

C I Ê N C I A A B E R T A

Teias Matemáticas

Frentes na Ciência e na Sociedade

M. PAULA SERRA DE OLIVEIRA

Coordenadora

gradiva • Imprensa da Universidade de Coimbra

(Página deixada propositadamente em branco)

MARIA PAULA SERRA DE OLIVEIRA

Coordenadora

TEIAS MATEMÁTICAS

Frentes na Ciência e na Sociedade



gradiva



Imprensa da Universidade de Coimbra

© *Gradiva – Publicações, L.da / Imprensa da Universidade de Coimbra, 2004*
Coordenação editorial: *Maria Paula Serra de Oliveira*

Tradução: *Artur Soares Alves*

Carlota Isabel Leitão Pires Simões

Francisco José Craveiro de Carvalho

João Filipe Cortez Rodrigues Queiró

José Miguel Dordio Martinho de Almeida Urbano

Lia Sandra dos Santos

Mário da Silva Rosa

Paulo Eduardo Aragão Aleixo Neves de Oliveira

Revisão do texto: *Isabel Pedrome*

Capa: *António Barros* [Imprensa da Universidade, Coimbra], com imagem de *E. M. de Melo e Castro*, “Fract 010 explod MC”, Dezembro de 2003

[Fractal original gerado no Fractint com tratamento no Photoshop 7.0]

Infografia: *Estúdios Estimulus* [design]

Paginação: *António Resende e Victor Hugo Fernandes*

Impressão e acabamento: *G.C. – Gráfica de Coimbra, L.da*

Reservados os direitos para Portugal por:

Gradiva – Publicações, L.da e Imprensa da Universidade de Coimbra

Gradiva – Publicações, L.da

Rua Almeida e Sousa, 21, r/c, esq. • 1399-041 Lisboa

Telefs. 21 397 40 67/8 • 21 397 13 57 • 21 395 34 70

Fax 21 395 34 71 • Email: gradiva@ip.pt

URL: <http://www.gradiva.pt>

Imprensa da Universidade de Coimbra

Rua Antero de Quental, 195 • 3000-033 Coimbra

Telefs. 351 239 85 31 10

Fax 351 239 85 31 19 • e-mail: fjrpress@ci.uc.pt

URL: <http://www.imp.uc.pt>

ISBN: 972-662-970-5

1.ª edição: Maio de 2004

Depósito legal n.º 210431/04

OBRA PUBLICADA COM O PATROCÍNIO DE:
CENTRO DE MATEMÁTICA DA UNIVERSIDADE DE COIMBRA
DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICA DA UNIVERSIDADE DE COIMBRA

FCT Fundação para a Ciência e a Tecnologia

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E DO ENSINO SUPERIOR

Portugal

Todos por um ... um por todos? Uma análise de componentes principais da dívida de obrigações Brady da América Latina¹ de 1994 a 2000

Utilizaremos a análise de componentes principais (ACP) para estudar as obrigações Brady dos quatro países devedores mais importantes da América Latina: Argentina, Brasil, México e Venezuela. O nosso conjunto de dados abrange um período de cinco anos e meio, com início em Julho de 1994, e consiste nos rendimentos diários (*stripped*) das obrigações ao par e com desconto de cada país. Examinaremos o comportamento dos valores e vectores próprios das matrizes de covariância empíricas calculadas sequencialmente em diferentes períodos. Provaremos que, de um modo geral, existem dois componentes ou factores estatisticamente significativos, que explicam até 90% da variância obtida. O vector próprio associado ao maior valor próprio corresponde à variância atribuída ao risco «regional» (América Latina). A segunda componente sugere

¹ Tradução de Lia Sandra dos Santos. Revisão de João Sousa Andrade, professor da Faculdade de Economia, Universidade de Coimbra.

Esta investigação foi parcialmente financiada pela National Science Foundation.

claramente a existência de um factor de risco de volatilidade associado à dívida venezuelana em relação ao resto da região. Uma análise factorial, dependente do tempo, revela que a importância da variância explicada pelo factor se altera no tempo e que esta variância pode ser interpretada até certo ponto em termos de acontecimentos de mercado. Em particular, analisaremos a relação entre a evolução dos factores ACP e as alterações no mercado que ocorreram durante o período estudado, incluindo o famoso efeito Tequilha, a crise asiática, a desvalorização do rublo e a desvalorização do real.

1. INTRODUÇÃO

Durante a década de 1970 as instituições financeiras ocidentais emprestaram milhares de milhões de dólares aos países em desenvolvimento da América Latina. Os principais devedores, a Argentina, o Brasil, o México e a Venezuela, começaram a faltar ao pagamento do reembolso destas obrigações, desde o início e até cerca de meados da década de 1980. O Departamento do Tesouro dos Estados Unidos, então sob a direcção do secretário Nicholas Brady, apercebeu-se das consequências negativas que o incumprimento generalizado teria no sistema bancário e no próprio desenvolvimento económico da região. No final de 1980 e início de 1990 começaram a ser tomadas medidas destinadas a reestruturar a dívida pendente da América Latina. As instituições financeiras perdoaram parte dos empréstimos pendentes em troca de novas obrigações de longo prazo caucionadas por cupões zero de obrigações *Strip* do Tesouro dos Estados Unidos. Os instrumentos da dívida que surgiram com esta reestruturação são conhecidos, de um modo geral, como «obrigações Brady». Apesar de existirem muitas variantes na dívida Brady da América Latina, incluindo algumas que são caucionadas por outros tipos de garantias, a estrutura da dívida principal, que existe actualmente, tem a forma de obrigações ao par e com desconto. Estruturalmente, as obrigações Brady ao par e com desconto são muito similares, excepto relativamente ao tipo de cupões e ao preço de emissão. As primeiras possuem uma taxa de cupão fixa e foram emitidas ao par, enquanto as últimas têm uma taxa de cupão flutuante LIBOR semianual e foram emitidas com desconto. Os pagamentos dos cupões de umas e outras estão garantidos por um período de 12 a 18 meses até à data de vencimento do pagamento do último cupão. Quando emitidos, ambos são registados com uma data de vencimento final de 30 anos, e, à excepção das obrigações ao par brasileiras, são resgatáveis ao par numa base semianual. As obrigações com desconto são basicamente

obrigações de taxas flutuantes e as obrigações ao par possuem cupões fixos. As suas durações (que decompõe em factores o risco de país e da taxa do juro) são aproximadamente iguais, mas incluiremos na análise feita neste artigo ambos os tipos de obrigações para obtermos uma amostra mais heterogénea.

O objectivo deste trabalho é analisar a volatilidade do mercado da dívida Brady da América Latina, com base em preços históricos, e os *spreads* de mercado. Um assunto fundamental debatido pelos investidores e analistas financeiros — particularmente durante as perturbações do mercado — é até que medida estes países estão correlacionados, ou, dito de outra forma, em que medida os mercados de capital podem «distinguir», em termos de risco de crédito e de risco de liquidez, os diferentes países da região. Será que o valor da dívida «se desloca em conjunto» quando ocorrem choques de mercado? Se a resposta a esta questão fosse dada com base na observação dos dados do rendimento das obrigações Brady ilustrados nas figuras 1a e 1b, abaixo, a resposta seria um sim inequívoco.

No sentido de darmos uma resposta mais precisa e detalhada, faremos uma análise de componentes principais (ACP) (Fluery, 1988) na matriz de covariância empírica construída a partir das alterações diárias nos rendimentos das obrigações ao par e com desconto dos quatro países. De um ponto de vista matemático, a ACP dá dois tipos básicos de informação: as *raízes características* e os *vectores característicos*. Os vectores característicos formam uma base ortogonal que é utilizada para interpretar a relação entre as variáveis (preço e alterações de rendimento, no caso presente). As raízes características medem a contribuição de cada componente para a variância total². A imagem global oferecida pela análise ACP é uma decomposição do risco de mercado Brady em choques não correlacionados, ou factores de volatilidade. Como acontece muitas vezes, a análise de componentes principais é também útil para «reduzir a dimensão», isto é, para identificar alguns dos factores importantes que descrevem as fontes principais de volatilidade do mercado e contribuem para a sua interpretação económica.

² Referimo-nos também aos vectores característicos como componentes.

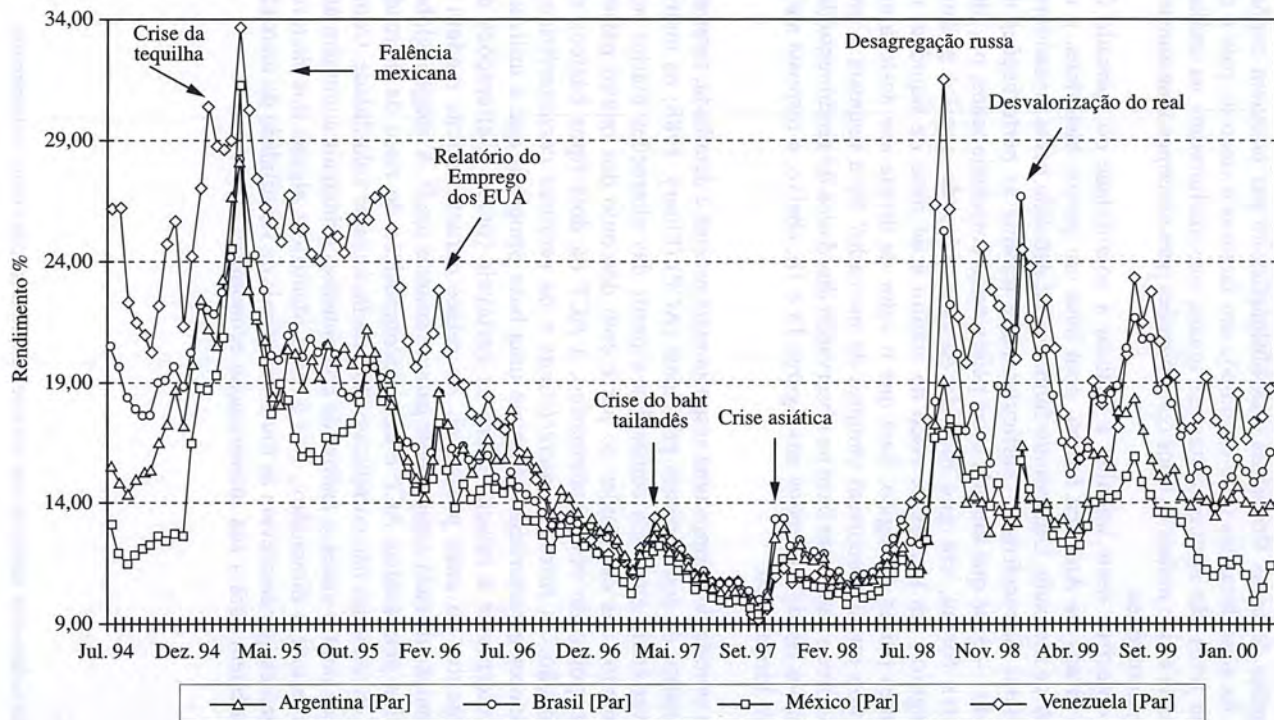


Fig. 1a — Dívida em obrigações Brady ao par: níveis históricos de rendimento por país

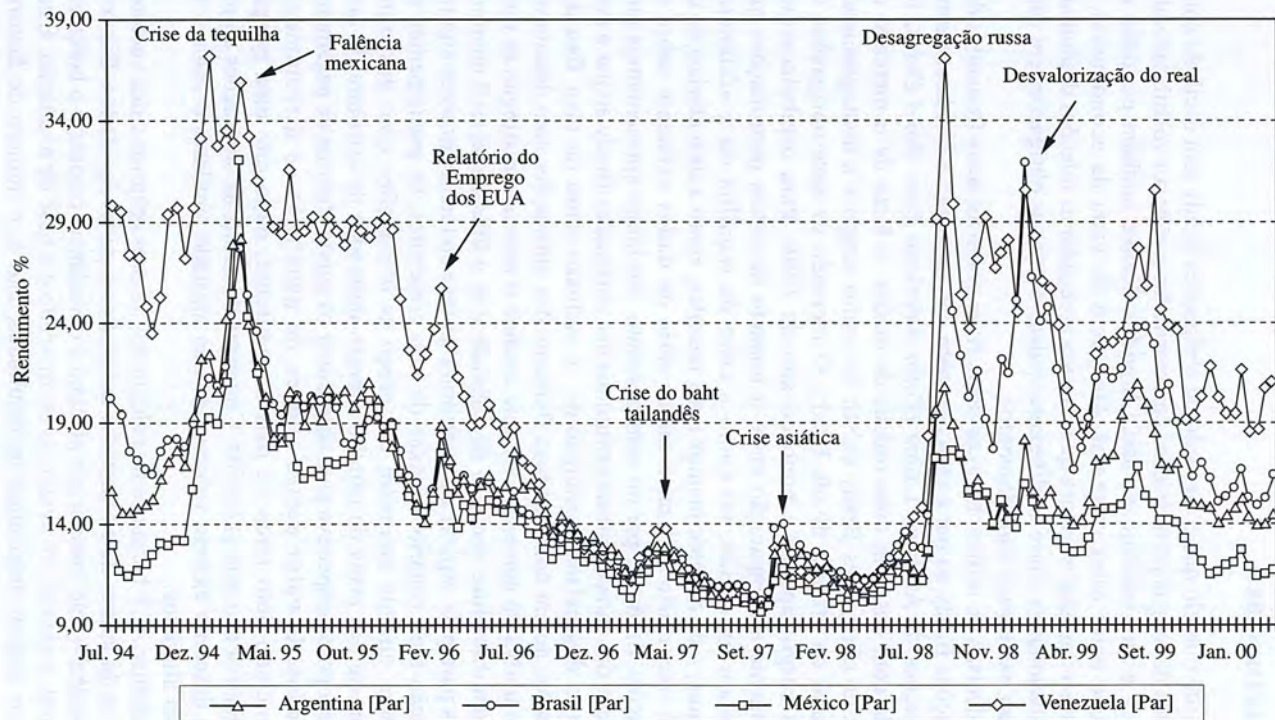


Fig. 1b — Dívida em obrigações Brady com desconto: níveis históricos de rendimento por país

2. PRELIMINARES

Desde o início que o mercado de obrigações Brady tem oscilado entre períodos de longas perturbações caracterizadas por baixa volatilidade/alta liquidez e alta volatilidade/baixa liquidez. Houve também períodos de transição entre estes extremos. Do ponto de vista da econometria, o desafio é criar uma estrutura que consiga apreender as relações dinâmicas, não estacionárias, entre os diferentes países e entre as obrigações em cada país (ao par *versus* com desconto).

A decisão de utilizar tanto as taxas fixas como as taxas flutuantes das obrigações Brady ao par e com desconto, em oposição à dívida em euro-obrigações da América Latina (*Latin American Euro Bond Debt*), foi tomada com base em duas ordens de razões: o facto de o mercado de dívida de obrigações Brady existir há muito tempo e a homogeneidade estrutural da própria dívida Brady. O mercado de euro-obrigações de países surgiu apenas a meio do ano de 1996. Para estabelecermos eficazmente a comparação entre o impacto de outras perturbações que ocorreram na região, tal como a crise da tequilha ou a «falência» mexicana, e de acontecimentos mais recentes, como a desvalorização do real, é necessário utilizar a maior série de dados existente sobre as obrigações Brady ao par ou com desconto. No início apresentámos uma descrição das características estruturais das obrigações Brady ao par e com desconto dos países participantes. A inclusão tanto da taxa fixa das obrigações ao par como da taxa flutuante das obrigações com desconto é uma tentativa de apreender em que medida o mercado distingue as duas taxas em diferentes cenários de mercado e se a diferenciação é coerente de país para país. Apesar de a estrutura da taxa flutuante fornecer alguma protecção num cenário de taxas de juro crescentes, os participantes do mercado, quando atribuem um preço às obrigações com desconto, baseiam-se nas taxas de câmbio a prazo derivadas da estrutura da taxa de juro a prazo respectiva para determinar os cupões futuros de pagamento esperados. O valor destes cupões de pagamento é directamente influenciado pelo risco de país do emitente, dado que uma porção significativa não está garantida. Consequentemente, as obrigações ao par e com desconto exibem valores de risco ajustado similares e valores de duração alterados.

A análise ACP baseia-se no cálculo dos valores próprios e dos vectores próprios da matriz de covariância construída a partir dos dados. Existem três escolhas (pelo menos) que afectam a covariância empírica: o horizonte temporal, a medida de avaliação do mercado e a base de avaliação. Estas escolhas podem determinar os resultados, isto é, o número de factores

explicativos, a estrutura dos vectores próprios e a amplitude dos valores próprios. Dado que a ACP não pode ser determinada de uma forma única, devemos ter em consideração diferentes horizontes de investimento, a duração das situações de perturbação e a nossa própria experiência de mercado para interpretar os dados.

Em particular, a escolha da frequência com que as medições são efectuadas e a duração do período estudado terão um impacto significativo nos resultados obtidos através da ACP. O nosso objectivo é conseguir um certo equilíbrio entre, por um lado, a apreensão de informação suficientemente detalhada e, por outro, a redução do ruído estatístico (Laloux, Bouchaud e Potters, 1999). Limitados a cinco anos e meio de dados, os resultados baseados em observações mensais e semanais mostraram ser dominados pelo ruído e não ter estrutura suficiente. Por esta razão, medimos as alterações de rendimento numa base diária. Após experimentar diferentes tamanhos de «janelas» de negócio, oscilando entre 45 e 180 dias, optámos por utilizar uma «janela» de negócio de 120 dias como o período de observação para cada uma das matrizes de covariância³. A comparação dos resultados das doze matrizes de covariância independentes que abarcam todo o período de observação constitui o ponto fulcral da nossa investigação. Decompondo o mercado pelo procedimento descrito, podemos medir explicitamente e interpretar o impacto dos diferentes acontecimentos económicos que afectaram o mercado de obrigações Brady nos últimos cinco anos.

Relativamente à escolha da base de avaliação, considerámos as variações absolutas do rendimento diário para as obrigações Brady ao par e com desconto da Argentina, Brasil, México e Venezuela (oito variáveis) durante um período de cinco anos e meio, com início em Julho de 1994⁴. Os rendimentos por país ou dos cupões *strip* representam a percepção que o mercado tem da capacidade de um país devedor de cumprir a parte das suas obrigações de dívida não caucionadas, ou não garantidas. No contexto da teoria das opções de crédito, os rendimentos por país medem a probabilidade inferida de não cumprimento e reflectem a percepção do mercado da liquidez da dívida. Verificámos que os resultados obtidos para os dois primeiros componentes da matriz de covariância são essencialmente

³ Os intervalos de tempo são conhecidos informalmente por «janelas». Reflectem o número de dias de transacção activos, não os dias do calendário.

⁴ Os dados relativos ao rendimento por país foram obtidos a partir de uma fonte de dados de mercado privada.

independentes da escolha da base de avaliação. Por outras palavras, a estrutura da covariância é análoga se considerarmos a série das alterações relativas nos rendimentos, no fluxo dos rendimentos ou nos preços.

Com base nesta abordagem da «dinâmica da ACP», pretendemos responder às seguintes questões: Tendo em conta a covariância dos rendimentos, quais são os principais componentes de risco para o mercado? Existirá uma diferença na estrutura da ACP quando comparamos eventos exógenos (por exemplo, a crise asiática e a crise do rublo, em 1998) e eventos endógenos (a «falência» mexicana, em 1995, e a desvalorização do real brasileiro, em 1999)? Em que medida os comportamentos do mercado a longo e a curto prazo estão correlacionados? Qual o impacto do preço do petróleo bruto, se é o que, sobre as obrigações Brady do México e da Venezuela devido à ligação dos *Value Recovery Rights* ou dos *Warrants* ao preço do petróleo? De que forma afectam as diferentes condições de mercado a integridade estrutural da ACP? Poderemos utilizar esta informação para desenvolver um modelo de valor relativo para o mercado Brady?

A técnica ACP tem sido utilizada por diversos autores para analisar dados financeiros. Tanto quanto é do nosso conhecimento, não foi ainda aplicada de forma sistemática à dívida Brady da América Latina. Para uma revisão da literatura sobre a ACP, remetemos o leitor para Litterman e Scheinkman (1992) (estrutura de prazo das taxas de juros nos Estados Unidos), Avellaneda e Zhu (1997) (estrutura de prazo da volatilidade implícita de opções cambiais), Gourrieroux *et al.* (1997), para o Índice CAC 40 e Laloux *et al.* (1999) e para o *Standard and Poor's 500 Index*. Muitos destes estudos utilizam a totalidade de dados disponíveis para calcular a covariância empírica, um procedimento inteiramente compatível com a estacionaridade dos rendimentos⁵. Na nossa opinião, a ACP baseada em janelas de observação alargadas adequa-se melhor à análise de mercados maduros com ciclos económicos estáveis, coerentes com a noção matemática de estacionaridade. Em contraste, o mercado de dívida Brady da América Latina é relativamente jovem; falta-lhe a profundidade dos mercados principais do G7 e conhece períodos esporádicos de alta volatilidade e mudanças de regime. No caso das Bradys da América

⁵ Uma hipótese de estabilidade, ou uma versão «aproximada», podem ser rejeitadas em muitos casos. Por exemplo, Laloux *et al.* rejeitaram a hipótese de estabilidade dos retornos do *S&P 500 Index* baseada nas propriedades espectrais da ACP.

Latina, medir a volatilidade do mercado com base numa única janela de observação alongada iria subestimar a amplitude dos movimentos do mercado e falsear a apreensão das reacções do mercado a eventuais perturbações. Por este motivo, afastamo-nos do paradigma clássico da ACP, considerando janelas de observação sucessivas e as correspondentes matrizes de covariância, e não uma única janela de observação alongada.

3. ANÁLISE DOS RESULTADOS: A ORDEM RESULTANTE DO CAOS

Por razões de comparação, começamos pela análise da ACP «estática», que utiliza um período de observação de cinco anos e meio. A correspondente ACP revela três componentes principais significativos e facilmente identificáveis. A figura 2 representa graficamente a direcção e amplitude para o primeiro, segundo e terceiro componentes, que explicam em média 71%, 13% e 6% do movimento do mercado durante o período em análise. De acordo com esta visão «estática» do mercado, os três componentes principais explicam quase 90% da variância do mercado.

O primeiro componente principal é tal que todos os coeficientes possuem o mesmo sinal. Representa a volatilidade de uma região como um todo. Os coeficientes do vector componente principal medem as alterações relativas típicas no valor ou nos rendimentos das obrigações correspondentes, que surgem em resposta a um choque global na região.

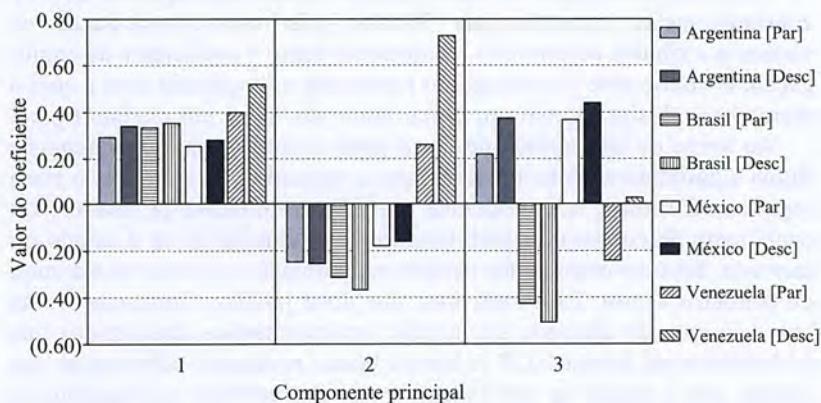


Fig. 2 — Estrutura do componente principal estático

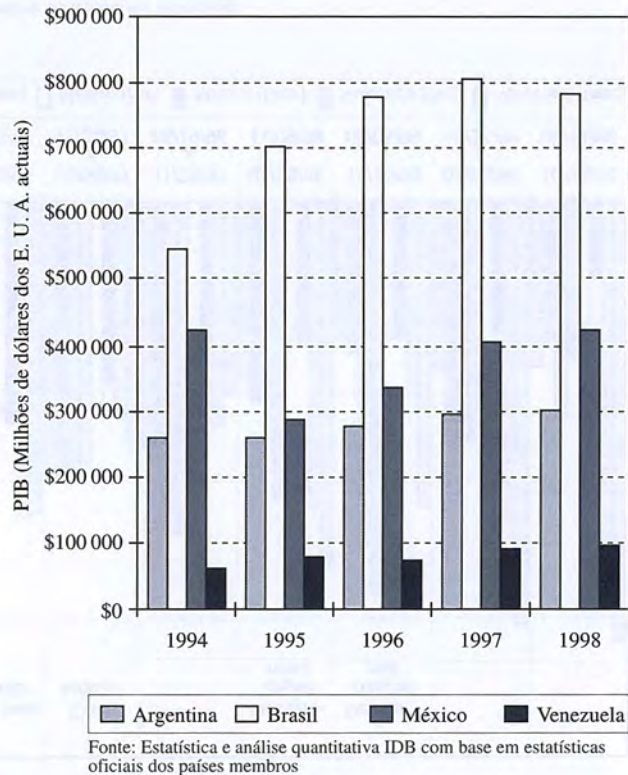
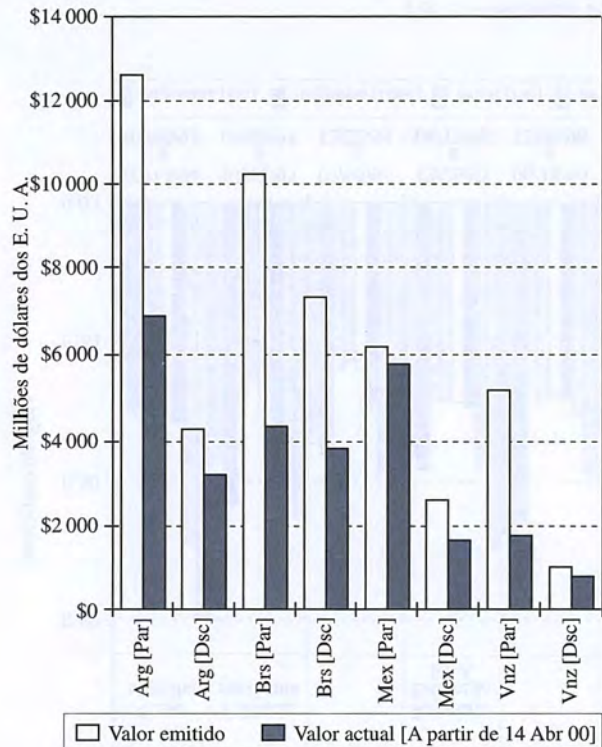
As obrigações ao par e com desconto da Venezuela são as mais voláteis durante movimentos regionais, seguidas pelas do Brasil, Argentina e México. As diferenças de sensibilidades entre as obrigações ao par e com desconto do mesmo país emitente resultam directamente de um prémio de liquidez que o mercado impõe às obrigações com desconto devido à sua dimensão mais reduzida.

É claro, pela observação dos dados, que o segundo componente principal reflecte uma nítida distinção de mercado entre a Venezuela e os outros países da América Latina, a Argentina, o Brasil e o México. Pensamos que este isolamento, assim como a grande sensibilidade da dívida venezuelana aos movimentos regionais, se deve a três factores. Primeiro, o montante inicial e actual da dívida Brady emitida pela Venezuela é consideravelmente menor do que dos outros países. Segundo, tal como a figura 3 indica, o Produto Interno Bruto (PIB) venezuelano é o mais reduzido dos quatro países, e, terceiro, é também o menos diversificado sob o ponto de vista económico, dependendo das receitas do petróleo em cerca de 50%. O terceiro componente principal reflecte sobretudo a relação entre as três maiores economias da América Latina: a Argentina, o Brasil e o México. O Brasil é de longe a maior economia, com um PIB aproximadamente idêntico ao das economias da Argentina e do México em conjunto. Consideramos o segundo e o terceiro componente principal representativos das duas principais relações regionais que existem na América Latina.

Para fazer face às deficiências inerentes à análise estática, apresentamos em seguida uma perspectiva do mercado de um ponto de vista mais dinâmico.

Para elaborar uma análise dinâmica, efectuamos uma sequência de ACP cobrindo janelas consecutivas de 120 dias. Referir-nos-emos à fracção da variância atribuída ao primeiro componente como o coeficiente de conjugação. O coeficiente de conjugação representa a frequência com a qual o mercado se desloca como um bloco único devido a um choque típico.

Ao longo de um período de cinco anos, o coeficiente de conjugação flutua significativamente à medida que o mercado tem em conta o risco regional. Contudo, não podemos considerar somente os méritos do coeficiente de conjugação para interpretar as condições ou o estado do mercado; deve ser considerada também a informação existente na estrutura do primeiro vector. Para cada uma das doze janelas, fornecemos uma breve sinopse do mercado que explica acontecimentos económicos que se reflectem na análise ACP. A síntese destes resultados encontra-se nas figuras que a seguir se apresentam e que representam graficamente a evolução no tempo das estruturas dos componentes principais e acontecimentos observados durante os cinco anos e meio.



Figs. 3 e 4 — Emissão inicial e valor actual em circulação/produto interno bruto

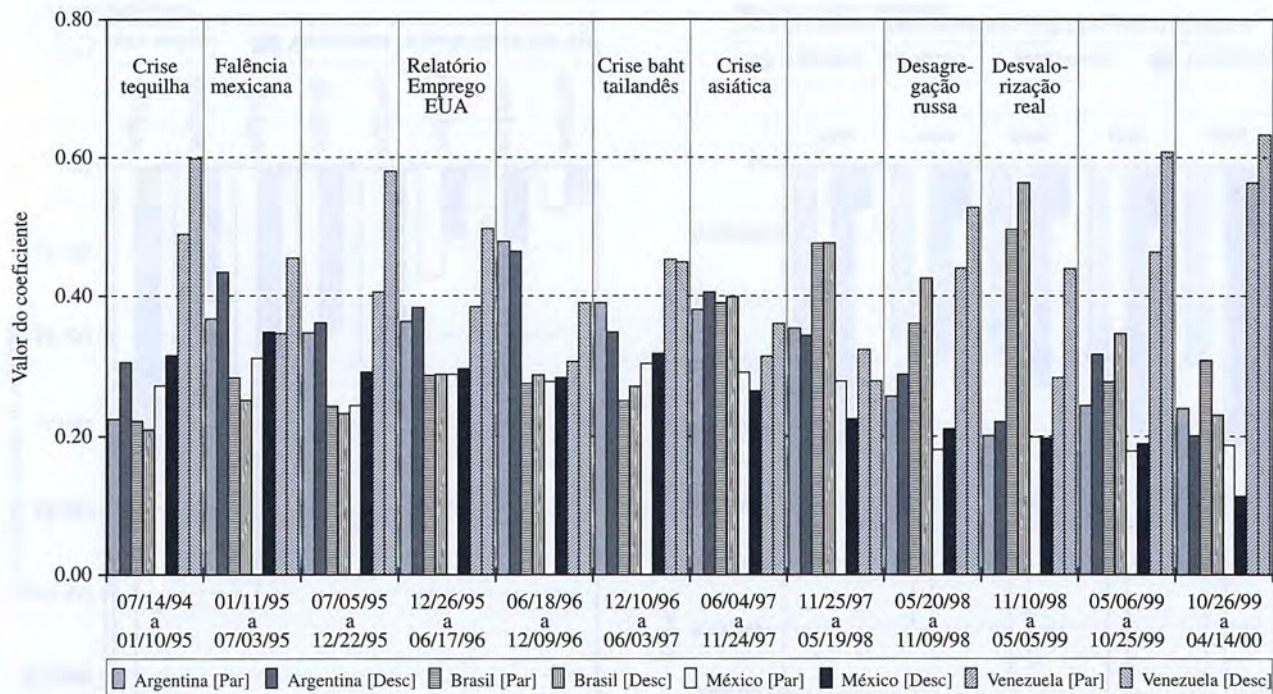


Fig. 5 — Migração do primeiro componente principal

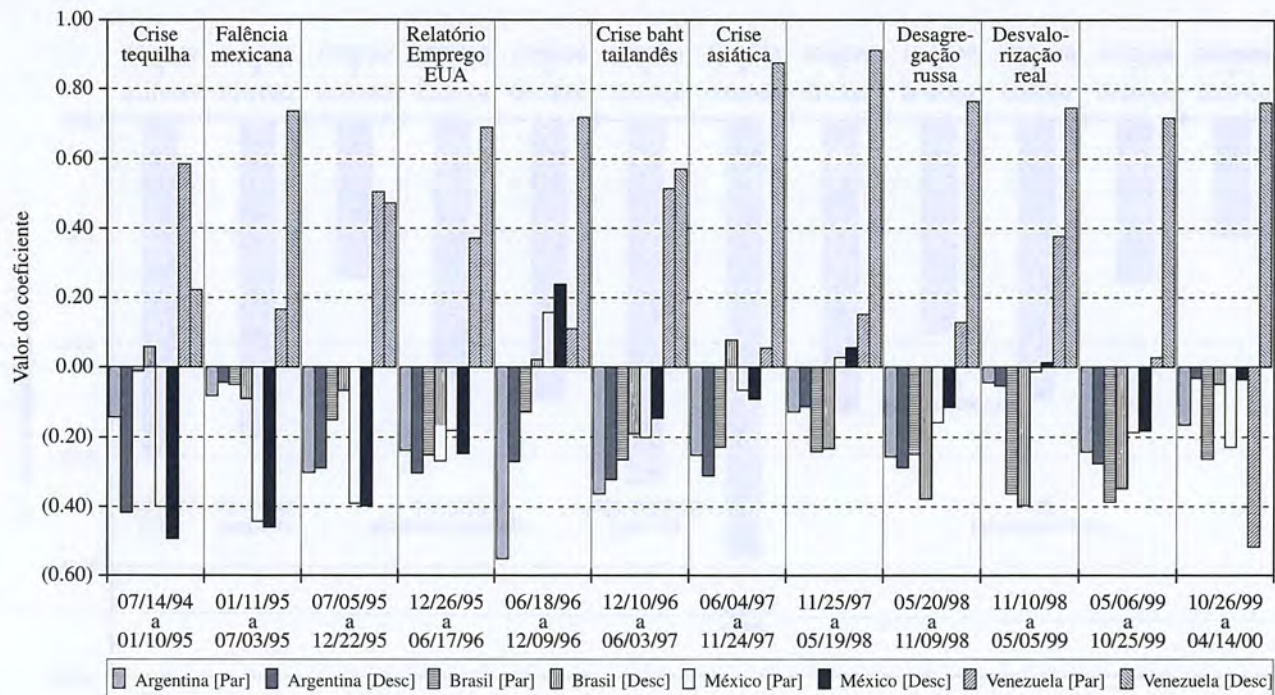


Fig. 6 — Migração do segundo componente principal

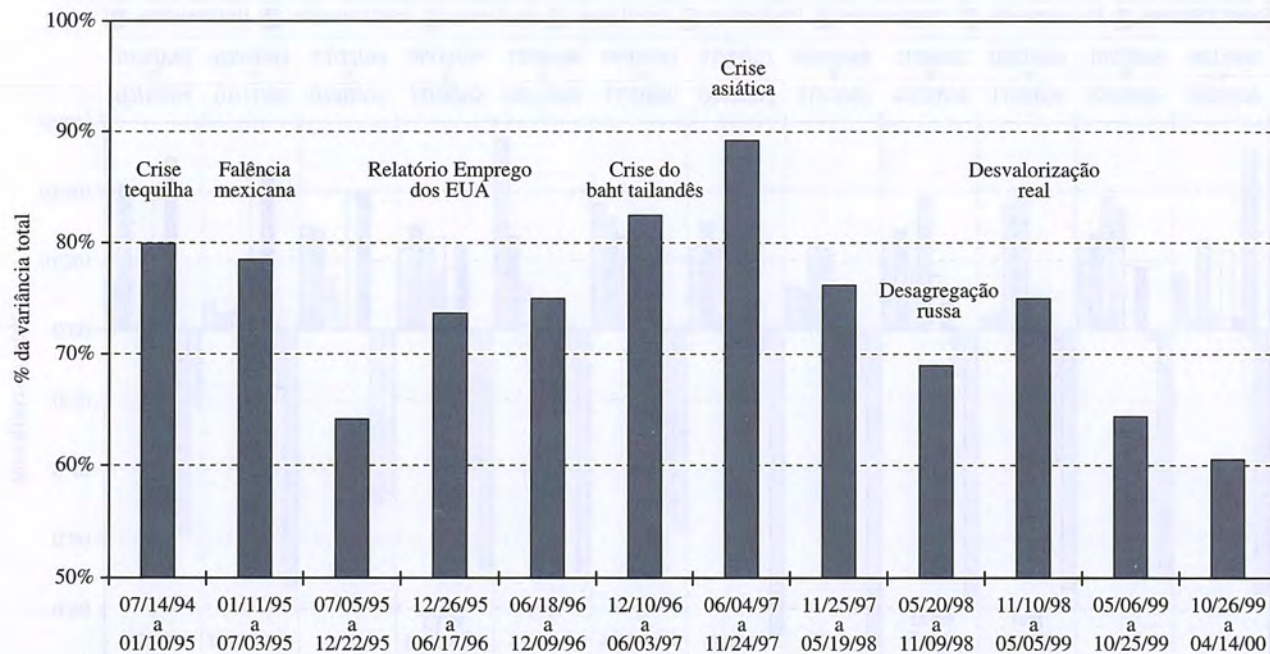


Fig. 7 — Percentagem da variância total do primeiro componente principal [coeficiente de conjugação]

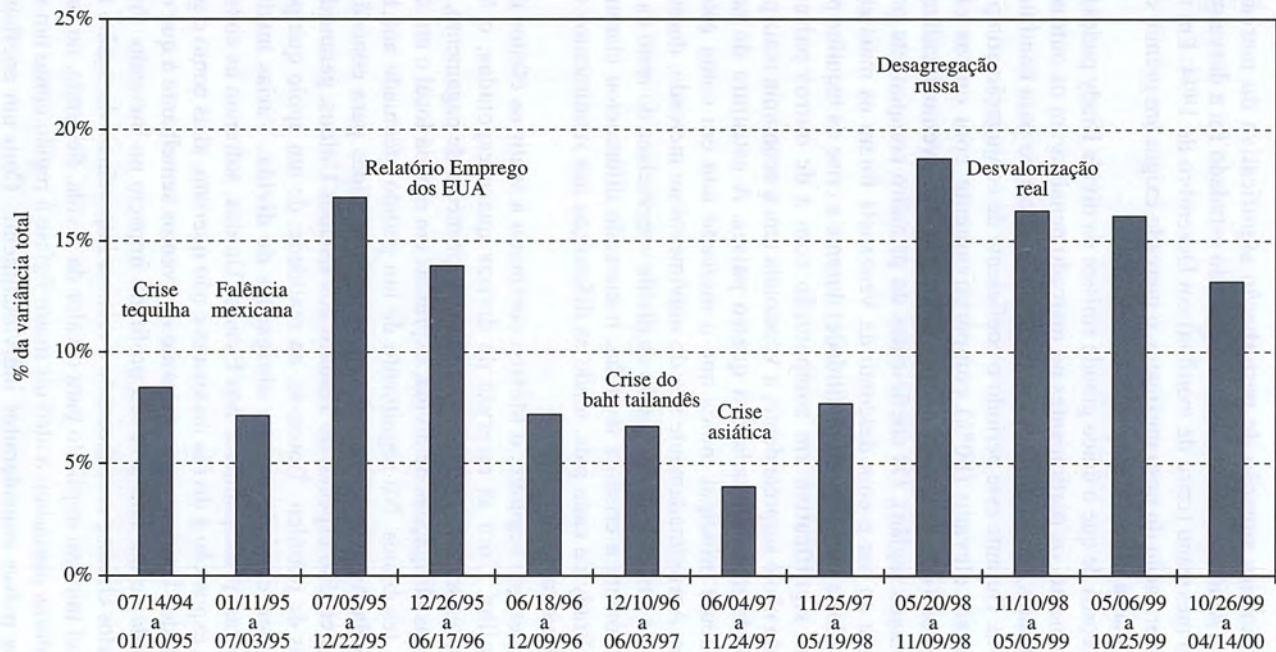


Fig. 8 — Percentagem da variância total do segundo componente principal

A primeira situação de perturbação significativa do mercado que abalou a América Latina durante o período estudado foi a desvalorização do peso mexicano (crise da tequilha) em Dezembro de 1994. Em reacção à desvalorização do peso mexicano, o mercado exigiu um prémio de risco substancial à dívida Brady do México.

Receosos de que o único grande emissor da dívida Brady pudesse faltar ao pagamento, os participantes no mercado penalizaram os outros países participantes, exigindo-lhes um prémio significativo para continuarem a possuí-la. Durante este período o coeficiente de conjugação atingiu o seu valor mais elevado (80%) comparativamente com outros choques endógenos (isto é, choques originados por um evento localizado em determinada região). Os coeficientes do primeiro componente principal da dívida ao par e com desconto da Venezuela foram os mais elevados (associados a uma maior volatilidade) durante a crise da tequilha por uma margem significativa em comparação com a de outros países. Este resultado não é surpreendente; a Venezuela tem a economia mais pequena e a dívida mais elevada dos quatro países. A estrutura do segundo componente principal indica que o mercado tem em conta estes dois factores. Aproximadamente 9% do movimento no mercado, durante este período, é atribuído à segregação da dívida venezuelana do resto da região. Anteriormente à crise da tequilha, o mercado diferenciou claramente a dívida Brady de cada país, tendo as diferenças nos rendimentos variado 75-600 pontos base.

No período seguinte, o México continuou a sentir os efeitos da crise da tequilha. Com as reservas de divisas quase esgotadas, o México confrontou-se com a perspectiva do incumprimento de pagamento, a curto prazo, das obrigações de dívida, expressas em moeda local e em dólares, cetes e tesobonos. No seguimento de um pedido efectuado aos Estados Unidos da América, foram desencadeadas medidas para conceder uma linha de crédito especial do Tesouro dos Estados Unidos, garantida pelas reservas de petróleo. Tratou-se, na realidade, de um apoio que permitiu ao México cumprir as suas obrigações de dívida. Várias instituições financeiras, principalmente nos Estados Unidos, sofreram as consequências da exposição à dívida mexicana e não queriam, aliás como o governo dos Estados Unidos, outra sucessão de eventos semelhante à que ocorreu na década de 80. Isto teve um profundo impacto no mercado. Primeiro, os Estados Unidos, reconhecendo a relativa importância da região, fixaram um nível mínimo implícito para o valor da dívida. Segundo, no futuro os investidores passariam a atribuir maior ênfase à região como um todo do que aos países considerados individualmente. Com um coeficiente de

conjugação quase tão elevado como durante a crise da tequilha, 79%, a dívida Brady deslocou-se para outro nível, à medida que o mercado ia reagindo à crise e às negociações mexicanas de «dólares por petróleo». Estes acontecimentos são responsáveis por uma alteração estrutural significativa no segundo componente principal do período anterior. A relação intra-regional dominante, que explica 7,25% da actividade do mercado, reflecte exclusivamente o movimento da Venezuela *versus* México, enquanto relega a Argentina e o Brasil para a posição de parceiros intra-regionais.

O período de Julho a Dezembro de 1995 foi relativamente benigno na medida em que o mercado continuou a «digerir» os acontecimentos dos seis meses precedentes. O desenvolvimento mais importante neste período foi a emergência do segundo componente principal como factor significativo na explicação do movimento do mercado. É de assinalar que o segundo componente principal sempre existiu, mas apenas com uma influência limitada até este período. Explicando quase 17% da variância do mercado neste período, o segundo componente principal isolou o aumento do *spread* de rendimento relativo da Venezuela *versus* Argentina, México e, em menor grau, obrigações ao par do Brasil.

Durante 1996, período que corresponde à quarta e quinta janelas, assistimos ao início de um período de dois anos e meio de uma procura, sem precedentes históricos, de dívida da América Latina por parte dos investidores. Em Março de 1996 o Relatório do Emprego dos Estados Unidos deu origem ao único choque significativo deste período, dado que o mercado foi apanhado desprevenido quando foram criados 700 000 novos postos de trabalho na economia dos Estados Unidos, alertando para a possibilidade de inflação. A dívida Brady da Argentina teve claramente a reacção mais adversa ao Relatório, devido ao programa de dolarização que de uma forma directa ligava a sua moeda ao dólar americano. Reflectindo quer o choque do emprego quer a confiança geral do investidor na região, o coeficiente de conjugação atingiu 74%, o que representa um aumento de 10% relativamente ao período anterior, e manteve este nível durante a última metade de 1996. Na passagem do quarto para o quinto período assistimos a uma mudança significativa na estrutura do segundo componente principal. Até à segunda metade de 1996, o segundo componente principal incluiu a variância do mercado atribuída à Venezuela *versus* Argentina, Brasil e México. Esta relação alterou-se para passar a reflectir um movimento regional «Norte *versus* Sul» entre, por um lado, a Venezuela e o México e, por outro, a Argentina e o Brasil. Evidentemente, com os primeiros dois países a dependerem

fortemente das receitas do petróleo, torna-se necessário analisar o impacto potencial que os preços do petróleo bruto podem ter na importância desta estrutura. Em nossa opinião, o decréscimo, entre a primeira e a segunda metade de 1996, de 14% para 7% no segundo componente principal pode ser atribuído à alteração estrutural que então ocorreu, isto é, a adopção de uma percepção mais monolítica da região (e dos seus hemisférios).

Em 1997, dois choques exógenos originados na Ásia foram responsáveis pelos dois maiores coeficientes de conjugação observados durante todo o período em análise. Estes factos tornaram-se conhecidos como a crise do baht tailandês e a crise asiática. Caracterizamos estes eventos como fortes choques que tiveram um impacto limitado e negativo no mercado latino das obrigações Brady por um período relativamente curto. A crise do baht tailandês, que ocorreu no final da Primavera de 1997, consolidou ainda mais a importância do coeficiente de conjugação, principalmente devido a uma mudança na variância a partir do terceiro e de outros componentes de ordem superior. Contudo, a proporção da variância do mercado atribuída ao segundo componente principal baixou ligeiramente. A estrutura do segundo componente reverteu para uma volatilidade intra-regional causada, por um lado, pela Venezuela e, por outro lado, pela Argentina, pelo Brasil e pelo México. Após uma calma de seis meses, a crise asiática atingiu a já abalada base de confiança do investidor na região, à medida que as obrigações Brady ao par e com desconto se iam deslocando em conjunto em 90% do período. A presença destes dois choques reforçou a importância do coeficiente de conjugação. Anteriormente à crise, o primeiro componente principal explicava 75% do movimento do mercado, um estado de correlação relativamente elevado, tendo «saltado» então para um estado mais extremo em virtude dos dois choques externos. Isto mostra uma certa «mentalidade de grupo» no investimento da região. Com uma tão significativa proporção do movimento do mercado explicada pelo primeiro componente, o segundo torna-se irrelevante, caindo mesmo abaixo dos 4%.

O primeiro semestre de 1998 será recordado como o da «bonança antes da tempestade». Nunca a participação do investidor no mercado foi tão elevada, tendo os rendimentos das obrigações atingido os níveis mais baixos de sempre. O coeficiente de conjugação regressou a um nível mais modesto, ligeiramente acima dos 75%, e a importância do segundo componente principal duplicou, atingindo aproximadamente 8%. Contudo, o segundo componente principal altera mais uma vez a sua estrutura, isolando a relação da Venezuela *versus* Argentina, sem a participação efectiva do Brasil e do México.

O catalizador que será recordado como o mais dramático acontecimento financeiro da última década foi a falta de pagamento em moeda local da dívida externa por parte da Rússia. O quase colapso da estrutura económica da Rússia foi causado pela desvalorização do rublo em Agosto de 1998, quando a confiança do investidor na capacidade do governo russo de cumprir as suas obrigações foi repentinamente abalada no Verão. No início do Outono a Rússia faltou não só ao pagamento da dívida em moeda local ou GKO⁶, mas também faltou ao da dívida emitida durante a era soviética. Este acontecimento teve repercussões significativas no mundo financeiro e foi conduzindo a um forte «salto para a qualidade», à medida que os investidores se passavam para a dívida do governo dos Estados Unidos e dos governos europeus. A dívida da América Latina, a par e com desconto, que alguns meses antes rendia 8%-9%, negociava-se agora com rendimentos na ordem dos 12%-13%. Particularmente interessante do ponto de vista da ACP é o facto de o coeficiente de conjugação ter baixado no período anterior de 76% para 69% e de o segundo componente principal ter registado um pico de variância de 19%. Por este motivo, apesar do aumento dos *spreads*, o coeficiente de conjugação não atingiu os níveis de 1997. Pensamos que a relação próxima entre o México e os Estados Unidos e a política económica da Argentina, ligada ao dólar dos Estados Unidos, estão subjacentes a este fenómeno. Por exemplo, os dados mostram que os rendimentos para a dívida brasileira e venezuelana aumentaram significativamente, mais do que os rendimentos da Argentina e do México. Durante este período de agitação, a grande importância do segundo componente principal reflectiu-se no prémio de risco pedido para sustentar a dívida venezuelana relativamente ao resto da região. Pensamos que quando o mercado das obrigações Brady esteve sob pressão no Outono de 1998, a inexistência de uma emissão importante de dívida Brady venezuelana e o facto de a sua economia ser mais pequena que a dos outros países foram os factores significativos que conduziram ao aumento da importância do segundo componente.

⁶ *Gosudarstvennyie Kratkosrochnyie Obligatsii*, ou GKO, são obrigações públicas fixadas em rublos russos. Entre Fevereiro de 1998 e Junho de 1998 o governo russo emitiu aproximadamente 65 milhares de milhões (rublos) com uma data de vencimento de 50 anos. O Fundo Monetário Internacional propôs vários planos para reestruturar a dívida por pagar, mas nenhum foi aceite quer pela Rússia quer pelos credores.

A confiança moderada do investidor regressou à região após a desagregação russa, mas foi de curta duração, já que o Brasil sofreu uma desvalorização da sua moeda em Janeiro de 1999. O resultado foi um aumento no coeficiente de conjugação de um valor situado ligeiramente abaixo de 70% para 75%, devido sobretudo a uma mudança da variância do mercado do segundo componente principal, que decresceu de 2,5% para 16%. A dívida brasileira ao par e com desconto registou a maior mudança relativa e absoluta nos coeficientes do primeiro componente principal do período anterior e é a principal responsável pelo aumento da variância do coeficiente de conjugação dos períodos anteriores. O impacto da desvalorização brasileira foi sentido a nível do segundo componente principal. O mercado concentrou-se claramente na relação entre o Brasil e a Venezuela durante este período, tendo percebido, numa base relativa, que o risco inerente a uma tomada de posição na dívida brasileira era maior do que em relação à Venezuela. Isto reflectiu-se no aumento do volume de investimentos no Brasil.

No último semestre de 1999 e no primeiro semestre de 2000 assisteu-se ao decréscimo da importância do coeficiente de conjugação, 64% e 60% respectivamente, níveis que não se tinham registado desde o segundo semestre de 1995. A estabilidade e a confiança do investidor regressaram gradualmente ao mercado após a desvalorização brasileira. Contudo, é evidente que as dívidas dos respectivos países foram sobretudo encaradas a nível individual, em vez de num todo colectivo. O modelo ACP confirma isto com o aparecimento do terceiro componente principal. É difícil, no entanto, tecer conclusões a longo prazo com base na contribuição do terceiro componente principal, uma vez que este não teve um papel significativo anteriormente. Contudo, confirma-se a difusão da variância do mercado desde o primeiro componente principal até ao terceiro e outros componentes de ordem superior. O segundo componente principal regressa à sua forma histórica, mas regista um decréscimo ligeiro durante o segundo semestre de 2000.

Associando os resultados da análise ACP ao comportamento do mercado durante os últimos cinco anos, é possível compreender melhor o mercado de dívida de obrigações Brady da América Latina do que procedendo a uma análise do cenário estático de um só período. Com a informação agora disponível podemos concentrar os nossos esforços na resposta a algumas das questões colocadas anteriormente.

4. ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS: A ESTRUTURA DESVENDADA

4.1 Coeficiente de conjugação

O coeficiente de conjugação (percentagem da variância explicada pelo primeiro componente) requer uma maior atenção, devido ao seu peso na compreensão do «risco regional». Existem três regimes que medem até que ponto a dívida de obrigações Brady se desloca colectivamente num dado período: fraco, forte e extremo. Para avaliar a força relativa da conjugação, concentramo-nos (i) na direcção ou estado do mercado, (ii) na volatilidade das mudanças no rendimento para a dívida ao par e com desconto (vide figura 9), (iii) no tipo de perturbação e (iv) no nível absoluto do coeficiente de conjugação^{7, 8}.

Um coeficiente de conjugação inferior a 65% indica que a dívida de obrigações Brady da América Latina não está bem correlacionada. Uma conjugação fraca é indicativa do comportamento de «área limite» do mercado, em que se coloca maior ênfase no risco de cada país do que no risco regional. As conjugações fracas surgem normalmente depois de situações de perturbação prolongadas e representam um período durante qual o mercado restabelece o equilíbrio enquanto avalia o impacto do choque.

No extremo oposto do espectro, um regime é considerado extremo quando o coeficiente de conjugação ultrapassa os 80%. Durante regimes de conjugação extremos existe uma relação quase de um para um no movimento direccional da respectiva dívida Brady. Os participantes no mercado subestimam o risco associado ao investimento num país e concentram-se quase exclusivamente no risco agregado da região. Existem dois factores fundamentais que consideramos serem responsáveis pelo facto de o mercado atingir um tão alto nível de correlação: primeiro, um

⁷ A variância ou volatilidade neste contexto é associada às obrigações ao par e com desconto e não deve ser confundida com a variância aplicável a um componente principal específico. A variância neste contexto é usada alternadamente com a volatilidade do mercado. Quanto maior for a variância, maior é a volatilidade nas alterações ou movimentos dos rendimentos dos cupões.

⁸ Existem dois tipos de situações de perturbação ou choques, agudos ou prolongados. Os choques agudos são de curta duração e não têm um impacto significativo no comportamento do mercado a longo prazo. Os choques prolongados significam uma mudança fundamental na direcção do mercado cujo efeito pode influenciá-lo durante um período significativo.

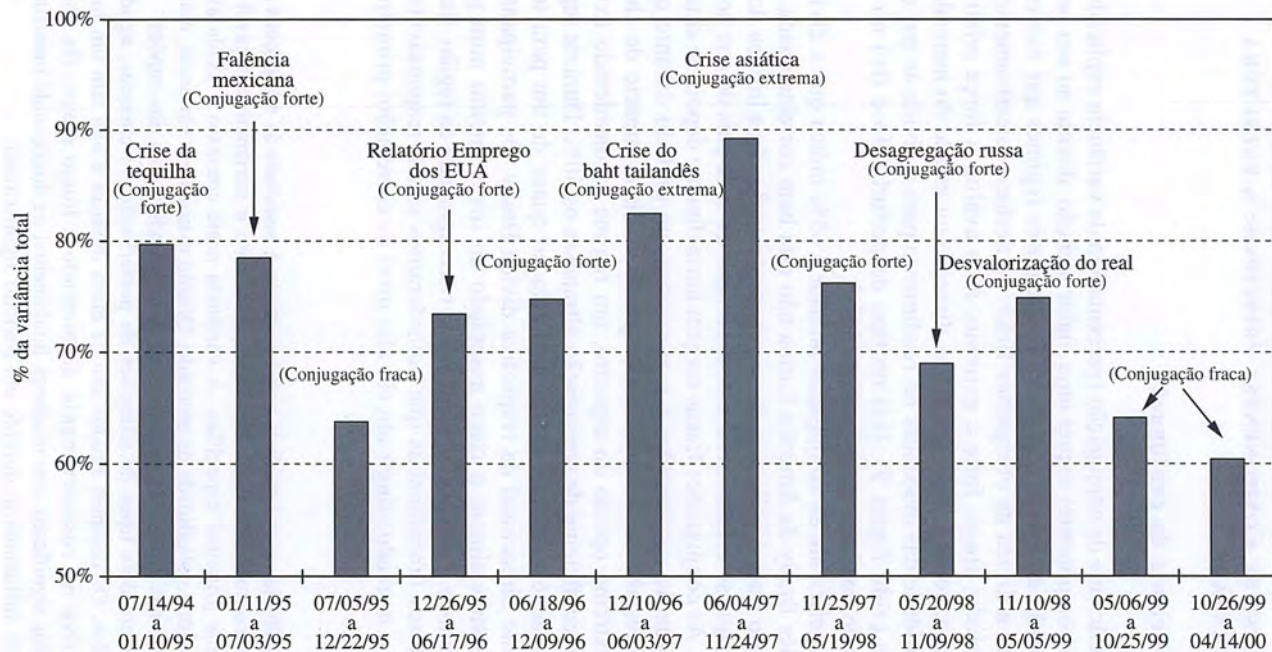


Fig. 9 — Regimes do coeficiente de conjugação

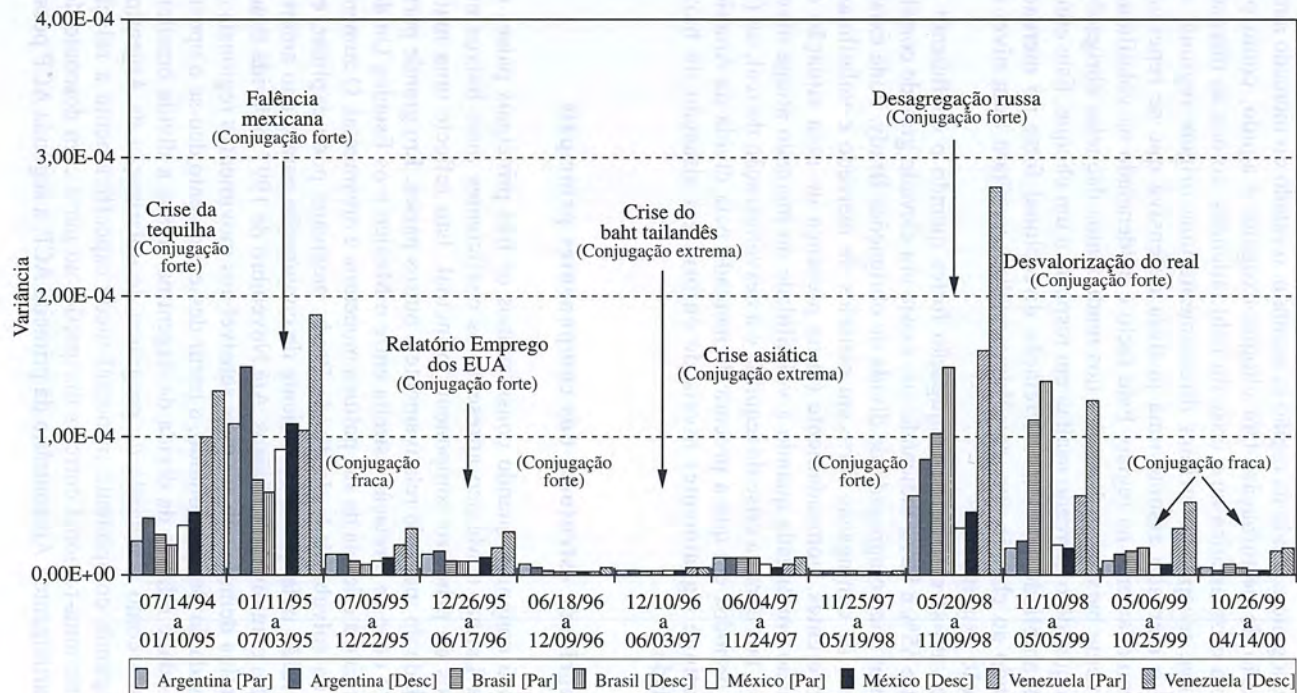


Fig. 10 — Níveis de variância do spread das obrigações ao par e com desconto

choque exógeno e agudo na região e, segundo, o estado do mercado antes da situação de perturbação. Um choque exógeno e agudo, como por exemplo a crise asiática ou a crise do baht tailandês, coloca ao mercado um dilema: incapaz de atribuir directamente uma origem regional ao choque, o mercado assume uma postura defensiva que se repercute indiscriminadamente na região. Este facto é evidenciado na volatilidade relativamente baixa das alterações nos rendimentos daquelas obrigações públicas quando o mercado «salta» em resposta a um choque. Este efeito é depois ampliado por uma correlação direccional forte no mercado conduzindo ao choque que, em última análise, resultará num nível de conjugação extremo.

Observam-se estados de conjugação fortes quando o coeficiente se situa entre 65% e 80%, indicando que existe um elevado grau de correlação no movimento agregado da dívida de obrigações Brady. Pode existir um estado de conjugação forte em cenários de mercado e volatilidade muito diferentes, nomeadamente (i) na presença de uma situação de perturbação prolongada quando a volatilidade do mercado atinge níveis extremos, tais como a crise da tequilha e a desvalorização do real, ou (ii) durante períodos em que a procura de mercado pela dívida da América Latina atinge (igualmente) níveis de euforia em situação de baixa volatilidade.

4.2 Integridade estrutural dos componentes principais

No seu conjunto, quando consideramos os três principais países da América Latina, o México apresenta os coeficientes mais baixos nos elementos do primeiro componente principal. Isto reflecte uma maior estabilidade do mercado relativamente a outros países. Em grande parte, este facto deve-se à relação estreita entre o México e os Estados Unidos da América e à eficácia da sua política monetária e orçamental. O aumento recente da solvabilidade da dívida Brady mexicana pode explicar, em parte, a razão pela qual o coeficiente de conjugação para o ano anterior se mantém com níveis tão baixos. Até Novembro de 1997, a dívida Brady da Argentina demonstrou ser mais sensível aos movimentos regionais do que a dívida do Brasil. Contudo, a partir desse momento deu-se o oposto. A estabilidade relativa da dívida da Argentina *versus* a dívida brasileira é encarada como resultando do programa de dolarização da Argentina.

O segundo componente principal mede especificamente a relação dominante intra-regional entre as obrigações ao par e com desconto dos países participantes. Ao contrário da primeira ACP, a segunda ACP possui

uma estrutura dinâmica e pode variar significativamente de período para período. Teria sido particularmente imprudente que a estrutura do segundo componente principal permanecesse idêntica dados os acontecimentos económicos que afectaram a região. Como a tabela abaixo indica, as estruturas observadas com mais frequência isolam os movimentos entre a dívida ao par e com desconto da Venezuela relativamente à dívida da Argentina, Brasil e México⁹.

Tabela 1 — Estruturas dinâmicas da segunda ACP

Segunda estrutura da ACP	Número de observações
Venezuela vs. Argentina / México / Brasil	5
Venezuela vs. Argentina / Brasil	2
Venezuela vs. Argentina / México	1
Venezuela vs. Brasil ou México	1 cada

A segunda estrutura da ACP é claramente definida pela Venezuela *versus* Argentina, Brasil e México. Os períodos em que esta relação não se verificou correspondem àquelas janelas de observação em que ocorreram situações de perturbação com origem na América Latina ou durante um período no qual o valor do coeficiente de conjugação é forte ou extremo.

Como salientámos anteriormente, a tabela explica apenas 10 dos 12 períodos. Não incluímos as estruturas da segunda ACP na análise em virtude da instabilidade estatística dos coeficientes. Em particular, os erros assintóticos, que funcionam como estimativas aproximadas da variabilidade dos coeficientes, estiveram muito acima dos limites aceitáveis.

4.3 O contraste entre a ACP dinâmica e estática

Se considerarmos os resultados da ACP estática como representativos da média estatística de várias classes do mercado a longo prazo e os resultados da ACP dinâmica representativos do comportamento do

⁹ O número de observações registado na tabela representa apenas 10 das 12 janelas possíveis de período de negociação. Uma das estruturas dos componentes principais não cumpriu certas exigências de estabilidade e foi, por isso, rejeitada.

mercado a curto prazo, concluímos que existem diferenças significativas entre os dois. O exemplo mais evidente é o comportamento do coeficiente de conjugação. Com base no critério utilizado para determinar o regime do coeficiente de conjugação, descreveríamos o coeficiente de conjugação estático como marginalmente forte, indicando que o mercado se desloca em forte correlação com uma volatilidade moderada. É evidente por esta junção que quer o coeficiente de conjugação quer a volatilidade do mercado, num ambiente dinâmico da ACP, se comportam com uma variabilidade significativa. O primeiro desloca-se entre 60% e 90%, enquanto o último exhibe, em diversas ocasiões, períodos de elevada volatilidade. Nesta base, concluímos que existe um elevado risco se sobrestimarmos ou subestimarmos o comportamento do mercado, no caso de considerarmos apenas a ACP estática. Este facto é ainda reforçado quando estabelecemos comparações envolvendo os coeficientes do primeiro componente principal ou a estrutura da segunda ACP. No que toca a esta última, é evidente que a significância estatística da segunda ACP nem sempre é substancial, nem reflecte de forma coerente uma estrutura estática. Os efeitos das perturbações são abafados em análises estáticas, dado que somos incapazes de avaliar o seu impacto num determinado país ou região como um todo.

Utilizaram-se três factores para modelar o comportamento do mercado numa análise estática; contudo, as limitações de estabilidade ou a falta de coerência estrutural restringiram a ACP dinâmica ao primeiro e segundo componentes principais. O modelo da ACP dinâmica, com dois factores, explicou em média 85% da proporção da variância do mercado, com limites inferiores e superiores de respectivamente 70% e 93%. O valor obtido com uma análise estática ACP, com três factores, é 90%. Consideramos que, apesar de utilizar menos um factor, a ACP dinâmica oferece uma interpretação muito mais realista do comportamento do mercado, com um custo estatístico relativamente baixo.

5. CONCLUSÕES E FUTURA APLICAÇÃO DA ACP

Para procedermos à análise descrita neste artigo baseámo-nos na covariância dos preços/rendimentos de mercado das obrigações Brady da América Latina e analisámos a sua estrutura de forma dinâmica. Foi dada especial atenção às alterações na importância relativa do factor face aos diferentes choques macroeconómicos que afectaram a região nos últimos seis anos. É da nossa opinião que a ACP contribuiu para determinar a variação da importância dos componentes, isto é, do «risco de correlação».

Em especial, a análise levada a cabo mostra claramente a presença constante da Venezuela como fonte principal de risco intra-regional. Por si só, este resultado já deveria ter implicações interessantes em termos das estratégias de afectação de activos a adoptar na região. Seria interessante estudar a dinâmica da futura ACP à medida que novos acontecimentos se vão desenrolando.

A análise de componentes principais encara o mercado em termos da volatilidade e do risco de correlação, em oposição à medida mais convencional de «retorno total». Um resultado estatístico interessante que emerge da análise ACP é o coeficiente de conjugação, ou a percentagem da variância explicada pelo primeiro componente. A observação das variações do coeficiente de conjugação no tempo permite construir uma imagem dinâmica da forma como o mercado encarou o risco «regional» nos últimos seis anos. Uma última aplicação importante da análise factorial, que poderá ser objecto de investigações futuras, é a utilização destes resultados para construir modelos de risco de crédito destinados a avaliar a protecção contra a falta de pagamento, dívidas de obrigações com garantias e outros instrumentos de crédito.

Referências

- Anderson, T. W. (1963) – *Asymptotic theory for principal component analysis. Annals of Mathematical Statistics*, 34, 122-148.
- Avellaneda, M. e Zhu, Y. (1997) – An E-Arch Model for Term Structure of Implied Volatility of FX Options. *International Journal of Theoretical and Applied Finance*.
- Devlin, S. J., Gnanadesikan, R. e Keramidas, E. M. (1987) – A Graphical Procedure for Comparing the Principal Components of Several Covariance Matrices. *Communications in Statistics B-Computation and Simulation*, 16, 161-191.
- Fluery, B. (1988) – *Common Principal Components and Related Multivariate Models*. John Wiley & Sons, Nova Iorque.
- Fuller, W. (1996) – *Introduction to Statistical Time Series*. John Wiley & Sons, Nova Iorque.
- Gourrieroux, Ch., Scaillet, O. e Szafarz, A. (1997) – *Econometrie de la Finance. Ed. Economica*, Paris.
- Krzanowski, W. J. (1984a) – Sensitivity of Principal Components. *Journal of the Royal Statistical Society, série B*, 46, 558-563.
- Laloux, L., Cizeau, C., Bouchaud, J. P., e Potters, M. (1999) – Noise Dressing of Financial Correlation Matrices. *Physical Review Letters* 83, 7, 1467.

Litterman, R. e Scheinkman, J. (1991) – Common Factors Affecting Bond Returns. *Journal of Fixed Income*, Junho, 55-61.

Schloerb, F. P., Heyer M. H. (1997) – Application of Principal Component Analysis to Large-Scale Spectral Line Imaging Studies of the Interstellar Medium. *The Astrophysical Journal*, 475, 173-187.

Strang, Gilbert (1988, 3.^a ed.) – *Linear Algebra and Its Applications*. Saunders College Publishing, Nova Iorque.

Country Analysis Briefs: Central & South America.

<http://www.eia.doe.gov/emeu/cabs/venez.html> (13 de Janeiro de 2000)

<http://www.eia.doe.gov/emeu/cabs/mexifull.html> (1 de Fevereiro de 2000)

(Página deixada propositadamente em branco)

Instrumentos matemáticos complexos permitiram realizar com sucesso tarefas tão distintas como a programação de um voo a Marte, a previsão de resultados eleitorais, a explicação do funcionamento de alguns mecanismos do sistema nervoso, ou a abordagem crítica de obras de arte e de textos literários. Da ciência à sociedade, dos grandes avanços técnicos à solidez de uma argumentação lógica, a Matemática constrói teias de uma imensa flexibilidade resultante do carácter universal da sua linguagem.

Neste livro, personalidades de diferentes universos dão o seu testemunho sobre a forma como usam as teias matemáticas para tecer a sua própria visão do mundo.

MARIA PAULA SERRA DE OLIVEIRA é professora de Matemática na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

ISBN 972-662-970-5



9 789726 629702



gradiva



Imprensa da Universidade de Coimbra