No segundo subponto far-se-á uma breve referência a outras situações particulares que podem ser tratadas no âmbito deste tipo de modelo.

3.2.1. Mercado interno vs. mercado externo

Esta extensão ao modelo é inspirada no trabalho de Kogut e Kulatilaka [1994], que trata o problema da localização de filiais no exterior por parte de uma empresa multinacional (manifestando-se a incerteza, neste último caso, ao nível dos custos e não dos preços).

Considere-se, então, o caso em que a empresa se depara com a possibilidade, mutuamente exclusiva, de vender para o mercado interno e para o mercado externo. O preço no mercado interno é tomado como fixo e o preço no mercado externo, medido em escudos, é dado pelo produto entre a taxa de câmbio nominal e o preço do bem no exterior, que se supõe fixo em moeda estrangeira. Finalmente, existem custos irreversíveis associados à mudança de um para outro mercado.

Neste caso, o problema deve ser resolvido em duas fases: na primeira, determinam-se, separadamente, as regras óptimas de entrada num e noutro mercado; na segunda, e para uma situação em que a empresa já se encontra em actividade, determina-se a regra óptima que presidirá à deslocação de um para outro mercado.

Na primeira fase, são os preços absolutos que vão estar na base da tomada de decisões da empresa; na segunda fase, a estratégia da empresa será definida em função dos preços relativos entre os dois mercados.

Embora o problema se pareça, do ponto de vista formal, com o problema do ponto 3.1.1., a verdade é que a simples consideração de dois mercados alternativos traz implicações sobre a dimensão da banda de histerese, passando a haver lugar a duas

bandas distintas, consoante a empresa se encontra, inicialmente, em actividade ou inactiva. Já do ponto de vista qualitativo, as conclusões extraídas e as implicações sobre os fluxos de comércio permanecem as mesmas.

Partindo-se de uma situação em que a empresa se encontra já em actividade, o problema que agora se coloca é o de se saber para que mercado vai a empresa vender: mercado interno ou mercado externo. Para mais facilmente se lidar com este problema, vai-se trabalhar com o preço relativo ou taxa de câmbio real $R = P_2 / P_1$ e vai-se admitir que $P_1 = 1$. O custo de mudança do mercado interno para o mercado externo será representado por K_1 e o custo de mudança do mercado externo para o mercado interno será representado por K_2 . Ambos os custos são assumidos serem custos irreversíveis.

O procedimento de solução é idêntico ao usado nos pontos anteriores. Agora, $V_1(R)$ representa o valor da empresa quando no mercado interno, valor esse que inclui o valor da opção de mudança para o mercado externo. Similarmente, $W_1(R)$ representa o valor da empresa quando no mercado externo.

a) Valorização da empresa situada no mercado interno [$V_1(R)$]

Continuando a seguir a *contingent claims analysis*, admita-se, então, a constituição de uma carteira, no momento t , que contém uma unidade do projecto e uma posição curta de n unidades da mercadoria (com preço R), de modo a que n seja tal que a carteira resultante fique isenta de risco:

$$\phi = V_1(R) - n R$$

A detenção da carteira deve gerar uma *rentabilidade total* igual a:

$$(1 - C - n \delta R) dt + dV_1 - n dR$$

Em resumo, o problema é o seguinte:

$$1) \phi = V_1(R) - n R$$

$$2) d\phi + (1 - C - n \delta R) dt = r \phi dt$$

$$3) dR/R = \alpha dt + \sigma dz$$

obtendo-se o seguinte valor para a empresa situada no mercado interno:

$$V_1(R) = C_1 R^{\beta_1} + (1 - C) / r$$

onde $C_1 R^{\beta_1}$ representa o valor da opção de mudar para o mercado externo.

b) Valorização da empresa situada no mercado externo [$W_1(R)$]

Seguindo o mesmo procedimento tem-se, em resumo:

$$1) \phi = W_1(R) - n R$$

$$2) d\phi + (R - C - n \delta R) dt = r \phi dt$$

$$3) dR/R = \alpha dt + \sigma dz$$

obtendo-se o seguinte valor para a empresa situada no mercado externo:

$$W_1(R) = D_2 R^{\beta_2} + R / \delta - C / r$$

onde $D_2 R^{\beta_2}$ representa o valor da opção de mudar para o mercado interno.

c) Determinação das regras ótimas de mudança

Ao nível do valor crítico R_E , a empresa situada no mercado interno paga um custo irreversível K_1 no sentido de mudar para o mercado externo, trocando o activo de valor $V_1(R_E)$ por um activo com valor $W_1(R_E)$. Têm-se, assim, as seguintes condições de *value-matching* e de *smooth-pasting*:

$$1) V_1(R_E) = W_1(R_E) - K_1$$

$$2) V_1'(R_E) = W_1'(R_E)$$

Do mesmo modo, para o valor crítico R_I de mudança para o mercado interno, as condições de *value-matching* e de *smooth-pasting* são:

$$3) W_1(R_I) = V_1(R_I) - K_2$$

$$4) W_1'(R_I) = V_1'(R_I)$$

Substituindo nestas quatro condições as expressões obtidas para $V_1(R)$ e $W_1(R)$ nos pontos R_E e R_I , respectivamente, obtém-se o seguinte sistema de 4 equações a 4 incógnitas (R_E , R_I , C_2 e D_1):

$$- C_1 (R_E)^{\beta_1} - (1 - C) / r + D_2 (R_E)^{\beta_2} + R_E / \delta - C / r = K_1$$

$$- \beta_1 C_1 (R_E)^{\beta_1 - 1} + \beta_2 D_2 (R_E)^{\beta_2 - 1} + 1 / \delta = 0$$

$$- C_1 (R_I)^{\beta_1} - (1 - C) / r + D_2 (R_I)^{\beta_2} + R_I / \delta - C / r = - K_2$$

$$- \beta_1 C_1 (R_I)^{\beta_1 - 1} + \beta_2 D_2 (R_I)^{\beta_2 - 1} + 1 / \delta = 0$$

em que os valores críticos satisfazem $0 < R_E < R_I < \infty$.

Retomando o exemplo apresentado nos pontos anteriores com as devidas adaptações e hipóteses adicionais indicadas no início deste ponto, obtém-se os seguintes valores para os níveis críticos da taxa de câmbio (com $K_1 = 2,5$ e $K_2 = 0$), devendo ainda ter-se em atenção que, agora, se tratam de níveis relativos.

Relativamente às principais variáveis e parâmetros têm-se, em resumo, os sinais de estática comparativa constantes do quadro 6.

Quadro 6
Sinais de estática comparativa

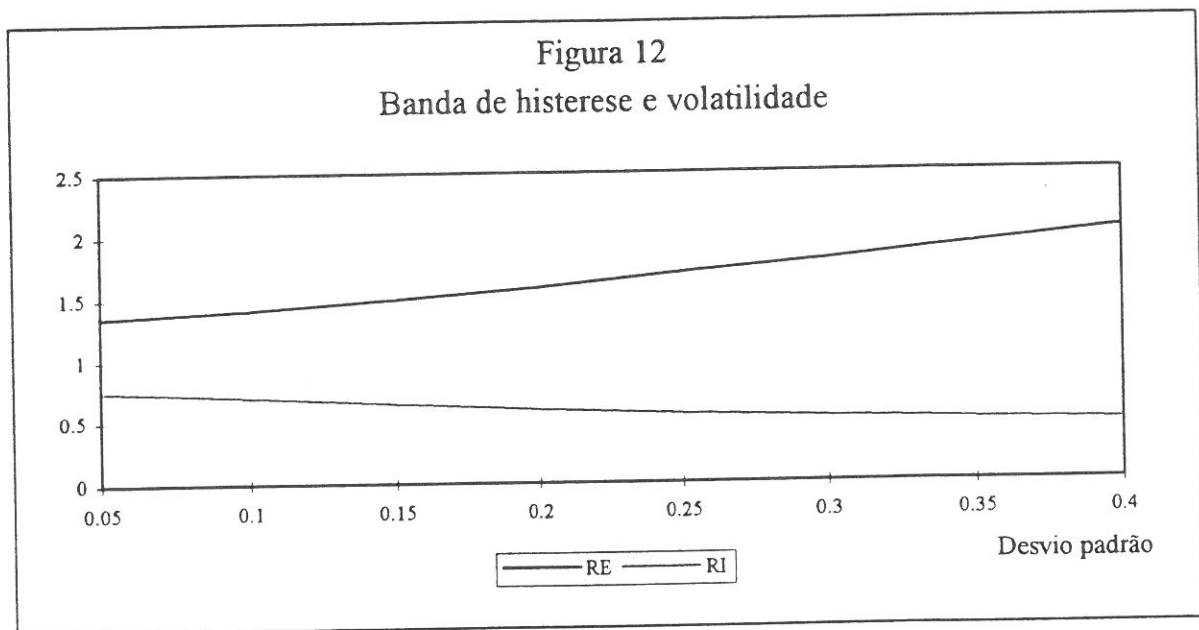
	R_E	R_I
K_1	+	0
K_2	+	-
σ	+	-

Os resultados obtidos para diferentes volatilidades, encontram-se resumidos no quadro 7 e representados graficamente na figura 12.

Quadro 7
Sensibilidade da banda a variações da
volatilidade

σ	R_E	R_I
0,0	1,20	1,00
0,05	1,35	0,75
0,1	1,41	0,70
0,15	1,49	0,64
0,2	1,58	0,59
0,25	1,69	0,55
0,3	1,79	0,52
0,35	1,91	0,49
0,4	2,03	0,47

Comparando estes resultados com os resultados obtidos no ponto 3.1.1., constata-se que os limites da banda são diferentes. Isto deve-se fundamentalmente ao facto de, agora, interessarem para a decisão da empresa, não os preços absolutos mas os preços relativos. Ou seja, a decisão de exportar depende também do preço verificado no mercado interno (neste caso igual a 1) o que não sucedia anteriormente.



3.2.2. Outras situações

O modelo anterior pode ser facilmente adaptado ao caso em que o mercado interno (1) se contrapõe a um conjunto de mercados externos diferentes. Neste caso, o preço relativo passa a ser dado pela taxa de câmbio real efectiva. Para dois mercados externos (2 e 3), vem:

$$R = P_2^q P_3^{(1-q)}$$

em que q representa o peso das exportações para o mercado 2.

Facilmente se comprova que o logaritmo da taxa de câmbio efectiva segue um movimento browniano simples do tipo:

$$d\log R = [q(\alpha_2 - \alpha_3) + \alpha_3 - 1/2(\sigma_2^2 - \sigma_3^2)] dt + [q(\sigma_2 - \sigma_3) + \sigma_3] dz$$

sabendo-se que:

$$dP_2/P_2 = \alpha_2 dt + \sigma_2 dz \quad \Rightarrow \quad d\log P_2 = (\alpha_2 - 1/2 \sigma_2^2) dt + \sigma_2 dz$$

$$dP_3/P_3 = \alpha_3 dt + \sigma_3 dz \quad \Rightarrow \quad d\log P_3 = (\alpha_3 - 1/2 \sigma_3^2) dt + \sigma_3 dz$$

Para q dado, o problema é formalmente idêntico ao formulado acima (embora deva ser expresso em logaritmos) e os preços relativos críticos de mudança do mercado interno para o mercado externo passam a depender da volatilidade ponderada do mercado externo.

Outro caso dá-se quando apenas se consideram dois mercados externos alternativos. Neste caso, o modelo pode ser útil para a análise da evolução da repartição geográfica das exportações.

Aplicando o Lema de Ito generalizado, conclui-se que o preço relativo $R = P_2 / P_1$ segue agora um movimento browniano geométrico do tipo:

$$dR/R = (\alpha_1 - \alpha_2 + \sigma_1^2 - \sigma_1 \sigma_2) dt + (\sigma_1 - \sigma_2) dz$$

dado que:

$$dP_1/P_1 = \alpha_1 dt + \sigma_1 dz$$

$$dP_2/P_2 = \alpha_2 dt + \sigma_2 dz$$

O problema é também formalmente idêntico ao anterior e os preços relativos críticos de mudança de um para outro mercado passam a depender, simultaneamente, da volatilidade em ambos os mercados.

Uma terceira situação, porventura a de maior interesse, surge quando se consideram dois mercados externos e se considera a hipótese de diversificação de mercados. Neste caso, o problema consiste na determinação, simultânea, dos níveis críticos absolutos de entrada e da quota de mercado óptima (na fronteira), q . O problema torna-se bastante mais complicado de resolver uma vez que as equações correspondentes à cobertura da carteira são equações diferenciais parciais e a obtenção de uma solução analítica fechada é, neste caso, virtualmente impossível de obter, devendo recorrer-se a métodos de resolução numérica.

A possibilidade de diversificação de mercados pode ser, ainda, incorporada na análise num contexto de mercados não completos, considerando que a empresa dispõe de uma função de utilidade com aversão ao risco e procura maximizar o valor esperado actual da utilidade dos *cash flows* futuros. O problema deve ser resolvido tomando como um dado as possíveis afectações das vendas por mercados, a que corresponderá um par de níveis críticos diferente (ver Dixit e Rob [1994]). Neste caso, as bandas deverão ser interpretadas em termos marginais.

3.3. O modelo em confronto com as abordagens microeconómicas tradicionais

Neste ponto procura-se confrontar os resultados que se podem obter a partir do modelo de custos irreversíveis / histerese com os resultados derivados de outras abordagens. Como se irá verificar, a teoria *marshalliana* do investimento e as teorias baseadas no conceito de valor actual líquido (como o q de Tobin), podem ser vistas como casos particulares daquele modelo. Em contrapartida, as conclusões do modelo não incorporam a riqueza dos resultados obtidos através das abordagens baseadas na diversificação de mercados num contexto de incerteza.

3.3.1. Comparação com as teorias tradicionais do investimento

Simplificando o caso clássico, fazendo $C = 0$ e $S = 0$, obtém-se, como já foi visto no ponto 3.1.1., o seguinte resultado para o nível crítico de entrada:

$$P_E = \frac{\beta_1}{\beta_1 - 1} \delta E$$

ou seja,

$$V_1(P_E) = \frac{\beta_1}{\beta_1 - 1} E$$

dado que, quando não existem custos, também não existe a opção de saída e o valor da empresa situada no mercado reduz-se, neste caso, a:

$$V_1(P) = P / \delta$$

Daqui se constata que a regra de entrada imediata é dada por $V_1(P_E) > E$ e não por $V_1(P_E) = E$, como diz a teoria tradicional. Do ponto de vista da regra TIR (Taxa Interna de Rentabilidade), a taxa de actualização a considerar deve incluir, para além do prémio de risco, um factor adicional que reflecta a existência do custo de oportunidade associado à opção.

Fazendo $\sigma = 0$, ou seja, não havendo incerteza quanto ao valor futuro do preço, o sistema é composto por duas equações em que a solução de uma é independente da outra:

$$V_0(P_E) = V_1(P_E) - E$$

$$V_1(P_S) = V_0(P_S) - S$$

ou seja,

$$(P_E - C) / r = E$$

$$(P_S - C) / r = -S$$

Nesta situação, as regras óptimas de entrada e saída do mercado coincidem com as regras tradicionais.

Este caso serve para ilustrar que as teorias tradicionais baseadas no valor actual líquido e nos conceitos microeconómicos *marshallianos* são casos particulares desta nova abordagem e serve igualmente para se discutir a importância do papel dos custos irreversíveis nas decisões da empresa quando não existe incerteza.

Nas condições em que o problema tem sido formulado (quantidade produzida fixa e taxa de juro constante), é exactamente equivalente dizer, na ausência de incerteza (preço constante), que a empresa entra no mercado quando o valor actual é pelo menos igual ao valor do investimento (q de Tobin ≥ 1) ou quando o preço é pelo menos igual ao custo médio de longo prazo, dada a equivalência que se estabelece, de imediato, e na fronteira, entre os dois conceitos:

$(P - C) / r = E \Rightarrow P = C + r E$, em que C é o custo variável e $r E$ é o custo fixo.

Se, por outro lado, o custo de entrada não for um custo irreversível, a empresa abandonará o mercado logo que o valor actual se situe abaixo desse custo, ou logo que o preço desça abaixo do custo médio de longo prazo. Isto sucede porque o activo da empresa pode ser transaccionado no mercado pelo valor de reposição que, neste caso concreto, é superior ao seu valor de mercado ou, dito de outro modo, a empresa pode recuperar os seus custos fixos.

De acordo com a abordagem geral que tem vindo a ser apresentada, idênticos resultados são obtidos quando o custo de saída (S) é negativo e igual ao custo de entrada (E) (um custo de saída negativo significa, deste modo, o montante de recuperação do custo de entrada), circunstância em que não há lugar à existência de uma banda de histerese.

Quando $S = 0$, isso significa que os custos de entrada são, na sua totalidade, irreversíveis. Neste caso, os limites superior e inferior da banda vêm, respectivamente:

$$P = C + r E$$

e

$$P = C$$

Verifica-se, assim, que, para uma empresa situada no mercado, a saída só é vantajosa quando ela deixar de poder cobrir os seus custos variáveis de produção.

3.3.2. Comparação com outras abordagens sobre a incerteza

No modelo de custos irreversíveis / histerese, a importância da incerteza está reflectida na forma como a dimensão da banda de histerese é afectada pela variação da volatilidade dos preços. Todavia, quando os custos não são irreversíveis, os efeitos da incerteza são triviais e manifestam-se pela magnitude do prémio de risco.

Neste ponto apresentam-se alguns resultados, obtidos a partir de um modelo estático e de um modelo dinâmico num quadro da diversificação de mercados e postulando, para os agentes económicos, um comportamento de aversão ao risco. Regra geral, as conclusões apontam no sentido de que a incerteza pode gerar situações de inércia no comércio internacional, embora por vias diferentes da que tem vindo a ser sublinhada no presente texto.

No entanto, nem sempre um comportamento de aversão ao risco conduz ao efeito tido como habitual. Isso mesmo pode ser visto através de um modelo simples com função de utilidade separável (adaptado de De Grauwe [1986]).

Considere-se uma empresa que produz uma quantidade fixa Q de um dado produto para venda no mercado interno (1) e/ou no mercado externo (2). O objectivo da empresa consiste, como anteriormente, na maximização do valor esperado da utilidade da receita, sendo esta definida pela equação (neste caso, é indiferente tomar a receita ou o lucro como a variável objectivo dado que, sendo a produção fixa, os custos 'variáveis' não afectam a solução óptima):

$$\Pi = \Pi_d + \Pi_f$$

com:

$$\Pi_d = P_1 Q_1 \quad \rightarrow \text{receita proveniente de vendas no mercado interno}$$

$\Pi_f = P_2^* e Q_2$ → receita proveniente da exportação

$Q = Q_1 + Q_2$ → produção total (fixa)

P_1 → preço de venda no mercado interno

P_2^* → preço de venda (expresso em moeda estrangeira) no mercado externo

e → taxa de câmbio nominal (unidades de moeda nacional por uma unidade de moeda estrangeira)

O problema é, assim:

$$\max EU[P_1 Q_1 + P_2^* e (1 - Q_1)]$$

Fazendo $P_1 = 1$ e admitindo que a função de utilidade é separável, vem:

$$\max \{U_d[Q_1] + EU_f[P_2^* e (1 - Q_1)]\}$$

Da condição de 1ª ordem retira-se que:

$$U_d' = - EU_f' P_2^* e$$

onde $U_d' = \frac{dU_d}{dQ_1}$ é a utilidade marginal da receita proveniente das vendas no mercado interno e $EU_f' = \frac{dEU_f}{d\Pi_f}$ é a utilidade marginal esperada da receita proveniente das exportações.

Reescrevendo a expressão obtém-se:

$$EU_f' e = \frac{U_d'}{P_2^*}$$

Se o acréscimo da variabilidade de e faz diminuir $EU_f'e$, então o lado direito da expressão também deve diminuir, o que só acontece se Q_1 aumentar (ou, o que é o mesmo, se as exportações diminuírem).

Dito de outro modo, se a função $U_f'e$ for côncava, tem-se o efeito habitual, caso contrário, cai-se na situação em que volatilidade e exportações variam no mesmo sentido.

Para se avaliar a forma da função, é necessário encontrar o sinal da 2ª derivada em ordem a e ; a função será côncava se o sinal for negativo e convexa se o sinal for positivo.

Assim, tem-se:

$$\frac{dU_f'e}{de} = U_f'' \cdot P_2^* \cdot (1 - Q_1) \cdot e + U_f'$$

e, portanto,

$$\frac{d^2U_f'e}{de^2} = U_f''' \cdot [P_2^* \cdot (1 - Q_1)]^2 \cdot e + 2 \cdot U_f'' \cdot P_2^* \cdot (1 - Q_1)$$

Após alguma manipulação, esta expressão pode escrever-se:

$$\frac{d^2U_f'e}{de^2} = -\frac{U_f'}{e} \cdot [R \cdot (1 - R) + R' \Pi_f]$$

onde:

$R = -\Pi_f \frac{U_f''}{U_f'}$ é o grau relativo de aversão ao risco,

$$R' = \frac{dR}{d\Pi_f}$$

e Π_f é a receita proveniente da exportação.

Da expressão acima, conclui-se que a concavidade ou convexidade da função U_f' depende do grau de aversão ao risco. Em particular, no caso em que o coeficiente relativo de aversão ao risco é constante ($R' = 0$), tem-se que a função é côncava se $R < 1$ e é convexa se $R > 1$. Daqui resulta que, sendo baixo o grau de aversão ao risco, um acréscimo da volatilidade da taxa de câmbio induzirá a uma diminuição das exportações, ao passo que um alto grau de aversão implicará que um acréscimo da volatilidade seja acompanhado por um aumento das exportações.

A razão para este resultado reside na existência de uma espécie de efeito de substituição, pelo qual a empresa se direcciona para o mercado interno (sem risco) quando o risco aumenta, e de efeito rendimento, pelo qual a empresa procura compensar a maior probabilidade de um forte declínio das receitas através de um incremento das exportações. Quando o efeito rendimento domina o efeito de substituição, a empresa reage ao aumento do risco exportando mais.

Estendendo os resultados aos casos em que não se impõe a constância do grau relativo de aversão ao risco, constata-se que uma maior volatilidade leva a uma diminuição das exportações quando:

$$R(1 - R) + R' \Pi_f > 0$$

e a um aumento das exportações quando:

$$R(1 - R) + R' \Pi_f < 0$$

Em geral, são utilizadas, na literatura, funções de utilidade com características tais que eliminam a ambiguidade acima evidenciada, como é o caso da função de utilidade quadrática. Por exemplo, se a função de utilidade apresentar um grau absoluto de aversão ao risco constante, como é o caso da função exponencial, o efeito rendimento é eliminado e os resultados a que se chega são conformes com a ideia, mais ou menos aceite, segundo a qual um comportamento de aversão ao risco conduz, face a um aumento do risco, a uma redução da actividade com risco.

A existência de imperfeições no mercado pode ser considerada no âmbito de um problema dinâmico simples de diversificação de mercados num contexto de incerteza. Assim, vai-se admitir, adicionalmente, que o comportamento da empresa é susceptível de afectar o preço no mercado internacional. Deste modo, o problema

poderá ser solucionado através do método do controle ótimo estocástico²³, em que a variável de controle é, neste caso, a quota de mercado interno.

Em termos formais, o problema é o seguinte:

$$\max \int_0^{+\infty} U(\Pi) \cdot e^{-r \cdot t} \cdot dt$$

s.a.

$$dP_2 = \alpha (1 - Q_1) P_2 dt + \sigma P_2 dz$$

em que:

$$\Pi = Q_1 + P_2 (1 - Q_1) - C$$

Daqui em diante, vai omitir-se a parcela dos custos, dado que, por ser uma constante, não interfere na pesquisa da solução de ótimo.

A equação de Hamilton-Jacobi-Bellman (H-J-B) pode escrever-se:

$$r V(P_2) = \max_{Q_1} [U(\Pi) + (\alpha (1 - Q_1) P_2) V'(P_2) + 1/2 \sigma^2 P_2 V''(P_2)]$$

A condição de 1ª ordem é:

$$L_{Q_1} = U'(\Pi) \Pi'(Q_1) - \alpha P_2 V'(P_2) = 0$$

Se a função de utilidade for do tipo CRRA:

$$U(\Pi) = \frac{\Pi^b}{b} \quad , \quad \text{com } b < 1$$

então:

$$U'(\Pi) = \Pi^{b-1}$$

e a condição de 1ª ordem vem:

²³ Ver Anexo I.

$$(Q_1 + P_2(1 - Q_1))^{b-1} (1 - P_2) - \alpha P_2 V'(P_2) = 0$$

Resolvendo em ordem a Q_1 , obtém-se:

$$Q_1^* = \frac{P_2 - \left(\frac{\alpha \cdot P_2}{(1 - P_2)} V'(P_2) \right)^{\frac{1}{b-1}}}{P_2 - 1}$$

donde:

$$\Pi^* = \left(\frac{\alpha \cdot P_2}{(1 - P_2)} V'(P_2) \right)^{\frac{1}{b-1}}$$

Substituindo na equação de H-J-B, vem:

$$r \cdot V(P_2) = \frac{1}{b} \left(\frac{\alpha \cdot P_2}{(1 - P_2)} V'(P_2) \right)^{\frac{b}{b-1}} + (\alpha \cdot (1 - Q_1) \cdot P_2) \cdot V'(P_2) + \frac{1}{2} \sigma^2 \cdot P_2 \cdot V''(P_2)$$

Tentando a solução:

$$V(P_2) = A \cdot P_2^b$$

cujas derivadas parciais são:

$$V'(P_2) = A \cdot b \cdot P_2^{b-1}$$

e

$$V''(P_2) = A \cdot b \cdot (b - 1) \cdot P_2^{b-2}$$

e substituindo na equação de H-J-B, obtém-se, após alguma manipulação,

$$A \cdot b \cdot P_2^b \cdot \left[r - \left(\frac{\alpha \cdot P_2}{(1 - P_2)} \right)^{\frac{b}{b-1}} \cdot (A \cdot b)^{\frac{1}{b-1}} - b \cdot P_2^{-1} (\alpha \cdot P_2 \cdot (1 - Q_1)) - \frac{1}{2} \sigma^2 \cdot b \cdot (b - 1) \right] = 0$$

Igualando o termo dentro do parêntesis recto a zero, substituindo Q_1 pela expressão de Q_1^* e resolvendo em ordem a $A.b$, tem-se:

$$A.b = \left[\frac{r - \frac{b.\alpha}{1-P_2} - \frac{1}{2}.\sigma^2.b.(b-1)}{\left(\frac{\alpha.P_2}{1-P_2}\right)^{\frac{b}{b-1}}.(1-b)} \right]^{b-1}$$

Finalmente, substituindo a expressão de $V'(P_2)$ na expressão de Q_1^* , obtém-se, explicitamente a solução de óptimo:

$$Q_1^* = -\frac{P_2}{1-P_2} + \alpha \left[\frac{r}{1-b} - \frac{\alpha.b}{(1-P_2)(1-b)} + \frac{1}{2}\sigma^2.b \right]$$

Derivando em ordem a σ^2 , vem:

$$\frac{dQ_1^*}{d\sigma^2} = \frac{\alpha.b}{2}$$

cujo sinal positivo indicia uma relação inversa entre a volatilidade da taxa de câmbio e exportações.

Neste último caso, um acréscimo da incerteza sobre a taxa de câmbio motiva, de forma inequívoca, um afastamento do mercado externo por parte das empresas, num contexto de diversificação de mercados.

No modelo de custos irreversíveis o sentido do efeito é exactamente o mesmo, embora por razões diferentes. A combinação das diversas abordagens parece, pois, reforçar a ideia de que a incerteza é susceptível de gerar barreiras à entrada e, conseqüentemente, limitar as oportunidades de arbitragem no comércio internacional, isto desde que, e como já foi referido, o grau de aversão ao risco dos agentes económicos seja relativamente baixo.

Parte II. Aplicação empírica

4. Síntese da teoria e descrição das variáveis utilizadas

A exposição teórica que se apresentou teve como objecto o comportamento de uma empresa representativa. No entanto pode, sem dificuldade, ser estendida ao caso de uma indústria ou mesmo ao caso de uma economia.

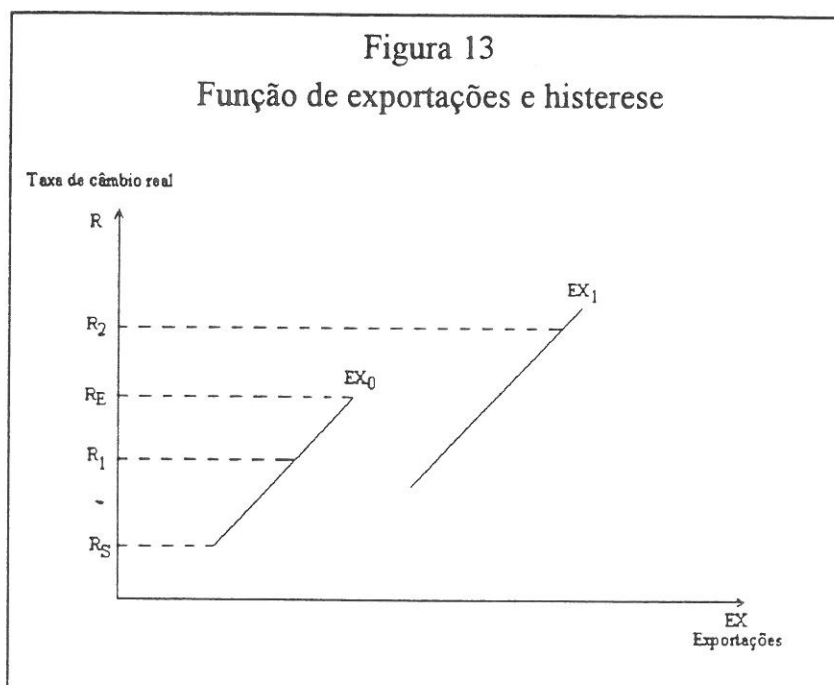
Dixit [1989b] desenvolveu um modelo para uma indústria específica, em que determina as regras que presidem à entrada e saída de n empresas do mercado. Baldwin e Krugman [1989] fizeram o mesmo para o caso de múltiplas indústrias. Ambas as abordagens são de equilíbrio parcial, ou seja, a evolução da taxa de câmbio não é endógena, antes segue um processo especificado *a priori*.

Em Krugman [1988] e em Baldwin e Krugman [1989], o problema foi ainda discutido num quadro macroeconómico geral entrando-se em linha de conta com os movimentos de capitais para a determinação endógena do valor de equilíbrio da taxa de câmbio. Trata-se, no entanto, de uma abordagem com limitações, uma vez que na base do modelo está um fluxo de capitais exógeno que deve ser compensado por um ajustamento da balança comercial induzido por variações da taxa de câmbio. Não são, por exemplo, consideradas as implicações decorrentes da existência de um mercado de activos. Baldwin e Lyons [1994], por sua vez, procuram ultrapassar essas limitações, tratando o problema da histerese no quadro de um modelo de preços 'viscosos' do tipo Dornbusch [1976].

As conclusões qualitativas retiradas de todas as abordagens referidas são basicamente as mesmas do modelo para uma empresa. É, contudo, natural, que, a um nível crescente de agregação, os efeitos estudados até aqui surjam, de algum modo, esbatidos.

Como ficou demonstrado no plano teórico, a existência da banda de histerese gera assimetrias nas decisões de entrada e saída do mercado. Dada a assimetria com que as exportações reagem ao comportamento da taxa de câmbio e, por outro lado, tendo em conta a rigidez das exportações perante variações da taxa de câmbio dentro da banda de histerese, é de esperar, não só a ocorrência de quebras de estrutura na relação entre as exportações e a taxa de câmbio, como também uma menor elasticidade-preço no caso de indústrias onde a importância dos custos irreversíveis e das assimetrias referidas é mais marcada.

A representação gráfica pode, mais uma vez, servir para evidenciar as diferenças entre a abordagem tradicional e o modelo de custos irreversíveis / histerese (o gráfico da figura 13 deve-se a Parsley e Wei [1994] e foi adaptado para o caso das exportações).

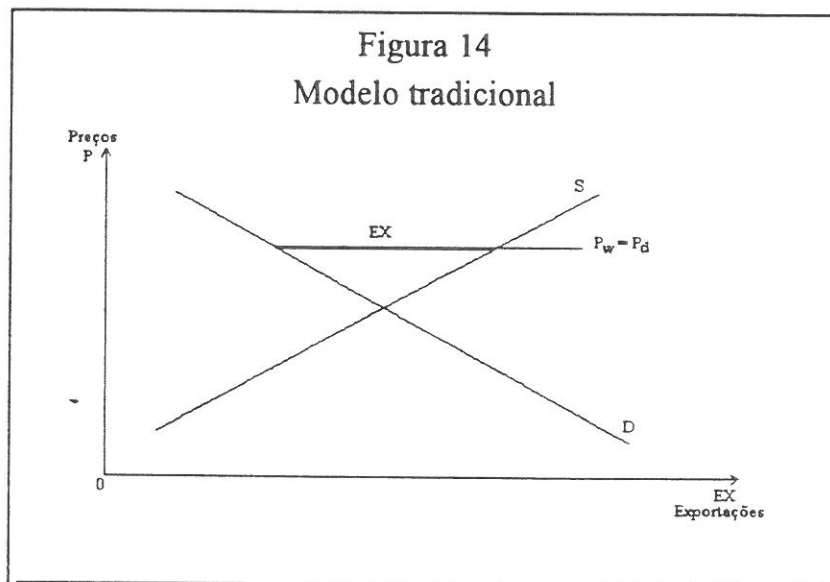


A banda de histerese corresponde à diferença entre R_E e R_S . Enquanto a taxa de câmbio real se encontrar abaixo do limite superior da banda, R_E , a função de exportações é dada por EX_0 . Logo que a taxa de câmbio suba acima desse valor, haverá incentivo para novas empresas entrarem no mercado externo ou para as empresas existentes expandirem a sua produção e a função de exportações passa a ser EX_1 , mantendo-se válida mesmo que, posteriormente, a taxa de câmbio desça para abaixo de R_E .

Um possível sinal de que a banda de histerese existe pode ser dado pela não verificação da hipótese da paridade dos poderes de compra, devido às imperfeições de mercado geradas pela existência da banda. A aplicação teórica do ponto 3.2.1., em que ambos os mercados interno e externo são considerados, oferece, quando transposta para um nível mais agregado, uma possível explicação para esse facto. De acordo com Menzies e Heenan [1993], na presença de custos irreversíveis e de

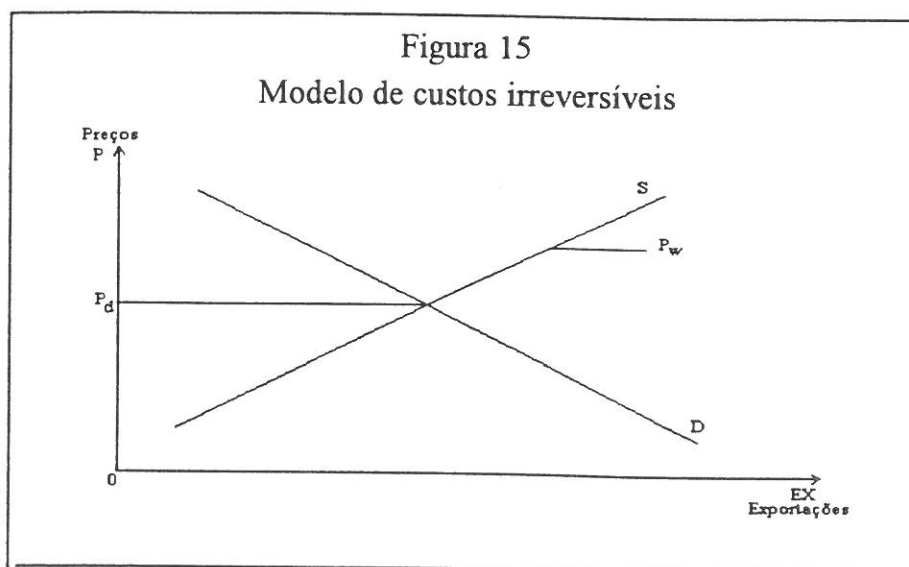
incerteza quanto à taxa de câmbio, não existe uma tendência automática no sentido da igualização dos preços internos e externos visto que a actividade de arbitragem não é lucrativa.

No modelo tradicional, os preços internos (P_d) e os preços externos (P_w) tendem a ser iguais quando expressos numa moeda comum. A diferença entre a oferta e a procura interna corresponde às exportações (figura 14).



No modelo de custos irreversíveis, os dois preços podem diferir devido a imperfeições no mercado e, no caso do preço relativo (P_w/P_d) se encontrar dentro da banda de histerese, não haverá incentivo para exportar ou para aumentar as exportações em caso de depreciação da moeda. A figura 15 representa uma situação em que não há exportações, embora o preço mundial (expresso em moeda nacional) seja superior ao preço interno.

Por outro lado, a ocorrência de choques na procura interna poderá não ter efeito sobre as exportações se aqueles não forem suficientemente fortes para atirar o preço relativo para fora da banda. Deste modo, se a hipótese de histerese for correcta, é de esperar que a procura interna não constitua uma variável significativa do ponto de vista econométrico.



A outro nível, é provável que uma maior importância da estrutura de mercado de uma indústria na explicação do comportamento das exportações seja também um indício de existência de histerese, como também o pode ser uma fraca reacção das exportações a medidas tarifárias de incentivo ou ainda a ocorrência de práticas de *dumping*.

Um outro sintoma de que existe histerese é dado pela existência de um grau limitado de *exchange rate pass-through* e também pela ocorrência de uma quebra nessa relação.

O desenvolvimento teórico no domínio dos modelos de custos irreversíveis / histerese não tem sido acompanhado pela construção de testes empíricos adequados e suficientemente potentes. Daí que sejam escassos os estudos empíricos nesta área. Os problemas práticos são, como referem Baldwin e Krugman [1989], quer de ordem técnica, quer de qualidade dos dados disponíveis.

No plano técnico, por exemplo, os efeitos dinâmicos gerados pelos modelos não são captados pelas representações econométricas habituais usando estruturas de desfasamentos de coeficientes fixos.

Quanto aos dados, são requeridas séries muito longas para se poderem captar os choques verdadeiramente 'histeréticos', necessidade que colide com o facto de a recente vigência do regime de câmbios flexíveis ter uma história de cerca de duas

décadas. Por outro lado, e como os efeitos são, certamente, mais evidentes a um nível de desagregação elevado, os testes requerem um conjunto de séries temporais (de quantidades e de preços), relativas a um grande número de produtos e aos seus mais próximos substitutos, que não se encontram facilmente disponíveis.

Nesta parte do trabalho, os testes empíricos vão ser, numa primeira fase, orientados para a identificação de fenómenos cuja ocorrência seja a esperada à luz da teoria. Todavia, são testes com pouca potência quanto à confirmação da hipótese de que tais fenómenos sejam devidos à existência de histerese. Já os testes aplicados nos pontos 7 e 8 foram propostos por Parsley e Wei [1994] especificamente para testar a hipótese de histerese e a hipótese da influência da incerteza sobre a banda, respectivamente.

O primeiro teste consistiu em verificar a validade da teoria da paridade dos poderes de compra, uma vez que, de acordo com a hipótese de histerese, são de esperar desvios significativos naquela relação. Adicionalmente, procurou-se detectar se a hipótese de que a taxa de câmbio segue um movimento browniano geométrico é, nalguma medida, confirmada empiricamente.

O segundo teste consistiu na estimação econométrica de uma função de exportações com base num modelo ADL (*Auto-Regressive Distributed-Lag Model*) ou ARMAX para as exportações agregadas. O objectivo foi o de se procurarem identificar quebras de estrutura que pudessem, de alguma forma, ser associadas à verificação da teoria. Tradicionalmente, a modelização da função de exportações tem sido menos bem sucedida do que a da função de importações. As dificuldades em testar empiricamente o modelo de custos irreversíveis aumentam consideravelmente quando se usam dados agregados para as exportações, uma vez que os potenciais efeitos de histerese se encontram mais dissimulados pela agregação, sendo, portanto, mais difícil a detecção de quebras de estrutura relacionadas com a hipótese teórica.

O terceiro teste consistiu na estimação da função de exportações com inclusão de uma variável construída especificamente para estudar a hipótese de assimetria que se encontra subjacente aos modelos de custos irreversíveis.

O quarto teste baseou-se na estimação de um modelo estrutural da função de exportações através do filtro de Kalman e na modelização GARCH da volatilidade

da taxa de câmbio real, e foi desenvolvido com o objectivo de testar o impacto da volatilidade sobre a banda de histerese.

As variáveis utilizadas foram as seguintes:

ex → exportações totais a preços constantes de 1990 (logaritmo); fonte: INE, Contas Nacionais Trimestrais;

t → tendência temporal determinística;

reer → taxa de câmbio real efectiva (logaritmo); construída com base nos seguintes elementos: taxa de câmbio nominal efectiva (NEER) relativa a 18 países industriais (fonte: DBBK, 1972=100); índice de preços no consumidor para Portugal (P) (fonte: EUROSTAT, 1985=100); índice geral de preços no consumidor para 16 países industriais (P*) (fonte: IMF, IFS), 1985=100); os dados estão exprimidos em termos de unidades de moeda externa por escudo, pelo que um acréscimo do índice traduz uma apreciação real do escudo;

neer → $\ln(\text{NEER})$

p → $\ln(P)$

p* → $\ln(P^*)$

pe → índice de produção industrial dos países da OCDE (logaritmo); fonte: OECD, 1985=100;

pi → despesa interna a preços constantes de 1990 (logaritmo); fonte: INE, Contas Nacionais Trimestrais.

5. Teste à Teoria da Paridade dos Poderes de Compra

Na sua versão menos restritiva, a teoria da paridade dos poderes de compra (PPC) afirma que os movimentos da taxa de câmbio reflectem, acima de tudo, a divergência entre as taxas de inflação interna e externa ou, dito de outro modo, a taxa de câmbio real evolui de acordo com uma trajectória tendencialmente estável.

Neste ponto, vai estudar-se, para o caso português, a possível existência de estacionaridade na tendência temporal da taxa de câmbio real através da realização de testes de cointegração no âmbito de dois modelos, ambos em logaritmos (ver Rogoff [1995]):

- um modelo onde se impõe uma restrição de simetria aos parâmetros dos preços:

$$\text{neer} = \alpha + \beta (p^* - p) + \varepsilon$$

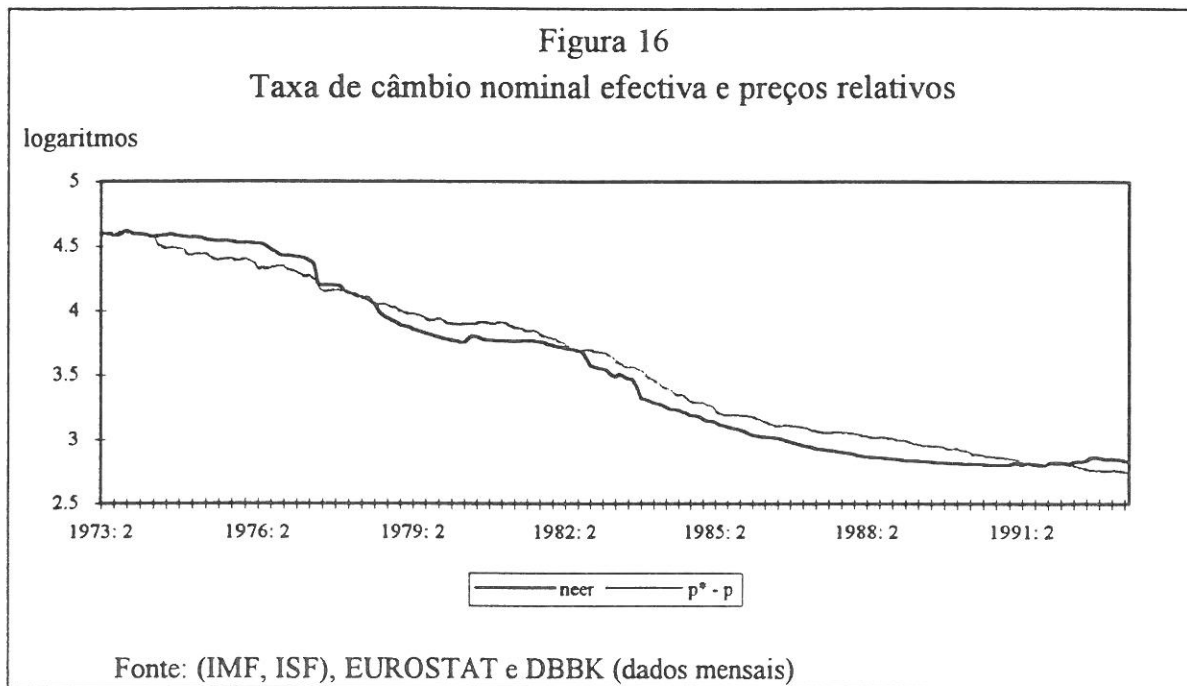
onde neer é a taxa de câmbio nominal efectiva, p^* é o índice de preços externos e p é o índice de preços interno, todas as variáveis expressas em logaritmos; ε é uma variável aleatória.

- e um modelo que corresponde à taxa de câmbio real, tal como ela é habitualmente formulada:

$$\text{neer} - (p^* - p) = \varepsilon$$

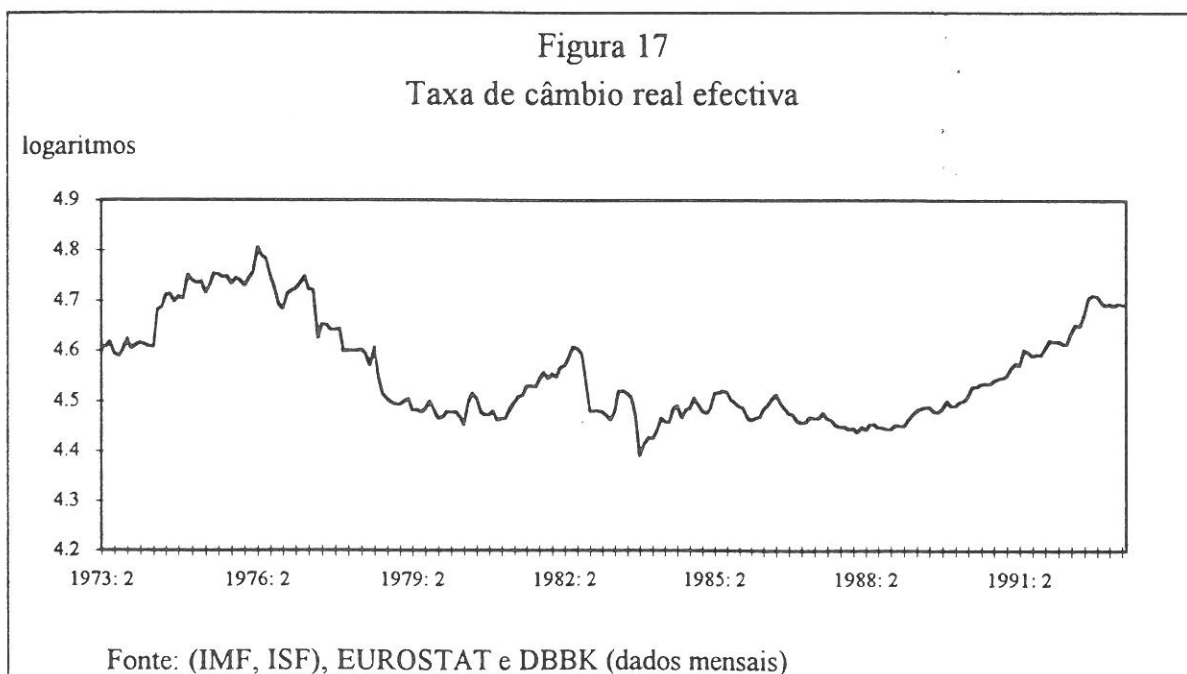
Os testes foram realizados para uma amostra de dados mensais compreendidos entre 1973:1 e 1993:2.

A comparação, na figura 16, entre a taxa de câmbio nominal efectiva (neer) e os preços relativos ($p^* - p$), fornece uma primeira ideia sobre se a PPC é empiricamente suportada pelos dados (a taxa de câmbio está expressa em unidades de moeda estrangeira por unidade de moeda nacional, pelo que uma diminuição corresponde a uma depreciação da moeda).



Conforme se constata, ambas as variáveis exibem um comportamento semelhante, embora longe de ser coincidente.

Adicionalmente, a representação gráfica da taxa de câmbio real mostra uma série temporal que provavelmente não é estacionária (figura 17).



Previamente aos testes de cointegração, procedeu-se ao estudo da estacionaridade das séries da taxa de câmbio nominal e do índice de preços relativos, com vista à determinação das respectivas ordens de integração. Para o efeito, foram utilizados os testes DF ou ADF²⁴.

Para testar a existência de raiz unitária nas séries em nível, procedeu-se à estimação da seguinte regressão com inclusão de tendência:

$$\Delta x_t = c + b \cdot t + \delta_0 \cdot x_{t-1} + \sum_{i=1}^k \delta_i \cdot \Delta x_{t-i} + u_t$$

Os valores críticos da estatística t correspondente a δ_0 (t_δ) são os da tabela de Mackinnon [1991].

Para testar a existência de raiz unitária nas séries em primeiras diferenças, Δx_t , procedeu-se à estimação da seguinte regressão, sem inclusão de tendência.

$$\Delta^2 x_t = c + \delta_0 \cdot \Delta x_{t-1} + \sum_{i=1}^k \delta_i \cdot \Delta^2 x_{t-i} + u_t$$

Na aplicação dos testes DF ou ADF, o comprimento do *lag* autoregressivo foi escolhido de acordo com o menor valor assumido pela estatística Q para autocorrelações até 12 *lags* (em alternativa, experimentou-se uma regra baseada no critério AIC - regra AIC2, proposta por Pantula, Gonzalez-Farias e Fuller [1994] - que sugeriu valores inferiores para k; no entanto, as conclusões sobre a ordem de integração das variáveis estudadas não sofriram alteração).

Relativamente à taxa de câmbio nominal efectiva, expressa em logaritmos, obtiveram-se os resultados constantes do quadro 8.

Conforme se verifica, a série em logaritmos é, de acordo com o teste ADF, claramente não estacionária, uma vez que a hipótese nula de existência de raiz unitária não pode ser rejeitada (a estatística $t_\delta = -0,066$ é inferior, em módulo, ao valor crítico -3,43). Em relação à série em primeiras diferenças, a hipótese nula de não estacionaridade pode ser rejeitada, donde se conclui estar-se perante uma série integrada de ordem 1 [I(1)].

²⁴ Ver Anexo 2.

Quadro 8
 Teste de raiz unitária à taxa de câmbio nominal efectiva

Série em logaritmos		
	Estatística	Valor crítico (5%)
ADF (6)	-0,066	-3,43
Série em 1 ^{as} diferenças		
	Estatística	Valor crítico (5%)
ADF (5)	-4,597	-2,87

Fazendo o mesmo tipo de testes para a série de preços relativos, obtiveram-se os resultados constantes do quadro 9.

Uma vez que a série de preços relativos possui ordem de integração idêntica à da taxa de câmbio nominal efectiva, os testes de cointegração são aplicáveis.

Quadro 9
 Teste de raiz unitária ao índice de preços relativos (P^*/P)

Série em logaritmos		
	Estatística	Valor crítico (5%)
ADF (5)	-0,35	-3,43
Série em 1 ^{as} diferenças		
	Estatística	Valor crítico (5%)
ADF (5)	-5,94	-2,87

Na realização dos testes de cointegração utilizaram-se os métodos de Engle-Granger e o de Johansen²⁵, cujos resultados, obtidos para o modelo $neer = \alpha + \beta (p^* - p) + \varepsilon$, se encontram nos quadros 10 e 11, respectivamente.

Quadro 10
Método de Engle-Granger

	Valor	Valor crítico (5%)
β	1,07	-
ADF (1)	-1,1	-3,36

Quadro 11
Método de Johansen

	Valor	Valor crítico (5%)
β	$r = 0$	1,27
	$r \leq 1$	0,64
valores	17,68	15,67
próprios	2,66	9,24
traço		20,33
		2,66

Os resultados obtidos a partir da aplicação do método de Engle-Granger apontam para a não existência de cointegração entre as variáveis com base no vector de cointegração estimado, uma vez que o teste de raiz unitária aplicado aos resíduos da regressão concluiu pela sua não estacionaridade²⁶ (quadro 10).

²⁵ Ver Anexo 2.

²⁶ O teste de raiz unitária aplicado aos resíduos baseou-se na estimação de uma regressão de teste sem constante e sem tendência (ver Anexo 2).

Da aplicação do método de Johansen (em que foi utilizado um modelo VAR com uma estrutura autoregressiva de ordem 8), constata-se, por outro lado, que, dos dois vectores de cointegração encontrados, apenas um é aceite.

Com efeito, quer pelo teste baseado nos valores próprios, quer pelo teste baseado no traço, conclui-se pela rejeição da hipótese nula de que não existe nenhum vector de cointegração ($r = 0$), uma vez que ambas as estatísticas (17,68 e 20,33) são superiores aos respectivos valores críticos (15,67 e 19,96). Por outro lado, aceita-se a hipótese nula de que existe apenas um vector de cointegração ($r \leq 1$) (quadro 11).

O valor do coeficiente β correspondente ao vector de cointegração aceite (1,27) afasta-se, contudo, do que é preconizado pela teoria da paridade dos poderes de compra (nos quadros 10 e 11 mostram-se apenas os valores relativos a este coeficiente).

No caso do modelo mais simples, representado pela taxa de câmbio real tal como é vulgarmente calculada [$neer - (p^* - p) = \epsilon$], realizaram-se os habituais testes de raiz unitária (quadro 12).

Da leitura dos resultados conclui-se que a taxa de câmbio real é integrada de ordem 1, ou seja, é não estacionária. Também neste caso, a validade da PPC não é confirmada.

O cálculo adicional das estatísticas Φ_2 e Φ_3 (propostas por Dickey e Fuller [1981]) permite obter uma indicação sobre o tipo de processo estocástico que gera a série temporal em causa. As estatísticas Φ_2 e Φ_3 são as estatísticas-F usadas para testar a nulidade conjunta de c , b e δ_0 e de b e δ_0 , respectivamente. Para Φ_3 , a hipótese nula é a existência de tendência estocástica e a ausência de tendência temporal determinística. Com Φ_2 , testa-se também a existência de *drift*.

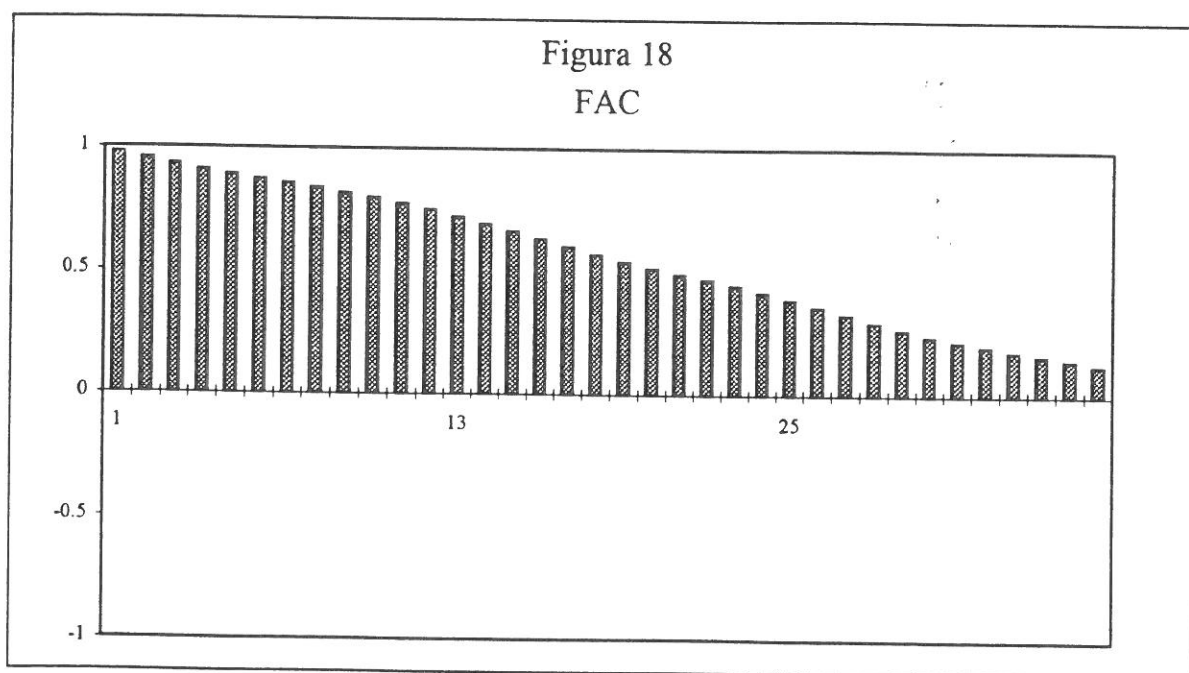
Os valores críticos relativos às estatísticas Φ_2 e Φ_3 são dados, respectivamente, pelas tabelas V e VI em Dickey e Fuller [1981].

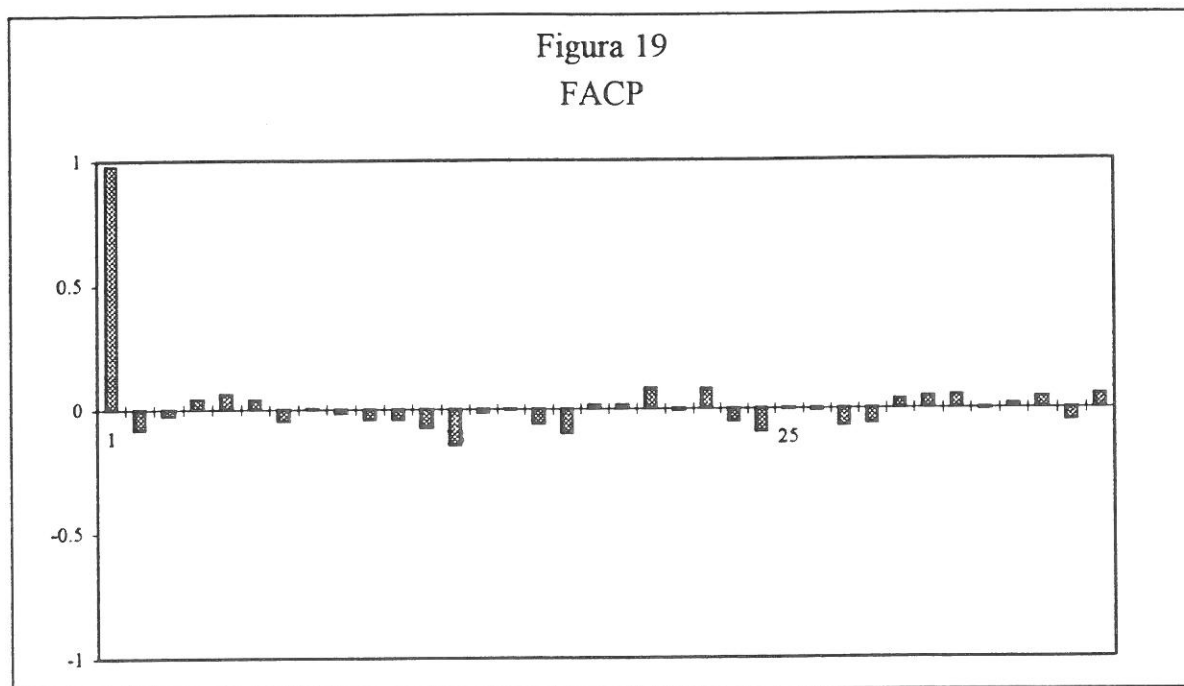
A análise das estatísticas Φ_2 e Φ_3 indica, neste caso, ser provável que a taxa de câmbio real efectiva siga um passeio aleatório sem *drift*, uma vez que, em ambos os casos, se aceita a hipótese de nulidade conjunta dos respectivos parâmetros.

Quadro 12
 Teste de raiz unitária à taxa de câmbio real

Série em logaritmos		
	Valor	Valor crítico (5%)
Φ_2	0,69	6,12
Φ_3	0,997	6,34
ADF (1)	-0,95	-3,43
Série em 1 ^{as} diferenças		
	Valor	Valor crítico (5%)
DF	-14,2	-2,87

Adicionalmente, procedeu-se ao estudo da série com base na metodologia de Box-Jenkins, chegando-se a idênticas conclusões quanto à sua não estacionaridade. A FAC e a FACP da série da taxa de câmbio real encontram-se representadas nas figuras 18 e 19.





Conforme se verifica, o comportamento de ambas as funções é típico de uma série não estacionária. A FAC tende lentamente para zero e a FACP apresenta um primeiro valor muito elevado.

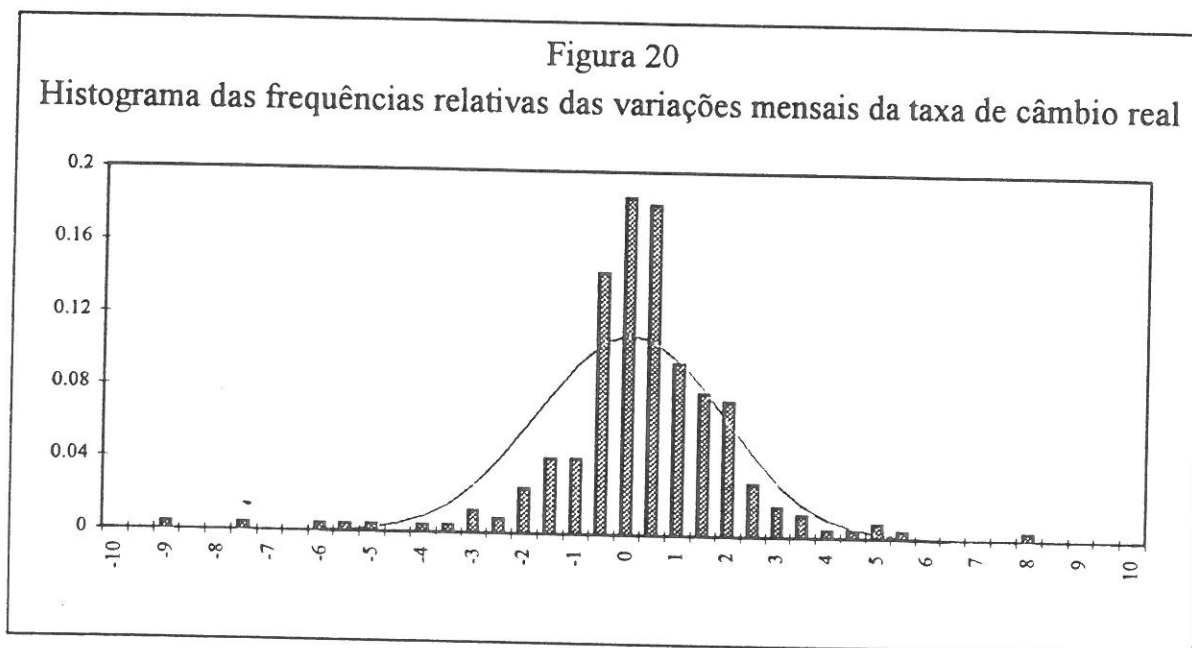
As características estatísticas das variações mensais (em percentagem) da taxa de câmbio real são, por sua vez, as seguintes:

Máximo	7,76
Mínimo	- 9,18
Média	0,052
Desvio-padrão	1,80
Skewness	- 0,70
Kurtosis	5,81

verificando-se que a distribuição da variação do logaritmo da taxa de câmbio real não apresenta as características típicas de uma distribuição normal o que, de certo modo, contraria a hipótese subjacente ao movimento browniano geométrico. Com

efeito, o *skewness* e a *kurtosis* assumem valores que se afastam dos valores *standard* de 0 e -3, respectivamente.

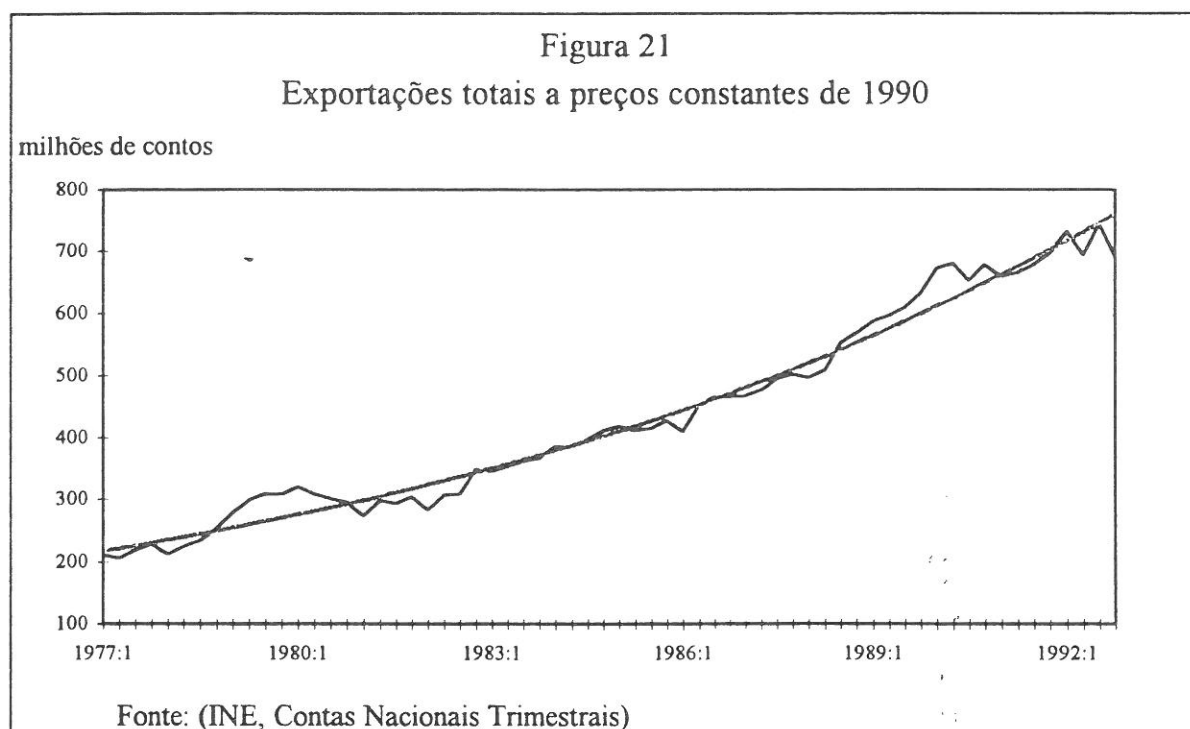
A representação gráfica conjunta do histograma das frequências relativas e da função de distribuição normal confirma essa ideia (figura 20).



6. Teste à permanência de estrutura da função de exportações tradicional

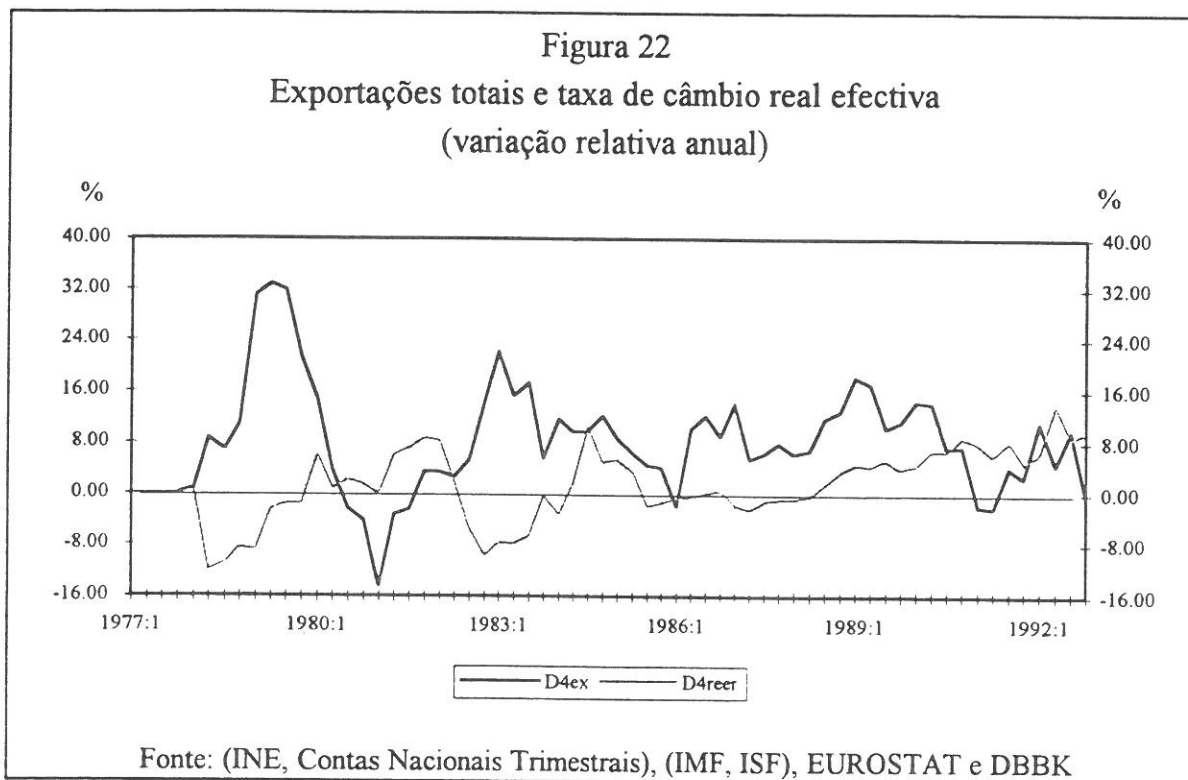
Com base na leitura da figura 4 do ponto 1, foram identificados períodos claramente diferenciados no que diz respeito à ligação entre a taxa de câmbio real e a balança comercial. Neste ponto, a ênfase irá ser colocada ao nível do comportamento das exportações.

Ao longo do período em análise, as exportações em volume registaram uma tendência clara de crescimento, embora com ritmos diferenciados (figura 21).



Da observação da figura 22, ressalta, de novo, a ideia da ocorrência de uma quebra de estrutura na relação entre a taxa de câmbio real e o comportamento da taxa de crescimento das exportações totais após 1983. É, assim, possível, que o choque cambial ocorrido neste ano tenha tido um efeito de histerese em relação às exportações portuguesas.

No entanto, e de acordo com a teoria, é também verdade que a relativa estabilidade cambial observada durante a segunda metade da década de 80 seria um factor susceptível de mitigar os efeitos de histerese no comércio externo português.



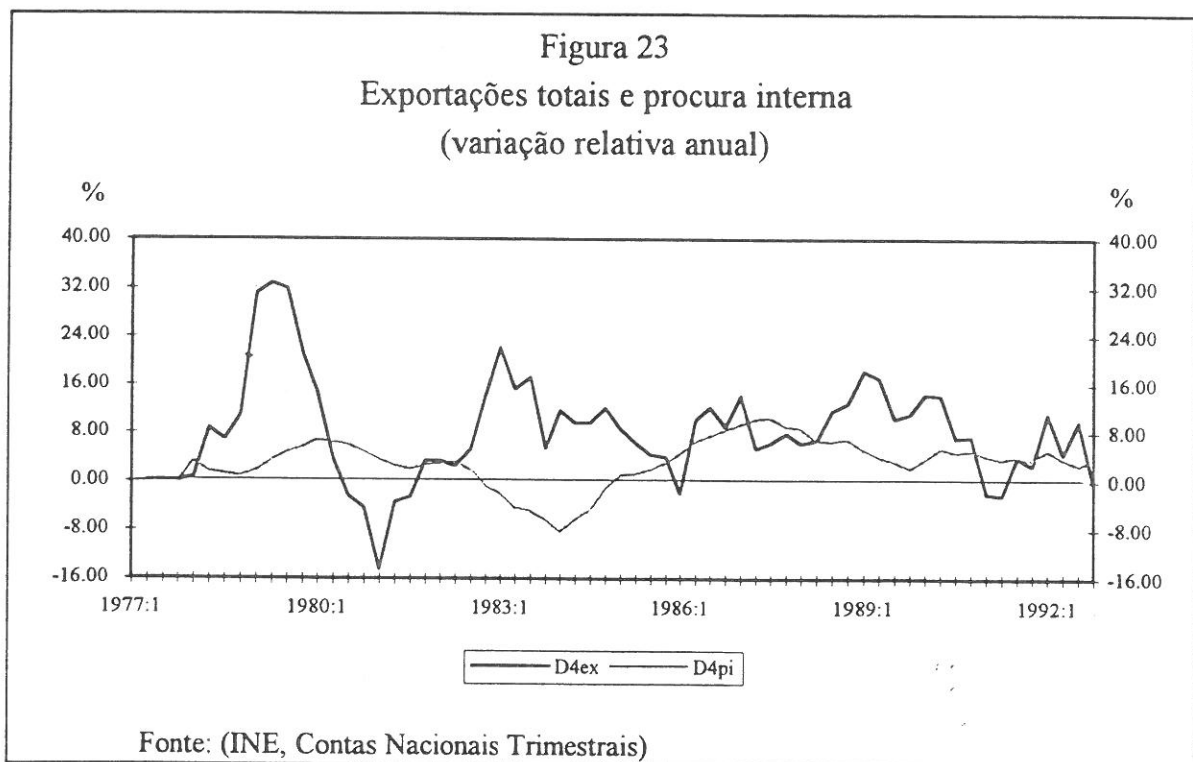
Por outro lado, e de acordo com Cunha e Machado [1992], na história da política cambial das duas últimas décadas podem identificar-se dois períodos distintos, separados pela forte desvalorização ocorrida em 1983. O primeiro foi marcado por uma evidente instabilidade cambial e o segundo por uma gradual estabilidade cambial, com uma tendência de desvalorização até 1990 e de sustentação do valor do escudo desde essa altura e até 1993.

Deste modo, toda a análise que se irá desenvolver neste ponto irá explorar essa descontinuidade temporal, com vista ao estudo de potenciais quebras de estrutura ao nível da função de exportações.

Há, obviamente, outros factores, para além da taxa de câmbio, susceptíveis de condicionar o comportamento das exportações. Assim, uma redução da procura interna poderá gerar um efeito de substituição entre o mercado interno e o mercado

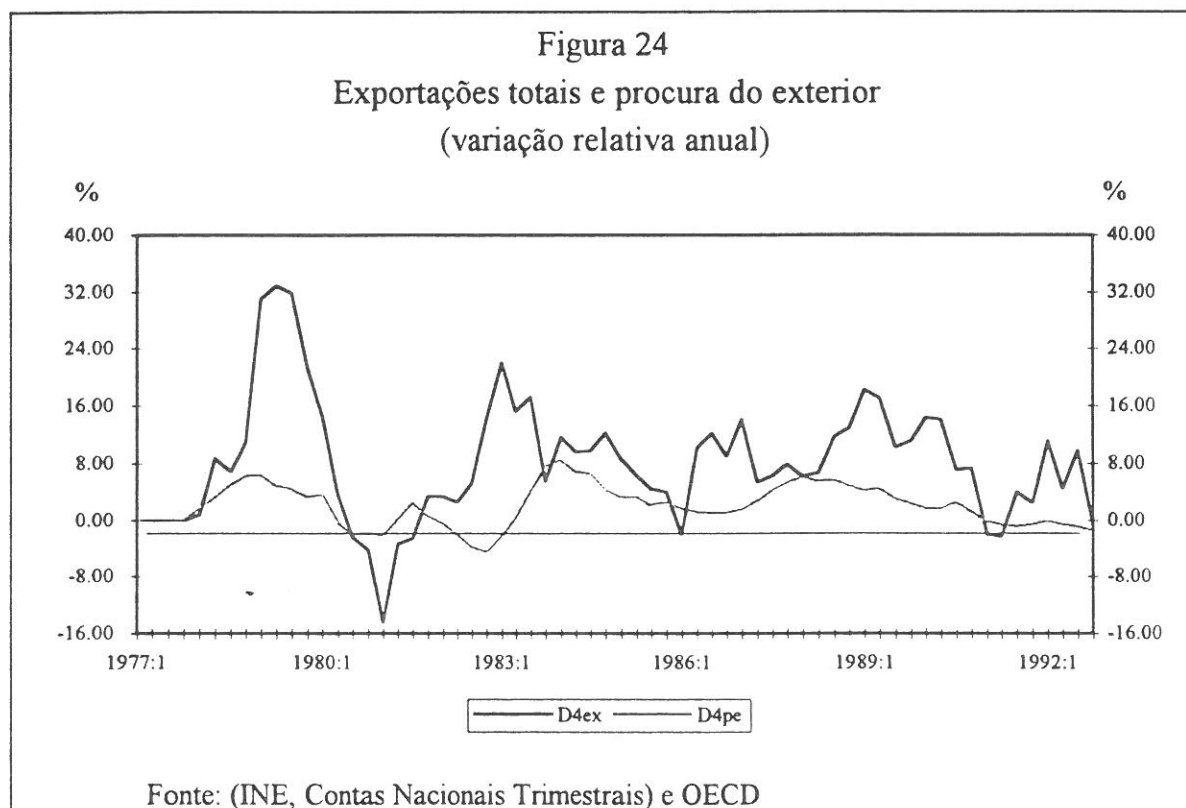
externo. A observação da figura 23, porém, parece não confirmar a existência desse efeito.

Outro factor importante a ter em conta é a procura dirigida do exterior. Como seria de esperar, existe uma correlação positiva entre a taxa de crescimento das exportações e o nível de actividade dos potenciais países importadores embora, em determinados períodos, de que é exemplo a mais recente recessão mundial, isso não seja imediatamente evidente (figura 24).



A evolução do nível de protecção tarifária e não-tarifária em relação ao comércio entre Portugal e o exterior não deixa, igualmente, de se fazer reflectir no comportamento das exportações. A adesão de Portugal à CEE, em 1986, trouxe a eliminação de diversas barreiras entre Portugal e o exterior, e contribuiu, sem dúvida, para o incremento das trocas comerciais, sendo, no entanto, curioso notar que a entrada na comunidade europeia coincidiu com uma queda pontual nas exportações portuguesas.

O procedimento empírico seguido neste ponto consistiu em estimar-se uma função de exportações clássica, com o objectivo de identificar a ocorrência de eventuais quebras de estrutura nos períodos cruciais acima referenciados.



Importa, antes de mais, notar, que o objectivo não foi o de estimar uma função de exportações para a economia portuguesa, nem tão pouco estimar uma função de exportações que incorpore os resultados teóricos gerados pelos modelos de custos irreversíveis / histerese. O que se irá fazer é, tão só, a estimação de uma função de exportações canónica que servirá de base à realização de testes que, de alguma forma, sirvam para identificar a existência ou não de histerese nas exportações.

Para o efeito, segue-se de perto o procedimento aplicado por Menzies e Heenan [1993] ao caso da economia australiana. A evolução das exportações australianas quando em confronto com a taxa de câmbio real mostra, tal como sucedeu no caso americano e no caso português, a existência de uma relação que nem sempre está de acordo com o que predizem as teorias tradicionais. Ao longo do período estudado por estes autores (1970-1991), destaca-se o período com início em 1986/1987

durante o qual se verificou uma situação de crescimento sustentado das exportações, isto apesar dos subsequentes períodos de apreciação real que a moeda australiana sofreu desde então.

Os testes realizados para o caso australiano mostraram que a depreciação histórica de meados dos anos 80 parece, de facto, ter contribuído para que as empresas se dispusessem a suportar custos irreversíveis, exportando pela primeira vez.

Relativamente ao caso português, e para a realização dos testes pretendidos, a amostra inicial (1977:1 a 1992:4, dados trimestrais) foi partida em duas subamostras, fazendo-se coincidir o momento de cisão com o período em que se consumou uma forte desvalorização cambial do escudo (1983:3). Adicionalmente, estimou-se uma função de exportações para a amostra completa, procurando-se identificar quebras de estrutura, por um lado através de testes baseados no *recursive OLS* e no *rolling OLS* e, por outro lado, através de um teste à significância estatística de uma variável *dummie*, construída de modo a captar a quebra de estrutura preconizada pela teoria.

O modelo de partida foi um modelo ADL com 4 variáveis explicativas (tendência, taxa de câmbio real, procura do exterior e procura interna) e 5 *lags* para cada variável. a fim de se encontrar um modelo aceitável para a realização dos testes pretendidos.

Antes de prosseguir, importa fazer duas observações prévias. Em primeiro lugar, o principal motivo da inclusão das variáveis, que não a taxa de câmbio, é, justamente, o de procurar isolar a contribuição da taxa de câmbio real para a explicação do comportamento das exportações. Em segundo lugar, e de acordo com os testes de raiz unitária aplicados, as variáveis do modelo são não estacionárias pelo que, como preconiza a moderna econometria, fez-se, igualmente, a estimação do modelo com base nas primeiras diferenças das variáveis tendo-se chegado a conclusões idênticas do ponto de vista dos testes realizados; no entanto, e à semelhança do que fizeram, no seu trabalho, os autores acima citados, também, neste ponto, se optou pela apresentação das estimações realizadas com variáveis em nível.

Em primeiro lugar, estimou-se a função para a primeira subamostra (1977:1 a 1983:2). A realização de diversos testes, nomeadamente testes de eliminação de

parâmetros através de combinações cruzadas de variáveis e *lags*, conduziu a uma redução substancial do modelo de partida. O resultado final foi o seguinte:

Modelo 1

$$\text{ex} = 4,71 + 0,0057 t + 0,62 \text{ex}(-1) - 0,58 \text{reer}$$

(3,36) (2,24) (4,85) (-2,76)

$$R^2 = 0,93 \quad \text{SEE} = 0,047 \quad \text{DW} = 2,23 \quad h = -0,76 \quad (p\text{-value} = 0,45) \quad \text{AR}(4) = 5,75 \quad (p\text{-value} = 0,22) \\ \text{NORM}(2) = 0,96 \quad (p\text{-value} = 0,62) \quad \text{HET}(1) = 0,27 \quad (p\text{-value} = 0,6) \\ \text{CH}(4) = 8,9 \quad (p\text{-value} = 0,063)$$

Amostra: 1977:1 a 1983:2, dados trimestrais

em que todas as variáveis estão expressas em logaritmos (os coeficientes estimados correspondem, deste modo, a elasticidades). Os testes de diagnóstico têm o seguinte significado: os valores entre parêntesis, sob os coeficientes, são os da estatística *t*; R^2 é o coeficiente de determinação; SEE é o erro padrão da equação; DW é a estatística de Durbin-Watson; *h* é a estatística *h* de Durbin; AR(.) é o teste do multiplicador de Lagrange (LM) à existência de autocorrelação até à ordem 4; NORM(.) é o teste LM à normalidade dos resíduos e é baseado na respectiva *skewness* e *kurtosis*; HET(.) é o teste LM à existência de heteroscedasticidade; e CH(.) é o teste de Chow à estabilidade dos coeficientes da regressão, na versão LM.

Considerando um nível de significância de 5%, o valor do teste de Chow aponta para a existência de uma quebra de estrutura ao considerarem-se as observações adicionais relativas à segunda subamostra.

Por outro lado, a estimação da função para a subamostra com início em 1983 conduz, usando a mesma metodologia, a uma equação substancialmente diferente da primeira, quer em termos de variáveis, quer de valores dos parâmetros. Como se esperava, a variável taxa de câmbio real apresenta um valor bastante mais baixo do que no primeiro caso e, sobretudo, mostra-se estatisticamente não significativa.

Modelo 2

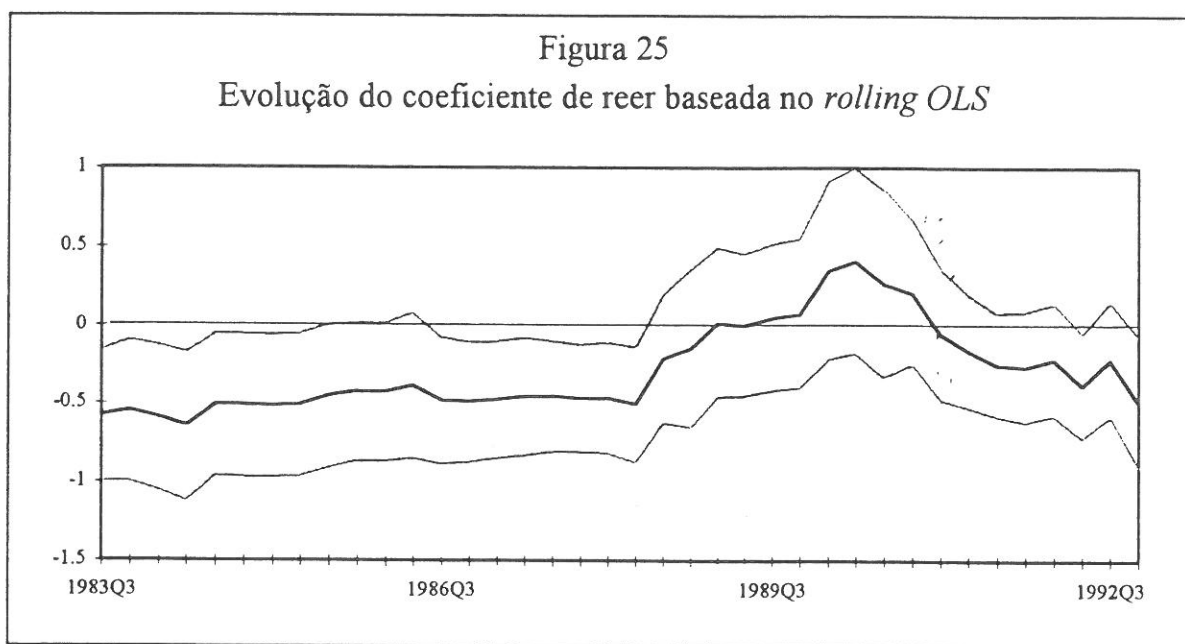
$$\text{ex} = 0,0042 t + 0,58 \text{ex}(-1) + 0,52 \text{pe}$$

(2,68) (4,47) (3,26)

$R^2 = 0,98$ $\text{SEE} = 0,032$ $\text{DW} = 2,28$ $h = -1,45$ ($p\text{-value} = 0,15$) $\text{AR}(4) = 3,17$ ($p\text{-value} = 0,53$) $\text{NORM}(2) = 1,38$ ($p\text{-value} = 0,5$) $\text{HET}(1) = 1,15$ ($p\text{-value} = 0,28$)

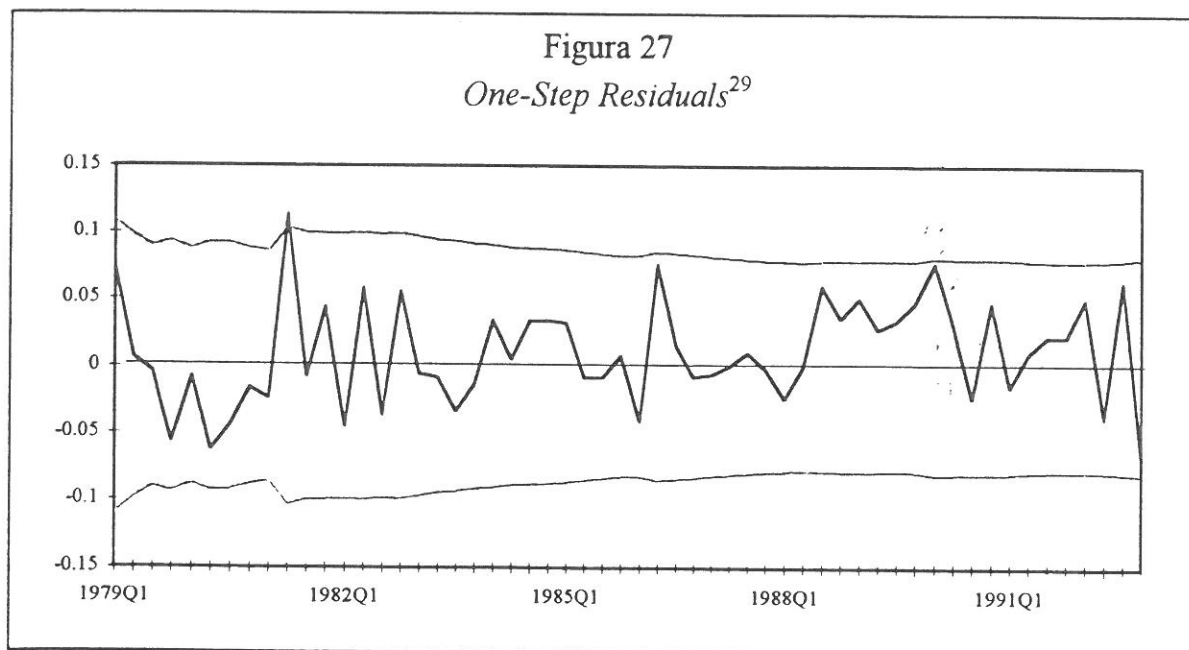
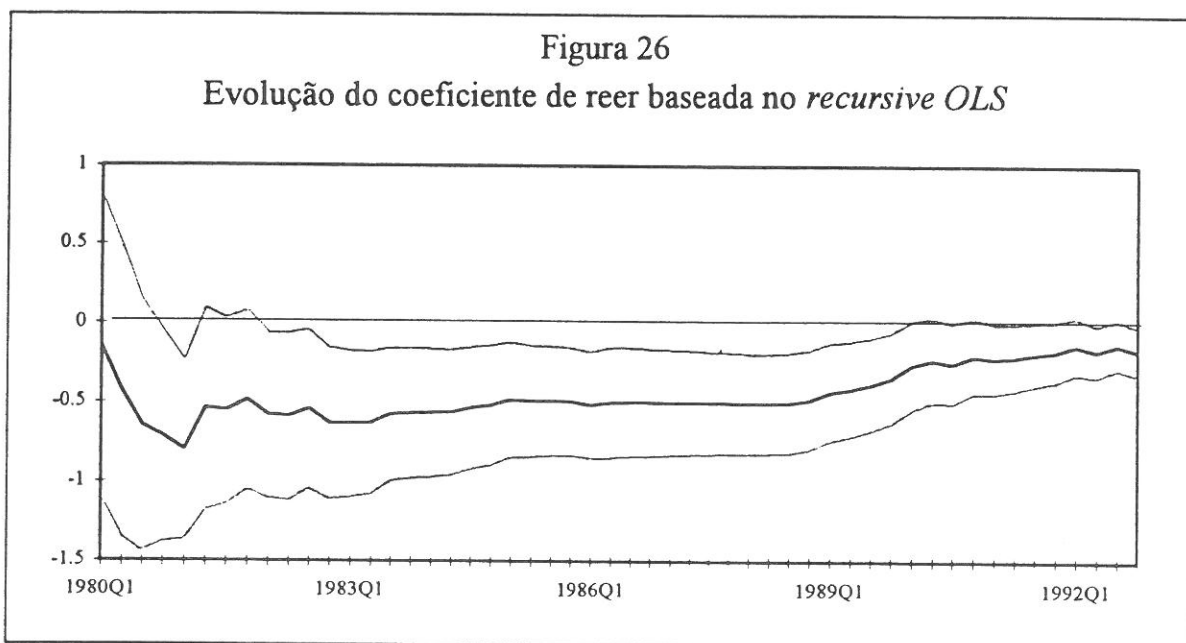
Amostra: 1983:3 a 1992:4, dados trimestrais

A estimação do modelo 1 pelo *rolling OLS* (para conjuntos de 26 observações)²⁷ confirma a existência de uma forte sensibilidade do coeficiente da taxa de câmbio real, à medida que se consideram conjuntos diferentes de 26 observações, sinal evidente de ausência de permanência de estrutura ao longo do período (figura 25). Constata-se, por exemplo, que a taxa de câmbio real chega a possuir, em certos períodos, um coeficiente positivo.



²⁷ O *rolling OLS* consiste na estimação da equação dada para conjuntos de n observações (n constante), com o início sucessivamente desfasado para o período seguinte.

Por sua vez, a estimação pelo *recursive OLS*²⁸ não permite tirar conclusões seguras sobre a origem temporal dessas quebras de estrutura (figuras 26 e 27).



²⁸ O *recursive OLS* parte da estimação da equação dada com uma amostra de dimensão no mínimo igual ao número de variáveis explicativas, e vai reestimando a equação acrescentando, sucessivamente, uma observação até o período da amostra estar completo.

²⁹ O *one-step-residuals* é construído a partir dos resultados do *recursive OLS*, e reflecte o comportamento dos resíduos ao longo do tempo (cada resíduo refere-se ao último período de cada amostra).

A figura 26, mostra, de novo, a ausência de estabilidade do coeficiente da taxa de câmbio real à medida que vão sendo acrescentadas sucessivas observações.

Para testar a existência de quebra de estrutura associada a um dado momento do tempo, Menzies e Heenan [1993] propuseram a inclusão, na função de exportações, de uma variável representando uma tendência quebrada, a fim de testar a sua significância estatística. A estimação da função para o período completo da amostra forneceu os seguintes resultados:

Modelo 3

$$\text{ex} = 3,29 + 0,005 t + 0,66 \text{ex}(-1) - 0,32 \text{reer} - 0,0036 (t - 26) D$$

(4,47) (2,77) (7,52) (-3,26) (2,3)

$$R^2 = 0,99 \quad \text{SEE} = 0,039 \quad \text{DW} = 2,18 \quad h = -1 \quad (p\text{-value} = 0,32) \quad \text{AR}(4) = 6,5 \quad (p\text{-value} = 0,16) \quad \text{NORM}(2) = 0,47 \quad (p\text{-value} = 0,79) \quad \text{HET}(1) = 2,26 \quad (p\text{-value} = 0,13)$$

Amostra: 1977:1 a 1992:4, dados trimestrais

em que $(t - 26) D$, que se conclui ser estatisticamente significativa, é uma variável construída para captar uma quebra de tendência a partir da observação 27 (com a variável *dummie* D a assumir o valor de zero até àquela observação e de um a partir dela).

7. Teste à hipótese de histerese

De acordo com os modelos de custos irreversíveis / histerese, existe uma assimetria na forma como as decisões de entrada e saída são influenciadas por variações na taxa de câmbio. Assim, uma depreciação na sequência de outras depreciações terá um impacto diferente da mesma depreciação, quando esta seja precedida de sucessivas apreciações.

Pode captar-se este fenómeno através da seguinte variável, proposta por Parsley e Wei [1994]:

$$\psi = D \Delta reer \Delta 4reer$$

em que $\Delta reer$ é a variação, em um período, da taxa de câmbio real, $\Delta 4reer$ é a variação, em quatro períodos, da taxa de câmbio real (no pressuposto de que a informação contida na taxa de câmbio durante o último ano é suficiente para identificar efeitos de histerese) e D é uma variável que assume o valor de 1 quando $\Delta reer$ e $\Delta 4reer$ são ambos positivos, assume o valor de -1 quando $\Delta reer$ e $\Delta 4reer$ são ambos negativos e assume o valor de 0 nos restantes casos.

Pela forma como a variável ψ está construída, é de esperar que, quando inserida numa função de exportações, o coeficiente correspondente seja negativo e significativo do ponto de vista estatístico para que a hipótese de histerese seja confirmada.

Senão veja-se. Uma apreciação da moeda, ocorrida na sequência de apreciações sucessivas (ψ positivo), conduzirá à saída de empresas do mercado, com reflexos negativos sobre as exportações; pelo contrário, uma depreciação da moeda, ocorrida na sequência de depreciações sucessivas (ψ negativo), conduzirá à entrada de empresas no mercado, com reflexos positivos sobre as exportações. Quando a mais recente alteração da taxa de câmbio possuir um sinal oposto ao da variação acumulada dos últimos períodos, o valor de ψ é zero e não produz efeitos sobre as exportações, isto por via da assimetria de comportamentos decorrente da existência da banda de histerese.

Os resultados da estimação foram os seguintes (as variáveis estão todas expressas em 1ªs diferenças, de modo a assegurar a sua estacionaridade):

$$\begin{aligned} \Delta ex = & 0,023 - 0,24 \Delta ex(-1) - 0,19 \Delta ex(-3) - 0,55 \Delta greer(-3) + 0,42 \Delta pe + \\ & (3,5) \quad (-1,81) \quad (-1,47) \quad (-2,54) \quad (2,28) \\ & + 0,32 \Delta pe(-2) + 0,52 \Delta pe(-3) - 0,00016 \psi \\ & (1,98) \quad (2,6) \quad (-0,65) \end{aligned}$$

$$R^2 = 0,31 \quad SEE = 0,039 \quad DW = 2,03 \quad AR(4) = 5,75 \quad (p\text{-value} = 0,22) \quad NORM(2) = 0,037 \quad (p\text{-value} = 0,98) \quad HET(1) = 0,69 \quad (p\text{-value} = 0,41)$$

Como se verifica, o parâmetro da variável ψ é negativo, conforme esperado, mas não significativo do ponto de vista estatístico, não se confirmando, neste caso, a hipótese de histerese.

Parsley e Wei [1991, 1994] realizaram este teste para o caso do comércio bilateral dos EUA, quer do ponto de vista agregado, quer do ponto de vista sectorial e os resultados obtidos não suportam a teoria, com excepção de três produtos químicos importados do Canadá.

Numa apreciação global aos resultados obtidos até aqui, pode afirmar-se que se deu uma clara quebra de estrutura após a ocorrência da forte desvalorização de 1983, mas não se pode afirmar que tal facto se tenha ficado a dever à existência de efeitos de histerese.

8. Teste à hipótese da influência da incerteza sobre a dimensão da banda

O teste anterior destinou-se a averiguar se a hipótese de existência de histerese era plausível no caso português. O teste que se vai aplicar neste ponto destina-se a averiguar se existe influência da incerteza sobre a decisão de entrada e saída do mercado.

Uma das principais implicações da teoria, porventura a mais importante, é a de que a banda de histerese aumenta com a volatilidade da taxa de câmbio, ou seja, quanto maior for a volatilidade, maior é a probabilidade de as variações da taxa de câmbio serem vistas como transitórias e, por consequência, maior é o valor do custo de oportunidade de entrada no mercado.

Parsley e Wei [1994], tendo em conta o facto de a existência de histerese implicar a ocorrência de deslocamentos da curva de exportações (ver figura 13), propõem um teste que se destina a captar o tipo de ligação existente entre o comportamento do termo independente da função de exportações e as expectativas sobre a incerteza da taxa de câmbio por parte dos agentes económicos.

De modo a identificar a natureza estocástica do termo independente, aqueles autores propõem que a função de exportações seja estimada através do filtro de Kalman³⁰. Usando a técnica do *smoothing*, consegue-se obter uma série temporal para o termo independente.

O modelo estrutural proposto, que define completamente o modelo de regressão estocástico é, na sua forma genérica, o seguinte:

$$y_t = \mu_t + z_t' \delta + \varepsilon_t \quad (1)$$

$$\mu_t = \mu_{t-1} + \eta_t \quad (2)$$

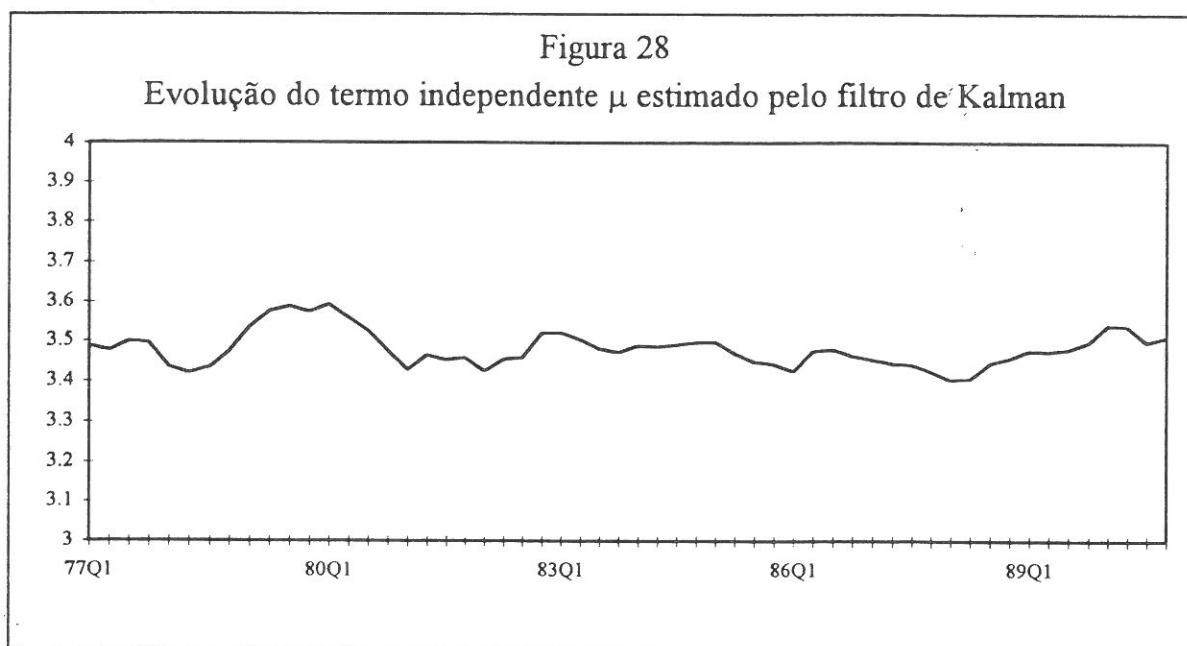
$$\begin{bmatrix} \varepsilon_t \\ \eta_t \end{bmatrix} \cap N \left[0, \begin{bmatrix} \sigma_\varepsilon^2 I_T & 0 \\ 0 & \sigma_\eta^2 I_T \end{bmatrix} \right] \quad (3)$$

³⁰ Ver Anexo 2.

Na equação (1), y_t é o logaritmo das exportações, z_t é um vector contendo as variáveis explicativas (taxa de câmbio real e procura do exterior, em logaritmos) e δ é o correspondente vector dos coeficientes (que se assumem ser não estocásticos). O parâmetro μ_t representa o termo independente (estocástico), que segue um processo do tipo passeio aleatório sem tendência (equação (2)) traduzindo a implicação de que as variações nas respostas das exportações à taxa de câmbio são estruturais na medida em que aquelas variações envolvam entrada e saída de empresas do mercado.

As restrições em (3) são impostas para a identificação do modelo: os resíduos das duas primeiras equações não apresentam autocorrelação, são mutuamente independentes e são normalmente distribuídos com média zero e variância constante.

Através da aplicação do filtro de Kalman estimam-se os coeficientes do modelo (δ , σ_ε^2 , σ_η^2) e a série temporal do termo independente μ_t . Esta última está representada graficamente na figura 28.



No que se refere à modelização das expectativas sobre a volatilidade da taxa de câmbio, vai-se usar, como *proxy* da incerteza, um ajustamento GARCH³¹ dos resíduos relativos a uma especificação, para a série da taxa de câmbio real, do tipo passeio aleatório com tendência. As estimativas para a volatilidade condicionada *ex-ante*, geradas por este procedimento, podem ser utilizadas para medir as expectativas, no pressuposto de que estas sejam formadas racionalmente.

Do ponto de vista operacional, a modelização GARCH é frequentemente problemática quando os dados são de periodicidade no mínimo mensal. Uma vez que a periodicidade dos dados disponíveis impõe que a série obtida para μ_t seja trimestral, a periodicidade da série de volatilidades terá, também ela, que ser trimestral. Uma possibilidade seria a de, a partir da modelização de dados mensais (disponíveis para a taxa de câmbio real), fazer a respectiva agregação. Todavia, os modelos GARCH não gozam das propriedades de agregação habituais e apenas se conhece um procedimento de agregação para o caso de o modelo de partida ser um GARCH(1,1).

A modelização da volatilidade da taxa de câmbio real (dados mensais) conduziu, no entanto, ao seguinte modelo GARCH(0,1):

$$dreer_t = \varepsilon_t \sigma_t$$

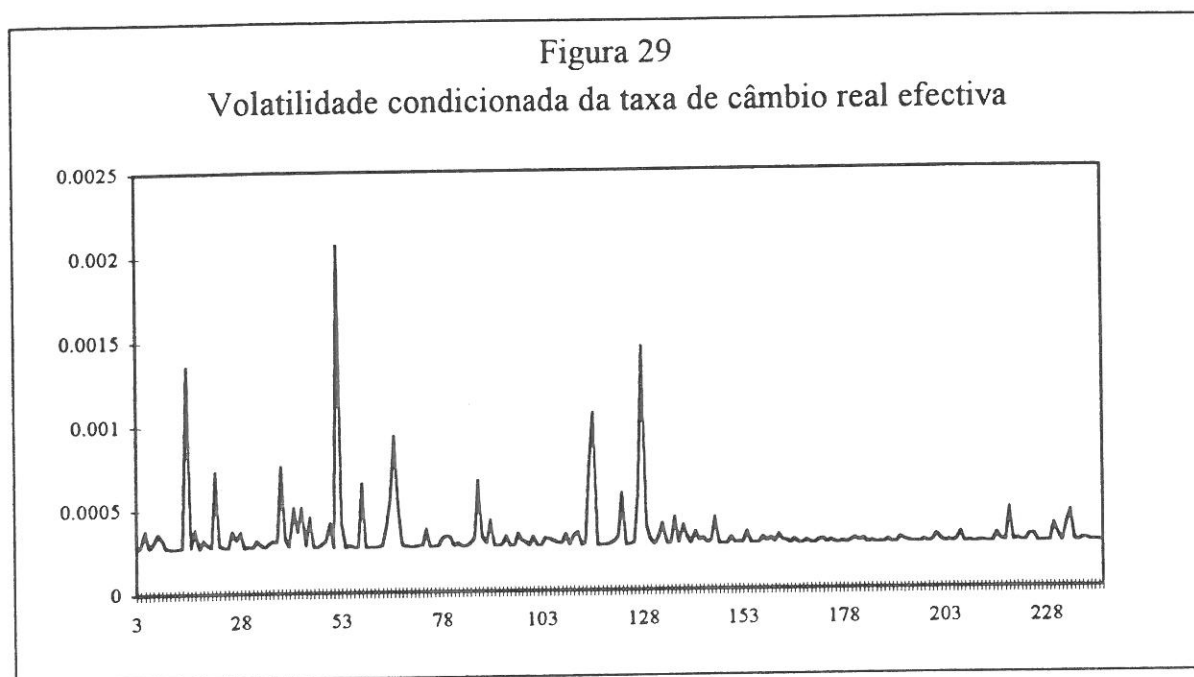
$$\hat{\sigma}_t^2 = 0,00027 + 0,19 \cdot \varepsilon_{t-1}^2$$

(21,38) (3,43)

em que ε_t é uma variável aleatória i.i.d. com média nula e variância unitária e σ_t é a volatilidade condicionada à informação disponível no momento $t-1$. Na figura 29, encontra-se representada graficamente a série de volatilidades condicionadas estimadas.

A solução seguida foi, assim, a de modelizar directamente a série trimestral, constituindo este procedimento, pelas razões indicadas, uma limitação adicional ao teste a implementar.

³¹ Ver Anexo 2.



O teste proposto consistiu, então, em relacionar as variações do termo independente da função de exportações com a série da volatilidade esperada da taxa de câmbio, através da equação:

$$|\Delta\mu_t| = \alpha + vE_t(\sigma_{t+1}) + \sum_{j=1}^m |\Delta\mu_{t-j}| + e_t \quad (4)$$

em que μ_t é o termo independente (estocástico) da função de exportações, $E_t(\sigma_{t+1})$ representa as expectativas sobre a volatilidade no período $t+1$ com a informação disponível no período t . O *lag* m é escolhido de modo a minimizar a autocorrelação dos resíduos.

De acordo com a teoria, o coeficiente v deve ser negativo, ou seja, é de esperar que um aumento da volatilidade reduza a magnitude das deslocações da função de exportações, uma vez que a banda de histerese se torna mais larga.

Os resultados da estimação econométrica da equação (4) foram os seguintes, com $m=2$:

$$\begin{aligned} \widehat{|\Delta\mu|} &= 0,02 - 0,83 \cdot E_t(\sigma_{t+1}) + 0,044 \cdot \widehat{|\Delta\mu_{t-1}|} + 0,088 \cdot \widehat{|\Delta\mu_{t-2}|} \\ &\quad (3,74) \quad (-0,32) \quad (0,32) \quad (0,66) \end{aligned}$$

$$DW = 1,97 \quad AR(4) = 6,25 \quad (p\text{-value} = 0,18)$$

Conforme se verifica, o sinal do coeficiente v é o esperado à luz da teoria embora o valor obtido não seja significativo do ponto de vista estatístico. Não se confirma, deste modo, a hipótese de que a volatilidade da taxa de câmbio real teve influência sobre a dimensão da banda de histerese (isto no pressuposto de que esta existe, o que, como se viu, também não foi confirmado pelo teste anterior).

Conclusões

No presente texto, procurou-se destacar a importância de uma recente abordagem, baseada na existência de custos irreversíveis, sobre as implicações da incerteza no comércio internacional e, em particular, no sector exportador.

Em concreto, foi a controvérsia gerada sobre as causas e os efeitos das oscilações da taxa de câmbio real do dólar durante a década de 80 que motivou o aparecimento de toda uma literatura procurando encontrar, a um nível microeconómico, explicação para a complexidade das ligações entre a taxa de câmbio real, a balança de transacções correntes e os preços. A conclusão mais importante que ressalta dessa literatura recente é a de que existe histerese no comércio internacional.

Em síntese, o que um modelo de custos irreversíveis / histerese faz é sublinhar que a irreversibilidade do investimento pode tornar o comércio internacional insensível às taxas de câmbio, particularmente quando estas são altamente voláteis.

A conjugação de factores como a irreversibilidade, a incerteza e a flexibilidade na tomada de decisões da empresa, associada à hipótese adicional de que a taxa de câmbio real segue um movimento browniano geométrico, permitiu explorar uma analogia entre as opções reais e as opções financeiras tornando, conseqüentemente, possível o tratamento analítico do modelo no quadro do procedimento de valorização de opções desenvolvido por Black-Scholes.

A existência de custos irreversíveis vai dar origem ao fenómeno conhecido por *beachhead effect*, que traduz a tendência para as empresas se manterem numa posição de inércia, pelo menos enquanto a taxa de câmbio se mantiver dentro de um certo intervalo, a banda de histerese. Dito de outro modo, as empresas exportadoras situadas no mercado estarão, por exemplo, dispostas a aceitar, dentro de certos limites, uma queda de preços decorrente de uma apreciação da moeda interna, exactamente como forma de não perderem a posição alcançada à custa de uma despesa irreversível.

O fenómeno de histerese significa também que, se a estrutura do comércio sofrer uma alteração provocada por uma dada variação cambial, o regresso à situação primitiva só terá lugar caso se dê uma variação da taxa de câmbio mais do que

proporcional e de sinal contrário. Daqui resulta que só grandes variações da taxa de câmbio são susceptíveis de modificar de forma sensível os fluxos de comércio internacional, particularmente quando a incerteza cambial é grande.

O simples papel dos custos irreversíveis pode, por si só, ajudar a explicar o motivo porque pequenas flutuações das taxas de câmbio não são susceptíveis de afectar o volume de comércio.

Mas é, sobretudo, a volatilidade das taxas de câmbio, na medida e no modo como influencia a dimensão da banda de histerese, que assume um papel crucial nas decisões de entrada e saída no mercado externo. Mais concretamente, ficou demonstrado, no plano teórico, que a volatilidade faz aumentar a dimensão da banda de histerese e faz, por esta via, potenciar uma situação de inércia no comércio internacional que a existência de custos irreversíveis, por si só, é susceptível de gerar.

Ficou, igualmente, demonstrado que a existência da banda de histerese gera assimetrias nas decisões de entrada e saída do mercado. Dada essa assimetria e, por outro lado, tendo em conta a rigidez das exportações perante variações da taxa de câmbio dentro da banda de histerese, é de esperar, não só a ocorrência de quebras de estrutura na relação entre as exportações e a taxa de câmbio, como também uma menor elasticidade-preço no caso de indústrias onde a importância dos custos irreversíveis e das assimetrias referidas é mais marcada.

Por outro lado, ao funcionar como um factor gerador de imperfeições e segmentação dos mercados, a existência da banda ajuda também a explicar os desvios à teoria da paridade dos poderes de compra e o grau limitado de *exchange rate pass-through* que os estudos empíricos evidenciam.

Mostrou-se, ainda, que, no plano microeconómico, as teorias baseadas no conceito de valor actual líquido e a teoria marshalliana do investimento podem ser vistas como casos particulares do modelo de custos irreversíveis / histerese, se não existir incerteza. Quando a incerteza existe, as regras de decisão derivadas destas teorias aparecem modificadas pela existência de um custo de oportunidade correspondente ao valor da opção de entrada no mercado.

Em contrapartida, as conclusões do modelo não incorporam a riqueza dos resultados obtidos das abordagens baseadas na diversificação de mercados num ambiente de incerteza. Todavia, o sentido dos efeitos estudados é basicamente o mesmo, embora por razões distintas, e a sua combinação parece, pois, reforçar a ideia de que a incerteza é susceptível de gerar barreiras à entrada e, conseqüentemente, limitar as oportunidades de arbitragem no comércio internacional.

A ausência de testes estatísticos de validade consolidada constitui uma das principais dificuldades com que se depara o trabalho empírico neste domínio, ainda num estágio de desenvolvimento muito inicial, sendo, por isso, escassos os estudos realizados nesta área.

Por outro lado, é muito provável que os resultados sejam mais ricos e conclusivos a um nível de desagregação sectorial relativamente elevado, uma vez que, devido à sobreposição de comportamentos distintos, os efeitos de histerese são susceptíveis de virem dissimulados pela agregação.

Os resultados da aplicação empírica efectuada para caso português revelaram a ocorrência de quebras de estrutura na função de exportações totais após a forte desvalorização de 1983.

Todavia, os testes específicos realizados, a um nível elevado de agregação dos dados, não foram conclusivos quanto à verificação da hipótese de que tal facto se tenha ficado a dever à existência de efeitos de histerese e à influência da volatilidade sobre a banda.

Anexo 1

Anexo 1

Este anexo contém algumas noções do cálculo estocástico utilizado no ponto 3.

1) Processos de Wiener

Um *processo de Wiener*, também designado por ruído branco gaussiano, é um *processo estocástico de Markov* em tempo contínuo e é, igualmente, um caso particular dos *movimentos brownianos*. Mais concretamente, se $z(t)$ é um processo de Wiener, então possui as seguintes propriedades:

- os seus incrementos são independentes e estacionários e podem ser descritos pela seguinte equação diferencial estocástica:

$$dz(t) = \varepsilon(t) \sqrt{dt}$$

onde $\varepsilon(t)$ é um ruído branco padrão, ou seja, em cada momento do tempo, é uma variável aleatória com distribuição normal de média nula e desvio padrão igual a 1:

$$E(\varepsilon) = 0$$

$$V(\varepsilon) = 1$$

$\varepsilon(t)$ é também serialmente não correlacionada, ou seja, $E(\varepsilon_t \varepsilon_s) = 0$, para $t \neq s$.

- dz é o incremento de um processo de Wiener, não correlacionado ao longo do tempo e satisfazendo, a cada instante:

$$E(dz) = 0$$

$$E(dz^2) = dt$$

2) Movimentos brownianos

Um processo estocástico $x(t)$ é um movimento browniano se o seu incremento for do tipo:

$$dx(t) = \mu(x,t) dt + \sigma(x,t) dz(t),$$

em que $dz(t)$ é o incremento de um processo de Wiener.

Dois casos particulares importantes de movimentos brownianos são:

- o movimento browniano simples ou passeio aleatório:

$$dx = \mu dt + \sigma dz$$

em que dx é normalmente distribuída, com:

$$E(dx) = \mu dt$$

$$V(dx) = \sigma^2 dt$$

e o movimento browniano geométrico com drift:

$$dx = \mu x dt + \sigma x dz$$

em que dx é lognormalmente distribuída e dx/x é normalmente distribuída, visto que é um movimento browniano simples.

3) Lema de Ito

Uma particularidade importante de um movimento browniano é que, sendo contínuo no tempo, não é diferenciável, visto que $dz/dt = \varepsilon(t) (dt)^{-1/2}$, o qual se torna infinitamente grande com dt infinitesimal.

Frequentemente é necessário diferenciar totalmente funções do processo estocástico $x(t)$, sendo o cálculo diferencial determinístico desajustado.

Quando o processo estocástico $\varepsilon(t)$ é utilizado como uma boa aproximação para um ruído branco em tempo discreto, o cálculo mais apropriado é o *cálculo de Ito*. Quando o processo estocástico $\varepsilon(t)$ é utilizado como uma boa aproximação para um ruído colorido em tempo contínuo, o cálculo mais apropriado é o *cálculo de Stratonovich*.

De acordo com o *Lema de Ito*, se $F(x,t)$ for uma função continuamente diferenciável duas vezes em ordem a x e uma vez em ordem a t , então o diferencial total de F é dado por:

$$dF = F_t dt + F_x dx + (1/2) F_{xx} (dx)^2$$

Na prática, é útil ter-se presente a seguinte tabela de regras de multiplicação:

	dz	dt
dz	dt	0
dt	0	0

No caso de uma função de duas variáveis, $F(x,y,t)$, a regra de diferenciação total, na interpretação de Ito, é dada por:

$$dF = F_t dt + F_x dx + F_y dy + 1/2 [F_{xx} (dx)^2 + F_{yy} (dy)^2 + F_{xy} (dx dy) + F_{yx} (dy dx)]$$

Para n variáveis, tem-se:

$$dF = \frac{\partial F}{\partial t} dt + \sum_i \frac{\partial F}{\partial x_i} dx_i + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \frac{\partial^2 F}{\partial x_i \partial x_j} dx_i dx_j$$

4) Trajectória temporal e valor esperado de uma variável seguindo um movimento browniano geométrico

Considere-se que x_t segue um movimento browniano geométrico traduzido pela equação diferencial estocástica seguinte:

$$dx = \mu x dt + \sigma x dz$$

O primeiro passo consiste na determinação da solução desta equação.

Trata-se de uma equação diferencial estocástica que pode também ser escrita na forma de uma soma de integrais. Utilizando a *interpretação de Ito*, vem:

$$x(t) = x(0) + \int_0^t \mu \cdot x(s) \cdot ds + \int_0^t \sigma \cdot x(s) \cdot dz(s)$$

em que o primeiro integral é um *integral de Riemann* e o segundo é um *integral de Ito*.

Como se trata de um processo que envolve, para dx/x , uma distribuição lognormal, a operação adequada para transformar a equação diferencial estocástica num movimento browniano simples é dada por:

$$F(t) = \ln x(t)$$

Sob certas condições, se $x(t)$ é uma *difusão*, $F(t) = \ln x(t)$ também o é. Se $F(t)$ for, no mínimo, diferenciável duas vezes em ordem a $x(t)$ e uma vez em ordem a t , então pode aplicar-se o *Lema de Ito* para se proceder à sua diferenciação:

$$dF = F_t dt + F_x dx + 1/2 F_{xx} (dx)^2$$

Neste caso concreto, tem-se:

$$F_t = 0, \quad F_x = 1/x, \quad F_{xx} = -1/x^2$$

donde:

$$dF = 0 dt + (1/x) dx + 1/2 (-1/x^2) (dx^2)$$

Por sua vez, e aplicando a regra de cálculo habitual para os movimentos brownianos, tem-se que:

$$(dx^2) = \sigma^2 x^2 dt$$

donde:

$$dF = 0 dt + (1/x) dx + 1/2 (-1/x^2) (\sigma^2 x^2 dt)$$

ou,

$$dF = (1/x) dx - (\sigma^2/2) dt$$

Substituindo dx pela sua expressão, vem,

$$dF = (1/x) (\mu x dt + \sigma x dz) - (\sigma^2/2) dt$$

e, finalmente,

$$dF = (\mu - \sigma^2/2) dt + \sigma dz$$

que é um movimento browniano simples, e que pode ser reescrita do seguinte modo:

$$d(\ln x) = \mu dt + \sigma dz - (\sigma^2/2) dt$$

ou seja,

$$d(\ln x) = dx/x - (\sigma^2/2) dt$$

ou, ainda,

$$dx/x = d(\ln x) + (\sigma^2/2) dt$$

Integrando ambos os lados, vem:

$$\int_0^t \frac{dx(s)}{x(s)} = \int_0^t d \ln x(s) + \int_0^t \frac{\sigma^2}{2} ds$$

Resolvendo cada integral, separadamente:

$$\int_0^t \frac{dx(s)}{x(s)} = \int_0^t (\mu ds + \sigma dz(s)) = \mu t + \sigma z(t)$$

$$\int_0^t d \ln x(s) = \ln x(s) \Big|_0^t = \ln x(t) - \ln x(0) = \ln (x(t) / x(0))$$

$$\int_0^t \frac{\sigma^2}{2} ds = (\sigma^2 / 2) s \Big|_0^t = (\sigma^2 / 2) t$$

donde,

$$\mu t + \sigma z(t) = \ln (x(t) / x(0)) + (\sigma^2 / 2) t$$

Daqui se retira que:

$$\ln x(t) - \ln x(0) + (\sigma^2 / 2) t = \mu t + \sigma z(t)$$

$$\ln x(t) = \ln x(0) + (\mu - \sigma^2 / 2) t + \sigma z(t)$$

Exponenciando, obtém-se, finalmente:

$$x(t) = x(0) [e^{((\mu - \sigma^2 / 2) t + \sigma z(t))}]$$

Utilizando a seguinte mudança de variável:

$$Y(t) = e^{\sigma z(t)}$$

pode facilmente demonstrar-se que o seguinte resultado é verdadeiro:

$$E(x(t)) = x(0) e^{\mu t}$$

Quando $\sigma = 0$, cai-se no caso determinístico e a expressão:

$$x(t) = x(0) [e^{((\mu - \sigma^2/2)t + \sigma z(t))}]$$

simplifica-se para:

$$x(t) = x e^{\mu t}$$

5) Controle óptimo estocástico

Considere-se um problema do tipo:

$$J(t_0, x_0) = \max_u E_0 \int_{t_0}^T F(t, x, u) dt + \Phi(x(T), T)$$

s.a

$$dx = g(t, x, u) dt + \alpha(t, x, u) dz$$

$$x(t_0) = x_0$$

em que dz é o incremento de um processo de Wiener.

A equação recursiva correspondente ao princípio da optimalidade de Bellman da programação dinâmica é, neste caso, a equação de Hamilton-Jacobi-Bellman:

$$-J_t(t, x) = \max_u \left(F(t, x, u) + J_x(t, x) g(t, x, u) + \frac{1}{2} \sigma^2 J_{xx}(t, x) \right)$$

Quando o problema é autónomo e tem um horizonte de tempo infinito, pode ser expresso independentemente da variável tempo:

$$V(x_0) = \max_u E_0 \int_{t_0}^{+\infty} e^{-\delta(t-t_0)} F(t, x, u) dt + \Phi(x(t), t)$$

s.a

$$dx = g(x, u) dt + \alpha(x, u) dz$$

$$x(t_0) = x_0$$

Neste caso, a equação de Hamilton-Jacobi-Bellman torna-se:

$$\delta \cdot V(x) = \max_u \left(F(x, u) + V'(x)g(x, u) + \frac{1}{2} \cdot \sigma^2 \cdot V''(x) \right)$$

Anexo 2

Anexo 2

Este anexo contém uma breve apresentação de algumas das técnicas utilizadas na parte II (Aplicação empírica).

1) Testes de raiz unitária

Os testes de raiz unitária destinam-se a determinar a ordem de integração de uma dada série temporal.

Seja x_t a série que se pretende estudar. Para se testar a existência de raiz unitária na série, deve proceder-se à estimação da seguinte regressão:

$$\Delta x_t = c + b \cdot t + \delta_0 \cdot x_{t-1} + \sum_{i=1}^k \delta_i \cdot \Delta x_{t-i} + u_t$$

em que o comprimento do *lag* k é escolhido de modo a assegurar-se que os resíduos das equações sejam estacionários (em geral, o valor de k é calculado com base na estatística Q de Ljung-Box ou ainda nos critérios de selecção de modelos AIC (Critério de Informação de Akaike) e SBIC (Critério de Informação Bayesiano de Schwarz). Quando $k=0$, o teste é conhecido como teste Dickey-Fuller (DF). Se $k>0$ o teste é designado por Augmented Dickey-Fuller (ADF).

O teste de estacionaridade à variável x_t pode ser feito através da análise da estatística- t , t_{δ_0} , para testar a nulidade de δ_0 . Se a hipótese de nulidade for aceite, isso significa que a variável x_t não é estacionária, ou seja, não é $I(0)$. Neste caso, o passo seguinte é testar a estacionaridade da série Δx_t .

A análise suplementar da estatística- F , Φ_3 , para testar a nulidade conjunta de b e δ_0 e da estatística- F , Φ_2 , para testar a nulidade conjunta de c , b e δ_0 , ambas propostas por Dickey e Fuller [1981]) fornece uma indicação sobre o tipo de processo estocástico que gera a variável x_t .

Para testar a existência de raiz unitária na série Δx_t , deve proceder-se à estimação da seguinte regressão:

$$\Delta^2 x_t = c + \delta_0 \cdot \Delta x_{t-1} + \sum_{i=1}^k \delta_i \cdot \Delta^2 x_{t-i} + u_t$$

Neste caso, utiliza-se, de novo, a estatística-t, t_δ , que testa a nulidade de δ_0 . Se esta hipótese for rejeitada, então pode concluir-se que x_t é integrada de ordem 1 [I(1)]. Se, pelo contrário, a hipótese for aceite, passa-se ao estudo da série $\Delta^2 x_t$ e assim sucessivamente. Em geral, as séries económicas são, no máximo, integradas de ordem 2, sendo a maioria integradas de ordem 1.

Os valores críticos relativos às estatísticas Φ_2 e Φ_3 são dados, respectivamente, pelas tabelas V e VI em Dickey e Fuller [1981]. Os valores críticos relativos à estatística t_u são os da tabela de Mackinnon [1991].

2) Cointegração

Os métodos mais vulgarmente utilizados para testar a cointegração entre diversas variáveis são os de Engle-Granger e de Johansen. Uma condição necessária para que duas ou mais variáveis sejam cointegradas é serem integradas de uma mesma ordem.

2.1. Método de Engle-Granger

O método de Engle-Granger consiste na estimação da seguinte regressão estática:

$$x_t^1 = \beta_1 + \sum_{i=2}^m \beta_i \cdot \Delta x_t^i + z_t$$

a fim de se determinar o vector de cointegração $[1 -\beta_1 - \dots -\beta_m]$.

As variáveis só serão cointegradas, com referência ao vector de cointegração estimado, se os resíduos forem estacionários. Deste modo, o teste de cointegração

consiste na aplicação do teste DF ou ADF aos resíduos, sendo a equação de regressão a seguinte:

$$\Delta z_t = \delta_0 \cdot z_{t-1} + \sum_{i=1}^k \delta_i \cdot \Delta z_{t-i} + \varepsilon_t$$

onde ε_t é um ruído branco.

2.2. Método de Johansen

Este método começa por assumir que as séries são geradas por um vector autoregressivo (VAR) que pode ser expresso pela seguinte equação:

$$X_t = \mu + A_1 X_{t-1} + \dots + A_{k-1} X_{t-(k-1)} + A_k X_{t-k} + \varepsilon_t$$

onde X_t é um vector contendo as n séries que se pretendem analisar e A_i é uma matriz de parâmetros $n \times n$.

Este sistema de equações pode também ser apresentado da seguinte forma:

$$\Delta X_t = \mu + \Gamma_1 \Delta X_{t-1} + \dots + \Gamma_{k-1} \Delta X_{t-(k-1)} + \Pi X_{t-k} + v_t$$

onde $\Gamma_i = -I + A_1 + \dots + A_i$, $i = 1, \dots, k$ e Π é uma matriz $n \times n$.

Se a característica da matriz Π for menor do que o número de variáveis ($r < n$), então existe uma representação de Π tal que:

$$\Pi = \alpha \cdot \beta'$$

onde a matriz β ($n \times r$) é a matriz que contém os r vectores de cointegração existentes.

O procedimento de Johansen é baseado na estimação, pelo método da máxima verosimilhança, dos diferentes vectores de cointegração. A hipótese nula de que existem, no máximo, r vectores de cointegração, é testada através da comparação de

estatísticas baseadas no traço e no valor próprio máximo da matriz estocástica com os respectivos valores críticos.

3) Modelos ARIMA

Os modelos ARIMA permitem a modelização de sucessões cronológicas que supostamente são geradas por um processo estocástico linear e não sazonal. Um modelo ARIMA (p,q) genérico escreve-se da seguinte forma:

$$\phi_p(B) (1-B)^d X_t = \theta_0 + \theta_q(B) \varepsilon_t$$

onde $\phi_p(B) = \phi_1 B - \dots - \phi_p B^p$ e $\theta_q(B) = 1 - \theta_1 B - \dots - \theta_q B^q$ são, respectivamente, polinómios autoregressivo estacionário e médias móveis invertível (B é o *lag operator* ou operador atraso). Se $d \neq 0$, então X_t é um processo não estacionário que, depois de diferenciado d vezes, se transforma num processo estacionário e invertível ARMA (p,q).

Se $d = 0$, o processo X_t é estacionário e o modelo ARMA correspondente é, por extenso:

$$X_t - \phi_1 X_{t-1} - \dots - \phi_p X_{t-p} = \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q}$$

O estudo da estacionaridade de uma sucessão cronológica através do método Box-Jenkins consiste na análise conjunta da função de autocorrelação (FAC) e da função de autocorrelação parcial (FACP) e das estatísticas Q ou de Ljung-Box que lhes estão associadas. Um caso típico de não estacionaridade dá-se quando a FAC tende lentamente para zero e quando o primeiro valor da FACP é muito elevado.

4) Modelos GARCH

Tradicionalmente, os momentos de segunda ordem são assumidos como constantes, quer na teoria econométrica, quer na modelização de sucessões cronológicas, naquela que é uma das hipóteses mais fortes dessas teorias.

A constatação de que a variância não é constante ao longo tempo e a importância reconhecida da sua modelização para a descrição de fenómenos económicos e utilização em aplicações empíricas motivou um forte desenvolvimento da investigação neste domínio, de que se destaca o trabalho pioneiro de Engle em 1982 sobre a modelização ARCH (*Autoregressive Conditional Heteroscedasticity*).

A generalização dos modelos ARCH, dando origem aos modelos GARCH (*Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity*), proposto por Bollerssev em 1986, veio fornecer uma maior flexibilidade e potência às técnicas de modelização da variância.

Um processo estocástico em tempo discreto X_t , que apresenta características de heteroscedasticidade condicionada, pode ser descrito da seguinte forma:

$$X_t = \varepsilon_t \sigma_t$$

$$E(X_t | \Phi_{t-1}) = 0 \quad V(X_t | \Phi_{t-1}) = \sigma_t^2$$

$$\varepsilon_t \text{ é i.i.d.,} \quad E(\varepsilon_t) = 0 \quad V(\varepsilon_t) = 1$$

onde Φ_{t-1} é o conjunto de informação disponível em $t-1$.

O modelo GARCH (p,q) corresponde a uma das possíveis parametrizações da variância condicionada:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i \cdot \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^q \beta_i \sigma_{t-i}^2$$

onde $\alpha_0 > 0$, $\alpha_i \geq 0$ ($i = 1, 2, \dots, p$) e $\beta_j \geq 0$ ($j = 1, 2, \dots, q$), de modo a assegurar-se a não negatividade da variância condicionada e $\sum_{i=1}^p \alpha_i + \sum_{j=1}^q \beta_j < 1$, de modo a assegurar-se a respectiva estacionaridade.

A estimação dos parâmetros é feita pelo método da máxima verosimilhança.

5) Modelos estruturais: estimação pelo filtro de Kalman

A modelização estrutural univariada consiste na decomposição de uma sucessão cronológica em termos das suas componentes básicas: tendência, sazonalidade, ciclo e componente residual. No entanto, e ao contrário da perspectiva tradicional, cada uma daquelas componentes é formalizada como um processo estocástico.

Cada modelo é constituído por um conjunto de equações representativas da possível estrutura da sucessão. Na sua forma reduzida, os modelos não são mais do que modelos ARIMA com restrições.

A estimação das componentes da sucessão é feita com recurso ao filtro de Kalman, obtendo-se as respectivas séries temporais através da técnica do *smoothing*.

O modelo estrutural básico formaliza-se do seguinte modo (ver Costa[1994]):

- (1) $y_t = \mu_t + \gamma_t + \varepsilon_t$, com $\varepsilon_t \sim wn(0, \sigma_\varepsilon^2)$
- (2) $\mu_t = \mu_{t-1} + \beta_{t-1} + \eta_t$, com $\eta_t \sim wn(0, \sigma_\eta^2)$
- (3) $\beta_t = \beta_{t-1} + \xi_t$, com $\xi_t \sim wn(0, \sigma_\xi^2)$
- (4) $\gamma_t = - \sum_{j=1}^{s-1} \gamma_{t-j} + \omega_t$, com $\omega_t \sim wn(0, \sigma_\omega^2)$

A equação (1) relaciona as observações da variável dependente, y_t , com as componentes estruturais. As restantes definem o comportamento das componentes estruturais (as equações (2) e (3) modelizam a componente da tendência e a equação (4) a componente sazonal. As variáveis ε_t , η_t , ξ_t e ω_t representam processos estocásticos do tipo ruído branco (*wn* significa *white noise*) não correlacionados entre si.

A estimação das componentes dos modelos estruturais através do filtro de Kalman exige a sua representação em termos de espaços de estados, consistindo num vector

de estados e numa equação de transição matricial dos estados, que aqui não se explicitam.

Os modelos estruturais multivariados incluem pelo menos uma variável explicativa. Tal como anteriormente, é possível construir um modelo compatível com a aplicação do filtro de Kalman. No caso geral, o modelo estrutural básico com k variáveis explicativas é idêntico ao modelo univariado com excepção da primeira equação que, agora, se escreve:

$$(1) \quad y_t = \mu_t + \gamma_t + z_k' \delta_k + \varepsilon_t, \quad \text{com } \varepsilon_t \sim \text{wn}(0, \sigma_\varepsilon^2)$$

em que z_k é um vector de k variáveis explicativas e δ_k são os respectivos coeficientes.

Um caso particular do modelo estrutural básico é o chamado modelo de nível localmente constante que se reduz a duas equações:

$$(1) \quad y_t = \mu_t + \delta_k' z_k + \varepsilon_t, \quad \text{com } \varepsilon_t \sim \text{wn}(0, \sigma_\varepsilon^2)$$

$$(2) \quad \mu_t = \mu_{t-1} + \eta_t, \quad \text{com } \eta_t \sim \text{wn}(0, \sigma_\eta^2)$$

Foi este o modelo que se utilizou para a realização do teste do ponto 8 do trabalho.

Bibliografia

Bibliografia

- Arestis, Philip; Milberg, William.**1993-1994."Degree of monopoly, pricing, and flexible exchange rates".*Journal of Post Keynesian Economics* Vol: 16 Iss: 2 (Winter): 167-188.
- Athukorala, Premachandra; Menon, Jayant.**1994."Pricing to market behaviour and exchange rate pass-through in Japanese exports".*Economic Journal: The Journal of the Royal Economic Society* Vol: 104, Iss: 423 (March): 271-281.
- Aw, Bee-Yan.**1993."Price discrimination and markups in export markets". *Journal of Development Economics* Vol: 42 Iss: 2 (December): 315-336.
- Baldwin, Richard E.**1986."Hysteresis in Trade". Cambridge: MIT Working paper.
- Baldwin, Richard.**1988."Hysteresis in Import Prices: The Beachhead Effect". *American Economic Review* Vol: 78 Iss: 4 (September): 773-785.
- Baldwin, Richard.**1989."Sunk-Cost Hysteresis". *National Bureau of Economic Research Working paper* 2911 (March).
- Baldwin, Richard; Lyons, Richard.**1994."Exchange rate hysteresis?". *European Economic Review* Vol: 38, 1 (January): 1-22.
- Baldwin, Richard; Krugman, Paul.**1989."Persistent Trade Effects of Large Exchange Rate Shocks". *Quarterly Journal of Economics* Vol: 104 Iss: 4 (November): 635-654.
- Bollerslev, T; Chou, R; Kroner, K.**1990."ARCH modeling in finance: a review of the theory and empirical evidence". *Journal of Econometrics* Vol: 55: 5-59.
- Box, G E P; Jenkins, G M.**1976."Time Series Analysis: Forecasting and Control". Holden Day, San Francisco.
- Charemza, W; Deadman, D F.**1992."Econometric Practice". Aldershot, Edward Elgar.

- Cheung, Yin-Wong; Lai, K S.**1993." Long-run purchasing power parity during the recent float". *Journal of International Economics*, 34: 181-192.
- Costa, A A.**1994." Modelos Estruturais para Sucessões Cronológicas: uma apresentação". *Textos de Apoio*. CEMAPRE (ISEG). Lisboa.
- Cox, J C; Ross, S A; Rubinstein, M.**1979." Option Pricing: a simplified approach". *Journal of Financial Economics* 7: 229-263.
- Cunha, L C; Machado J F.**1992." Competitividade e política cambial: uma análise empírica". *Economia UCP* Vol: 16 N° 3: 357-372.
- De Grauwe, P.**1986." Exchange Rate Variability and the Slowdown in Growth of International Trade".
- Dickey, D A; Fuller W A.**1981." Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root". *Econometrica*, 49: 1057-1072.
- Dixit, Avinash.**1989a." Entry and Exit Decisions under Uncertainty". *Journal of Political Economy* 97, 3: 620-638.
- Dixit, Avinash.**1989b." Hysteresis, Import Penetration, and Exchange Rate Pass-Through". *Quarterly Journal of Economics* Vol: 104 Iss: 2 (May): 205-228.
- Dixit, Avinash.**1992." Investment and Hysteresis". *The Journal of Economic Perspectives* Vol: 6 Iss: 1 (Winter): 107-132.
- Dixit, Avinash; Pindyck, Robert.**1994." Investment under Uncertainty". Princeton.
- Dixit, Avinash; Rob, Rafael.**1994." Risk-sharing, adjustment, and trade". *Journal of International Economics* 36: 263-287.
- Dornbusch, Rudiger.**1976." Expectations and Exchange Rate Dynamics". *Journal of Political Economy* 84, 6: 1161-1176.

- Engel, Robert F; Granger, C W J.**1987." Co-Integration and Error Correction: Representation, Estimating and Testing". *Econometrica* 55 (March): 251-276.
- Feinberg, Robert M; Kaplan, Seth.**1992." The Response of Domestic Prices to Expected Exchange Rates". *Journal of Business* Vol: 65 Iss: 2 (April): 267-280.
- Fisher, Eric.**1989." A Model of Exchange Rate Pass-Through". *Journal of International Economics* Vol: 26 Iss: 1 (February): 119-137.
- Froot, Kenneth A; Klemperer, Paul D.**1989." Exchange Rate Pass-Through When Market Share Matters". *American Economic Review* Vol: 79 Iss: 4 (September): 637-654.
- Giovannetti, Giorgia.**1990." Firms Entry and Exit Decisions. Implications of Sunk Costs and Uncertainty for Exchange-Rate Arbitrage and Trade Flows". *Economic Notes* (2): 261-80.
- Helpman, E; Razin, A.**1978." A Theory of International Trade under Uncertainty". Academic Press, Inc. (London) Ltd.
- Hooper, Peter; Mann, Catherine L; Branson, William H.**1989." Exchange Rate Pass-Through in the 1980s: The Case of U.S.". *Brookings Papers on Economic Activity* Iss: 1: 297-337.
- Judge, G et al.**1988." Introduction to the Theory and Practice of Econometrics". Second Edition, Wiley and Sons.
- Kamien M I; Schwartz N L.**1981." Dynamic Optimization: The calculus of Variations and Optimal Control in Economics and Management". North-Holland Vol: 4 New York.
- Kim, Ki-Ho.**1992." Parametric Change in the U.S. Trade in Manufactured Goods". *Atlantic Economic Journal* Vol: 20 Iss: 3 (September): 46-56.
- Kim, Yoonbai.**1990." Exchange Rates and Import Prices in the United States: A Varying-Parameter Estimation of Exchange-Rate Pass-Through". *Journal of Business e Economic Statistics* Vol: 8 Iss: 3 (July): 305-315.

- Krugman, Paul R.** 1989. "Exchange-Rate Instability". The Lionel Robbins Lectures.
- Krugman, Paul R; Baldwin, Richard E.** 1987. "The Persistence of the U.S. Trade Deficit". *Brooking Papers on Economic Activity* 1.
- Krugman, Paul R; Obstfeld, Maurice.** 1994. "International Economics: Theory and Policy". Harper Collins Publishers, Third Edition.
- Kogut, Bruce; Kulatilaka, Nalin.** "Operating Flexibility, Global Manufacturing, and the Option Value of a Multinational Network" *Management Science* Vol: 40 Iss: 1 (January): 123-139.
- MacKinnon, J G.** 1983. "Critical values for cointegration tests" in Engle, R F e C W J Granger (eds.), "Long-run economic relationships". Oxford University Press, Oxford.
- Mann, Catherine L.** 1986. "Prices, Profit Margins, and Exchange Rates". *Federal Reserve Bulletin* Vol: 72 Iss: 6 (June): 366-379.
- Meade E.** 1988. "Exchange Rate Adjustment and the J Curve". *Federal Reserve Bulletin* (October).
- Menzies, G; Heenan, G.** 1993. "Explaining the recent performance of Australia's manufactured exports". *Reserve Bank of Australia RDP* 9310 (August).
- Moffett, Michael H.** 1989. "The J-Curve Revisited: An Empirical Examination for the United States". *Journal of International Money e Finance* Vol: 8 Iss: 3 (September): 425-444.
- Murteira, B; Müller, D; Turkman, K F.** 1993. "Análise de sucessões cronológicas". McGraw-Hill. Lisboa.
- Pantula S G; Gonzalez-Farias G; Fuller W A.** 1994. "A Comparison of Unit-Root Test Criteria". *Journal of Business and Economic Statistics* (October): 449-459.

- Parsley, David C.**1993."Exchange rate pass-through: Evidence from aggregate Japanese exports".*Southern Economic Journal* Vol: 60 Iss: 2 (October): 454-462.
- Parsley, David C; Wei, Shang-Jin.**1994."Insignificant and inconsequential hysteresis: the case of U.S. bilateral trade". *National Bureau of Economic Research, INC.* Working Paper 4738 (May).
- Pindyck, Robert S.**1987."Irreversible Investment, Capacity Choice, and the Value of the Firm". Cambridge: MIT Working paper.
- Pindyck, Robert S.**1991."Irreversibility, Uncertainty, and Investment". *Journal of Economic Literature* Vol: 29 (September): 1110-1148.
- Rangan, Subramanian; Lawrence, Robert Z; Cooper, Richard N.**1993."The responses of U.S. firms to exchange rate fluctuations: Piercing the corporate veil".*Brookings Papers on Economic Activity* Iss: 2: 341-379.
- Rockerbie, Duane W.**1992."Exchange Rates, Pass-Through, and Canadian Export Competitiveness: An Analysis Using Vector Autoregressions". *Applied Economics* Vol: 24 Iss: 6 (June): 627-634.
- Rogoff, Keneth.**1995."What Remains of Purchasing Power Parity". Princeton University (March).
- Rosensweig, Jeffrey A; Koch, Paul D.**1988."The U.S. Dollar and the 'Delayed J-Curve".*Economic Review [Federal Reserve Bank of Atlanta]* Vol: 73 Iss: 4 (July/August): 2-15.
- Santos V.**1991."Implicações da incerteza nos sectores exportadores". *CEMAPRE Documento de Trabalho* 87 (Junho).