

Testes de Stress em carteiras de crédito a particulares

Abordagem ao Modelo de Correção de Erros

**“Stress testing a retail loan portfolio:
an error correction model approach”**

De Steeve Assouan

Análise do artigo por Álvaro Fangueiro

Seminário Modelação – 2012/2013

28 de Janeiro de 2013



Testes de Stress em carteiras de crédito a particulares

Abordagem ao Modelo de Correção de Erros

2 de 32

Estudo desenvolvido por Steeve Assouan do Grupo de Investigação Operacional do Credit Agricole S.A.

Estágio no âmbito do 2º ano do Mestrado em Engenharia Matemática, realizado na Caixa de Crédito Agrícola Mútuo da Póvoa de Varzim, Vila do Conde e Esposende

Orientadoras: Prof. Maria do Carmo Guedes e Prof. Margarida Brito

Co-Orientadora: Dra Rosa Torrão (CCAM P. Varzim, V. Conde e Esposende)

Testes de Stress em carteiras de crédito a particulares

Abordagem ao Modelo de Correção de Erros

3 de 32

Instabilidade e constante mudança

Monitorização do Risco
(cresceu exponencialmente na última década)

Risco de Crédito
(Actualmente constitui 80% do risco total das IC)

Testes de Stress em carteiras de crédito a particulares Abordagem ao Modelo de Correção de Erros

4 de 32

Quais são as ferramentas que as IC possuem para a monitorização do Risco de Crédito?

No acordo de Basileia II, nomeadamente no Pilar 2, ficou determinada a introdução de um conjunto de princípios de supervisão

Incentivo às IC a adoptarem um sistema de procedimentos destinados a calcular e manter o capital interno adequado à natureza e magnitude dos riscos incorridos. Por exemplo, realização de Testes de Stress às suas carteiras de crédito

Testes de Stress em carteiras de crédito a particulares

Abordagem ao Modelo de Correção de Erros

5 de 32

O que são Testes de Stress?

É uma técnica de “simulação” usada para avaliar a força de uma instituição de crédito, ou mais particularmente de uma das suas carteiras de crédito sob condições económicas extremas.

Inicialmente foi utilizada quase em exclusivo para monitorizar riscos de mercado.

No que diz respeito à submissão de carteiras de crédito a testes de stress, os avaliadores concentram-se em parâmetros definidos no acordo de Basileia II. O artigo em estudo incidirá sobre o parâmetro Probability of Default (PD)

O que significa “Probability of Default-PD”?

É a probabilidade de um incumprimento ocorrer num horizonte de tempo fixo (normalmente 1 ano)

A PD pode ser estimada para um simples mutuário, ou para uma carteira de crédito com características similares.

Embora dependa das características inerentes ao mutuário, é influenciado em maior escala pelas características macroeconómicas como o desemprego, taxas de crescimento, etc.)

Testes de Stress em carteiras de crédito a particulares Abordagem ao Modelo de Correção de Erros

7 de 33

Passos seguidos para simulação da PD:

Testes de compatibilidade às várias variáveis macroeconómicas envolvidas (Estacionariedade, Ordem de integração, Cointegração)

Estimação do Modelo de Correção de Erros (MCE)

Simulação da Probabilidade de Incumprimento, medindo choques macroeconómicos aplicados ao modelo

Modelo Macroeconómico de Risco:

$$PD_t = \frac{1}{1 + \exp(-y_t)} \quad y_t = f(X_t, X_{t-1}, X_{t-2}, \dots)$$

PD_t - Taxa de incumprimento no portfólio no tempo t

y_t - Índice Macroeconómico

X_{t-i} - vector de factores macroeconómicos no tempo $t-i$

Análise das Séries Temporais (Variáveis Macroeconómicas):

A maior parte das variáveis macroeconómicas são não estacionárias

Essa não estacionariedade pode induzir resultados espúrios (Sem significado económico)

Para resolver este problema o autor tirou partido da não estacionariedade das variáveis e especificou um MCE para estabelecer a relação entre o índice macroeconómico e os factores macroeconómicos

Realização de testes às variáveis macroeconómicas

Testes de Stress em carteiras de crédito a particulares

Abordagem ao Modelo de Correção de Erros

10 de 33

Teoria da Cointegração:

Verificar Estacionariedade

Séries Não Estacionárias

Verificar Cointegração

Modelo de Correção de Erros

Testes de Stress em carteiras de crédito a particulares

Abordagem ao Modelo de Correção de Erros

11 de 32

Testes de Raíz Unitária:

Testes para verificação da estacionariedade ou não da variável macroeconómica. Ex :Dickey-Fuller

$$y_t = \rho y_{t-1} + \varepsilon_t$$

Testa-se a hipótese nula de que $\rho=1$, isto é, tenha uma raíz unitária (série não estacionária), contra a hipótese alternativa que contempla a não existência de raíz unitária, $\rho<1$ (série estacionária)

Testes de Stress em carteiras de crédito a particulares

Abordagem ao Modelo de Correção de Erros

12 de 32

Ordem de Integração:

Se a não estacionariedade de uma série temporal for confirmada, pode ser possível a sua transformação numa série estacionária através da sua diferenciação $\Delta y_t = y_t - y_{t-1}$.

Esta série passa a ser integrada de ordem um ou $I(1)$

Algumas séries requerem k diferenças para se tornarem estacionárias, sendo denominadas estacionárias de ordem k ou $I(k)$

Testes de Stress em carteiras de crédito a particulares

Abordagem ao Modelo de Correção de Erros

13 de 32

Ordem de Integração (exemplos):

Variable	Integration order				Final integration order
	DF	PP	SP	ERS	
PD revolving credit	$I(1)$	$I(1)$	$I(1)$	$I(1)$	$I(1)$
PD repayment loan	$I(1)$	$I(1)$	$I(1)$	$I(1)$	$I(1)$
GDP	$I(0)$	$I(0)$	$I(0)$	$I(0)$	$I(0)$
Three-month EURIBOR	$I(1)$	$I(0)$	$I(0)$	$I(0)$	$I(0)$
Consumption	$I(0)$	$I(0)$	$I(0)$	$I(0)$	$I(0)$
Unemployment rate	$I(1)$	$I(1)$	$I(1)$	$I(1)$	$I(1)$
Real disposable personal income	$I(0)$	$I(0)$	$I(0)$	$I(0)$	$I(0)$

DF – Dickey Fuller ; PP – Phillips Perron; SP- Schmidt Phillips; ERS – Elliot Rotemberg Stock

Testes de Stress em carteiras de crédito a particulares

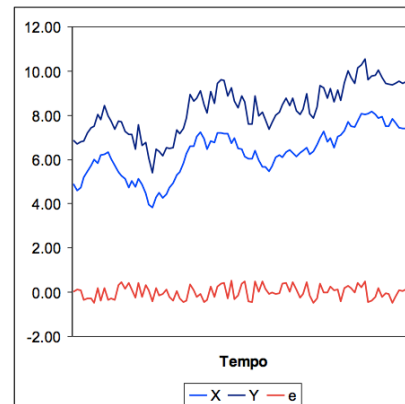
Abordagem ao Modelo de Correção de Erros

14 de 32

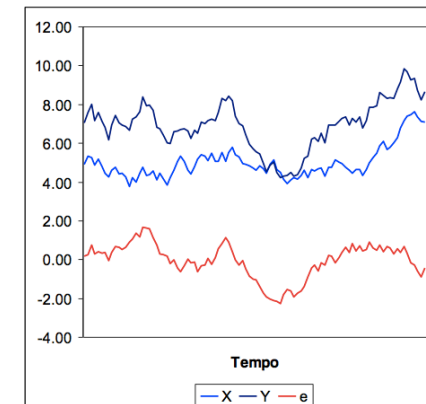
Cointegração:

Modelos de regressão de séries temporais (variáveis macroeconómicas) apenas fazem sentido se as séries forem cointegradas

Este conceito foi introduzido pela primeira vez por Engle and Granger (1987) e diz que duas variáveis $I(1)$ são ditas cointegradas se existir um β tal que $y_t - \beta x_t$ é $I(0)$, ou seja, estacionário.



Variáveis
Cointegradas



Variáveis não
Cointegradas

Modelo Correção de Erros :

Modelo condicional com dois passos introduzido por Engle e Granger em 1987.

$$Y_t = \alpha X_t + \varepsilon_t$$
$$\Delta Y_t = \theta \hat{\varepsilon}_{t-1} + \gamma \Delta X_t + \mu Z_t + v_t$$

$\Delta y_t = y_t - y_{t-1}$ é a primeira diferença de y_t

α , θ , γ e μ são um conjunto de coeficientes estimados pelo método dos mínimos quadrados e Z_t uma componente estacionária

ε_t e v_t são termos aleatórios independentes, identicamente e normalmente distribuídos

Testes de Stress em carteiras de crédito a particulares

Abordagem ao Modelo de Correção de Erros

16 de 32

Modelo Correção de Erros:

Depois de definir a ordem de integração e as potenciais variáveis cointegradas, a relação de longo prazo (1ª equação) é estimada como a regressão linear de y_t em x_t pelo método dos mínimos quadrados.

Se a componente residual da relação de longo prazo ϵ_t for estacionária, y_t e x_t são cointegradas e o segundo passo pode ser processado.

Na 2ª equação é feita a regressão de Δy_t em ϵ_{t-1} e Δx_t ,

As estimativas obtidas no primeiro passo são inseridas na 2ª equação, corrigindo os desequilíbrios de curto prazo.

Descrição dos dados

Dois tipos de dados empíricos foram utilizados neste estudo: as variáveis macroeconómicas e as probabilidades de incumprimento observadas (1 ano).

Os dados macroeconómicos contêm medidas trimestrais desde o primeiro trimestre de 1993 ao último trimestre de 2010.

Para analisar a variável de interesse foram utilizados dados de uma sucursal do Crédit Agricole desde o primeiro trimestre de 2001 ao último trimestre de 2009

Descrição dos dados:

A probabilidade de incumprimento (1 ano) é definida como a probabilidade de um empréstimo não ser pago nos próximos 12 meses.

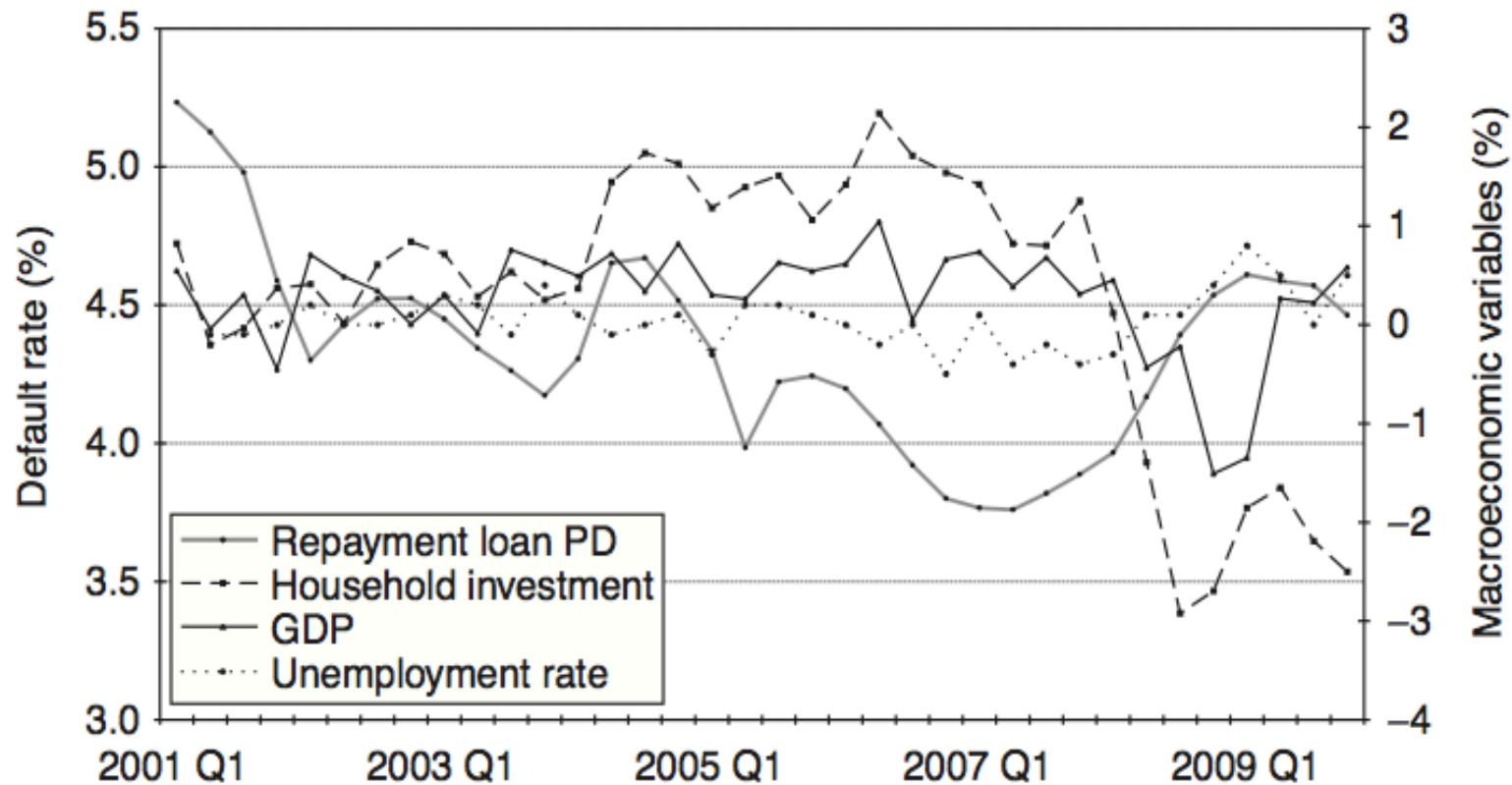
A taxa de incumprimento de um trimestre T é obtida dividindo o número incumprimentos entre T e $T + 4$ (12 meses depois) pelo número de empréstimos “saudáveis” no trimestre T

A taxa de incumprimento de um trimestre T só será conhecida em $T+4$ (De acordo com Basileia II)

Testes de Stress em carteiras de crédito a particulares

Abordagem ao Modelo de Correção de Erros

19 de 32



Testes de Stress em carteiras de crédito a particulares

Abordagem ao Modelo de Correção de Erros

20 de 32

Resultados dos testes de Raíz Unitária e Cointegração:

Variable	Integration order				Final integration order
	DF	PP	SP	ERS	
Inflation (twelve months)	<i>I</i> (1)	<i>I</i> (1)	<i>I</i> (0)	<i>I</i> (1)	<i>I</i> (1)
Household debt ratio (consumer credit)	<i>I</i> (1)	<i>I</i> (1)	<i>I</i> (0)	<i>I</i> (0)	<i>I</i> (0)
Household investment	<i>I</i> (1)	<i>I</i> (1)	<i>I</i> (1)	<i>I</i> (1)	<i>I</i> (1)
Ten-year interest rate	<i>I</i> (1)	<i>I</i> (1)	<i>I</i> (1)	<i>I</i> (1)	<i>I</i> (1)
Outstanding mortgage credit	<i>I</i> (0)	<i>I</i> (1)	<i>I</i> (1)	<i>I</i> (1)	<i>I</i> (1)
CAC 40 index	<i>I</i> (0)	<i>I</i> (0)	<i>I</i> (0)	<i>I</i> (0)	<i>I</i> (0)
Corporate debt ratio	<i>I</i> (1)	<i>I</i> (1)	<i>I</i> (1)	<i>I</i> (1)	<i>I</i> (1)
Consumption loan interest rate	<i>I</i> (1)	<i>I</i> (1)	<i>I</i> (1)	<i>I</i> (1)	<i>I</i> (1)
Household debt ratio	<i>I</i> (1)	<i>I</i> (1)	<i>I</i> (1)	<i>I</i> (1)	<i>I</i> (1)
Outstanding consumer credit	<i>I</i> (0)	<i>I</i> (1)	<i>I</i> (0)	<i>I</i> (0)	<i>I</i> (0)
Corporate investment	<i>I</i> (0)	<i>I</i> (0)	<i>I</i> (0)	<i>I</i> (0)	<i>I</i> (0)
Mortgage's interest rate	<i>I</i> (1)	<i>I</i> (1)	<i>I</i> (0)	<i>I</i> (1)	<i>I</i> (1)
New car registration	<i>I</i> (0)	<i>I</i> (0)	<i>I</i> (0)	<i>I</i> (0)	<i>I</i> (0)
Quarterly inflation	<i>I</i> (1)	<i>I</i> (1)	<i>I</i> (0)	<i>I</i> (1)	<i>I</i> (1)
Industrial output	<i>I</i> (0)	<i>I</i> (0)	<i>I</i> (1)	<i>I</i> (0)	<i>I</i> (0)
Hard goods consumption expenditure	<i>I</i> (0)	<i>I</i> (0)	<i>I</i> (1)	<i>I</i> (0)	<i>I</i> (0)

Resultados dos testes de Raíz Unitária e Cointegração:

Após a realização dos testes de raíz unitária, as variáveis são divididas em dois grupos:

- 1) As variáveis macroeconómicas que têm a mesma ordem de integração da probabilidade de incumprimento
- 2) As variáveis estacionárias

Apenas as variáveis macroeconómicas **I(1)** podem ser incluídas na relação de longo prazo do MCE

Testes de Stress em carteiras de crédito a particulares

Abordagem ao Modelo de Correção de Erros

22 de 32

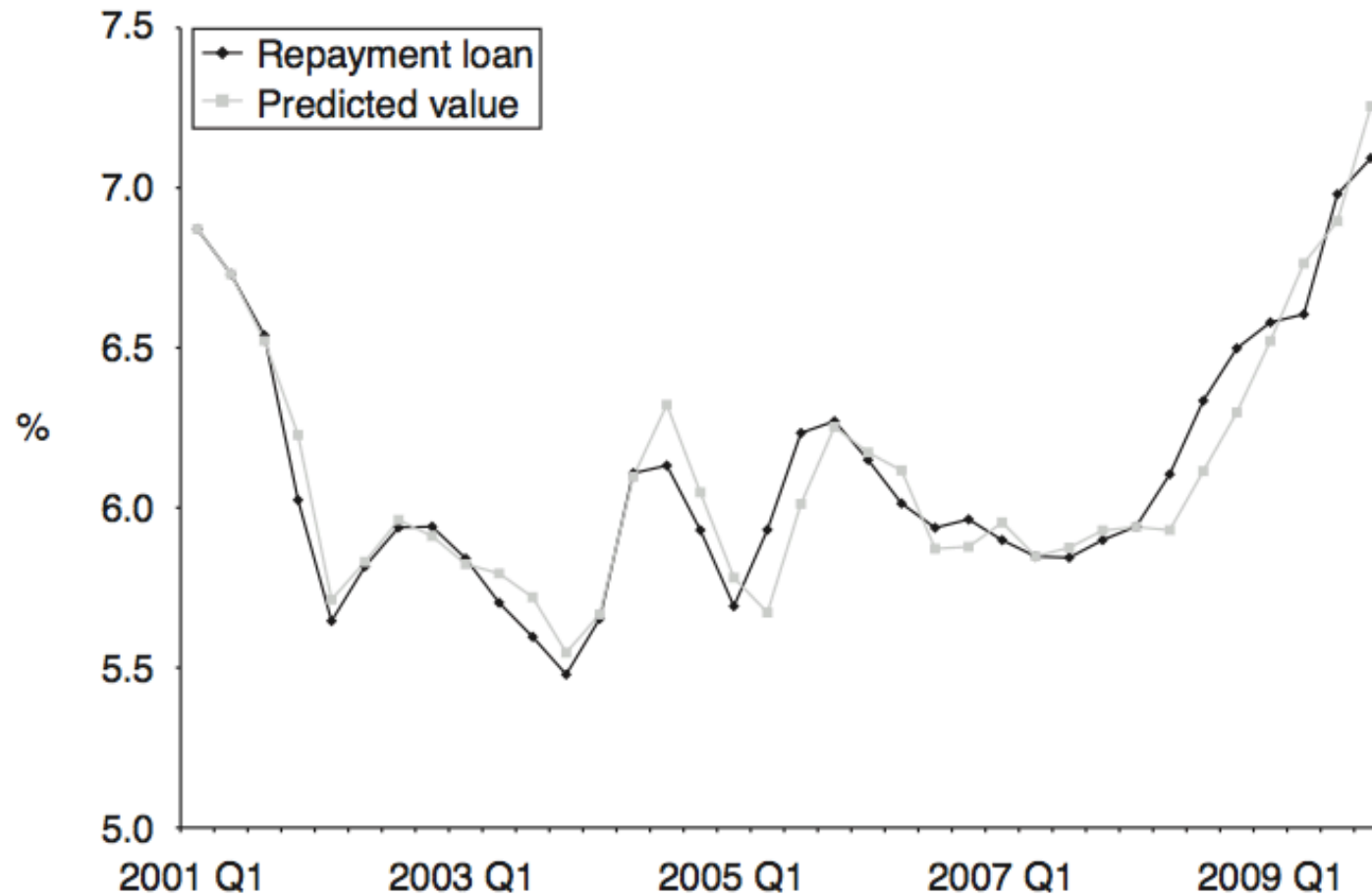
Estimação do Modelo de Correção de Erros:

Variables		Lag	Coefficient	P-value
<i>Long-term relationship</i>				
Constant term		—	−3.4463	<0.001
Household investment	(1)	$T - 1$	−3.3883	<0.0001
	(1)	$T - 3$	−3.8658	<0.0001
Unemployment rate	(2)	$T - 5$	0.089	<0.0001
<i>Short run relationship</i>				
Constant term		—	0.01993	0.0183
Long-term relationship's residual		$T - 1$	−0.4872	0.0013
Δ PD		$T - 1$	0.4633	<0.0001
Real disposable income	(1)	$T - 4$	−1.5432	<0.0001
	(1)	$T - 5$	−1.267	0.0012
Quarterly inflation	(2)	$T - 3$	−0.0152	0.0013

Testes de Stress em carteiras de crédito a particulares

Abordagem ao Modelo de Correção de Erros

23 de 32



Critérios Estatísticos – Backtesting:

Para este tipo de modelo, a capacidade de fazer previsões “out of sample” revela-se mais importante do que fazer previsões “in sample”.

Modelos parametrizados em demasia, funcionam melhor em testes “in sample”.

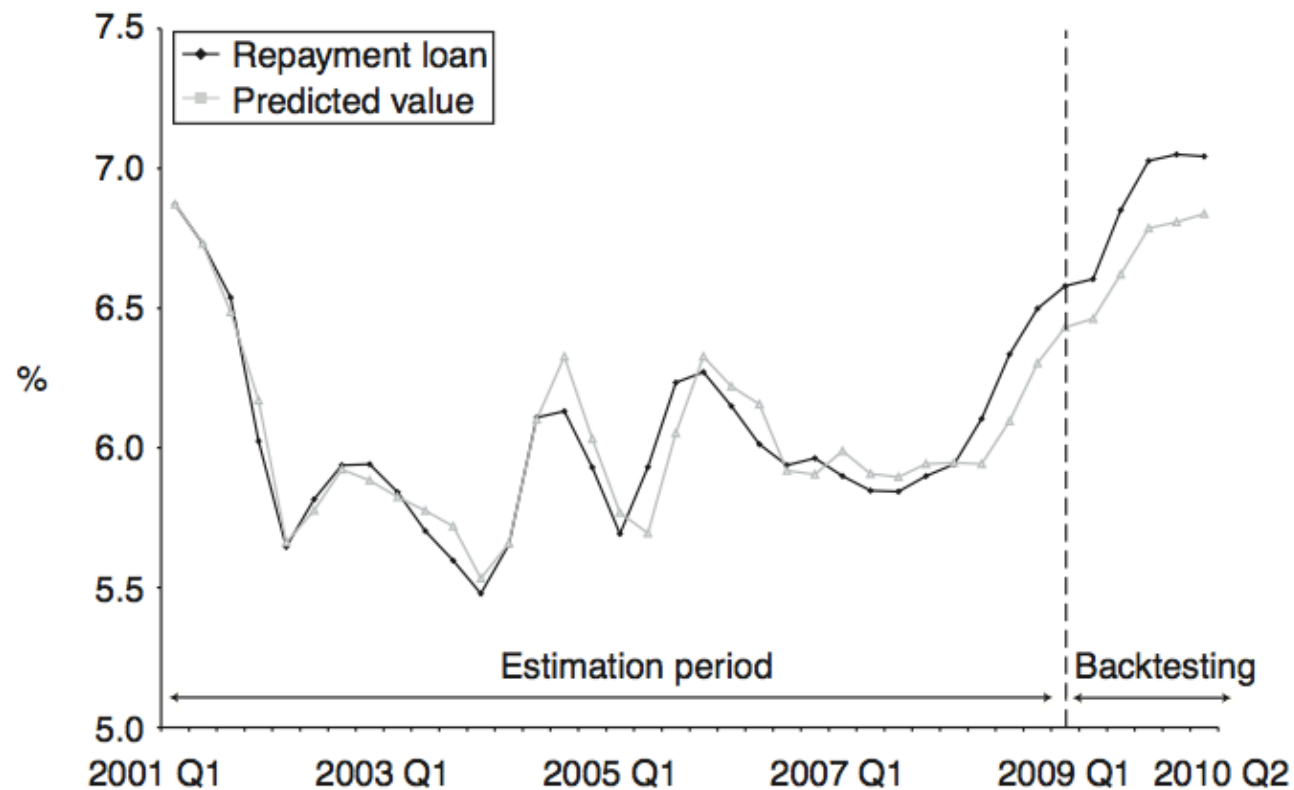
Neste teste o modelo de risco foi estimado com base no valores trimestrais de 2001 a 2008, tendo sido efectuada a previsão “out of sample” desde o primeiro trimestre de 2009 ao segundo trimestre de 2010.

Testes de Stress em carteiras de crédito a particulares

Abordagem ao Modelo de Correção de Erros

25 de 32

Critérios Estatísticos – Backtesting:



Testes de Stress em carteiras de crédito a particulares

Abordagem ao Modelo de Correção de Erros

26 de 32

Cenário de Stress

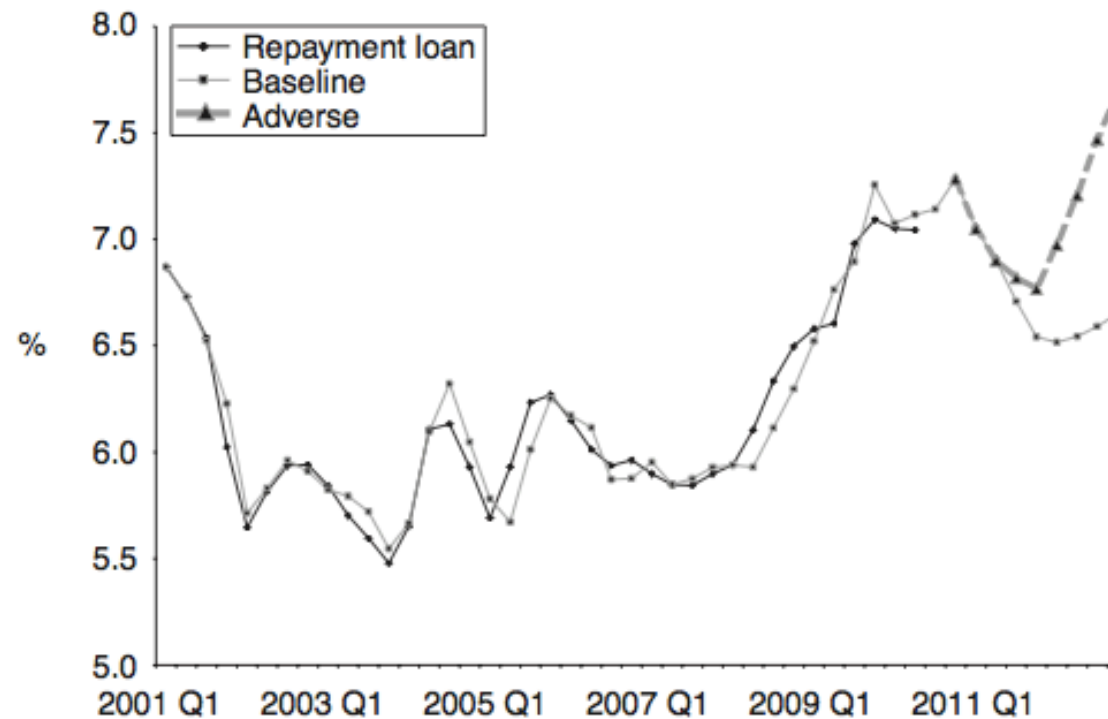
Variables	2010 Q4 (%)	Baseline		Adverse	
		2011 (%)	2012 (%)	2011 (%)	2012 (%)
<i>(1) Level</i>					
Unemployment rate	9.3	9.5	9.2	9.6	9.8
Inflation rate	+1.5	+1.6	+1.6	1.3	0.9
Three-month EURIBOR	1	1.5	1.8	2.75	2.75
Household debt ratio	79.3	82.1	85.2	78.9	76.9
<i>(2) Growth rate</i>					
Outstanding mortgage loan	+8.2	+8.4	+7.9	+2.0	-2.0
Household investment	-2.2	+2.3	+2.6	-2.0	-5.5
Real disposable income	+2.6	+3.0	+2.8	+1.5	+0.5
New cars registration	-3.0	-2.0	-3.0	-6.0	-3.0

Testes de Stress em carteiras de crédito a particulares

Abordagem ao Modelo de Correção de Erros

27 de 32

Aplicação do Teste de Stress à carteira de crédito



Aplicação do Teste de Stress à carteira de crédito

No cenário de referência a taxa de incumprimento decresceu dos 7,28% no 4º trimestre de 2010 para os 6,65% no último trimestre de 2012

Por sua vez, sob o cenário de stress verifica-se uma taxa de incumprimento de 7,69% no final de 2012

Estes resultados mostram a sensibilidade da probabilidade de incumprimento em relação ao cenário macroeconómico.

Testes de Stress em carteiras de crédito a particulares

Abordagem ao Modelo de Correção de Erros

29 de 32

Impacto na Probabilidade de Incumprimento

Scenario	2010 Q4 (%)	2011 Q4 (%)	Impact: 2010 versus 2011 (%)	2012 Q4 (%)	Impact: 2010 versus 2012 (%)
<i>Repayment loan</i>					
Baseline	7.28	6.54	-10.18	6.65	-8.68
Adverse	7.28	6.77	-7.07	7.69	+5.54
<i>Revolving credit</i>					
Baseline	1.91	1.91	-0.19	1.88	-1.61
Adverse	1.91	2.03	+5.98	2.15	+12.19

Conclusões

A realização de testes de stress recorrendo a séries temporais é normalmente utilizada para carteiras corporativas.

O autor do artigo assumiu esta abordagem sobretudo por considerar que as variáveis macroeconómicas chave são exógenas ao modelo.

O modelo macroeconómico de risco é baseado na suposição de a probabilidade de incumprimento ser influenciada pelas variáveis macroeconómicas chave através de uma relação de co-integração.

Conclusões

Verifica-se uma descida da PI sobre o cenário de referência e um aumento brusco da mesma sob o cenário de stress

Os resultados estão de acordo com o previsto pelos especialistas, isto é, o impacto dos testes de stress na PI sob um cenário adverso é sempre superior ao impacto provocado pelo cenário de referência.

Testes de Stress em carteiras de crédito a particulares

Abordagem ao Modelo de Correção de Erros

32 de 32

Bibliografia

Basel Committee on Banking Supervision (2009). Principles for sound stress testing practices and supervision. Consultative Document, BIS (May)

Sorge, M. (2004). Stress-testing financial systems: an overview of current methodologies. Working Paper 165, Bank for International Settlements (December).

Granger, C.W. J., and Newbold, P. (1974). Spurious regression in econometrics. *Journal of Econometrics* **2**, 111–120.

Rösch, D., and Scheule, H. (2007). Stress-testing credit risk parameters: an application to retail loan portfolios. *The Journal of Risk Model Validation* **1**(1), 55–75.