



BANCO CENTRAL DO BRASIL

Nota-Técnica-2009/003

Brasília, 19 de fevereiro de 2009.

Modelo de Contágio para Avaliação de Risco Sistêmico

1. Introdução

Esta nota-técnica tem por objetivo tornar pública a metodologia de avaliação de efeito-contágio, para definição de importância sistêmica de sistemas de transferência de fundos, conforme regulamentado pela Circular nº 3.437, de 13 de fevereiro de 2009.

Segundo o BIS (2001), a importância sistêmica de determinado sistema está relacionada à capacidade de provocar interrupções nos pagamentos ou de transmitir choques adversos ao sistema financeiro.

Kaufman (1999) define risco sistêmico como a probabilidade de ocorrer perdas acumuladas devido a um evento que dá início a uma série de prejuízos sucessivos ao longo de uma cadeia de instituições ou mercados, que compõem um sistema. Essas perdas ocorrem porque os bancos estão fortemente interconectados via mercado interbancário e sistema de pagamentos.

Entre as principais fontes de risco sistêmico, aquela que pode ser gerenciada por meio do sistema de pagamentos é o efeito-contágio. Segundo Litan (1997), o efeito-contágio ocorre quando a insolvência ou a falta de liquidez de um banco dá início ao colapso de outros bancos credores do banco inadimplente. As formas de ligação financeira entre as instituições são os empréstimos interbancários, os mercados financeiros ou o sistema de pagamentos. Um dos principais fatores de potencial risco de contágio é a possibilidade de se desfazer e reprocessar a compensação de obrigações em um sistema de liquidação diferida (LDL), em decorrência da exclusão de um participante inadimplente.

Segundo De Bandt e Hartmann (2000), um evento para gerar crise sistêmica deve ter a possibilidade de afetar um número considerável de instituições e de mercados, prejudicando o bom funcionamento¹ geral do sistema financeiro. Dessa forma, para se mensurar a importância do risco sistêmico, duas dimensões devem ser observadas: i) a probabilidade de ocorrer o evento sistêmico; ii) a magnitude do evento sistêmico.

O modelo aqui proposto segue Sales, Queiroz e Lucca (2003) que propõem a avaliação da importância sistêmica à luz da significância das possíveis perdas em termos de fluidez de pagamentos.

¹ O bom funcionamento do sistema financeiro está relacionado à efetividade e à eficiência com que os recursos poupados são canalizados para os investimentos produtivos de maior retorno.



BANCO CENTRAL DO BRASIL

2. Metodologia

Este trabalho se refere ao contágio cujo meio de transmissão é o sistema de pagamentos, mais especificamente, os sistemas LDL. A simulação aqui proposta tem como base o trabalho de Angelini *et alli* (1996). O autor define contágio como evento no qual o choque idiossincrático de um participante (inadimplência exógena²), em sistema LDL, provoca a inadimplência, em momento posterior, de pelo menos outro participante, via suas exposições financeiras multilaterais.

Assim, define-se iS como um evento, com $s=\{1;2;3\}$ em que:

$i1$ é o evento no qual o banco i fica inadimplente em virtude do choque aleatório individual (choque externo);

$i2$ é o evento no qual o banco i fica inadimplente devido ao reprocessamento no sistema LDL, ou seja, o choque aleatório atua indiretamente, via o reprocessamento da operação;

$i3$ é o evento no qual o banco i não fica inadimplente.

Algumas hipóteses simplificadoras são assumidas, conforme a seguir: i) em um determinado momento, apenas um banco fica inadimplente devido ao choque externo; ii) nada se pode afirmar em relação à sensibilidade de um dado banco ao choque externo.

Seja $P_t(is)$ a probabilidade de ocorrer o evento iS no instante t para o j -ésimo banco numa economia com n bancos. Supondo que, no instante t , o banco A fique credor³ em X do banco B . Assim, o risco assumido pelo banco A em função do crédito implícito concedido ao banco B , enquanto não ocorrer a liquidação, é dado por:

$$X[P_t(B1) + P_t(B2)] = X \left[P_t(B1) + \sum_{j \neq A, B}^n P_t(j1)P_t(B2 / j1) \right] \quad (1)$$

O lado direito da expressão (1) mostra que o risco assumido por A depende do risco de inadimplência de B , por choque externo $P_t(B1)$, que normalmente é internalizado na função custo esperado do banco A . O risco do banco A depende também do risco proveniente da externalidade negativa motivada pela ligação financeira entre o banco B e os j -ésimos bancos, com $j \neq A, B$, o qual normalmente não é interna-

² Por inadimplência exógena entende-se inadimplência causada por fatores não-relacionados com o sistema LDL.

³ A posição credora do banco A é o resultado da compensação dos negócios com o banco B até o instante t , por conta própria ou de terceiros, que deverá ser liquidada em instante posterior t' .



BANCO CENTRAL DO BRASIL

lizado pelos bancos⁴. A possibilidade de que haja externalidade negativa, aqui chamada de risco de contágio, faz com que a solução “primeiro melhor” do ponto de vista social, em termos de assunção de risco pelos bancos, não seja alcançada, o que justifica o papel do banco central como vigilante do sistema. Esse tipo de risco está presente se, para pelo menos um participante J , $P_t(J1) > 0$ e $P_t(B2/J1) > 0$, $J \neq A, B$. Essa última condição é factível, na prática, se a dívida do banco J para com o banco B for grande o suficiente de forma que, com a inadimplência de J , o banco B se torne incapaz de realizar seus pagamentos.

Cálculo da Probabilidade

O risco sistêmico deve ser caracterizado em duas dimensões: a probabilidade e a magnitude. Propõe-se a aplicação empírica da simulação desenvolvida por Angelini *et alli* (1996), de simulações do impacto sistêmico, quando da inadimplência por razões idiossincráticas, de cada instituição participante do sistema LDL (evento $i1$), independentemente, para um período específico. Dessa forma, é possível inferir a probabilidade do contágio. A execução das simulações segue três hipóteses básicas: (1) existe um banco, e apenas um banco por vez, que falha no pagamento de suas obrigações no sistema por razões idiossincráticas; (2) a inadimplência do banco afeta diretamente seus credores e, indiretamente, há possibilidade de transmissão de seus efeitos para o resto do sistema (efeito-contágio); (3) bancos que não apresentam níveis de liquidez suficientes (definidos a seguir) ao longo do dia para cobrir as falhas inesperadas são considerados inadimplentes (evento $i2$).

Com a inadimplência exógena de cada participante, são recalculadas as posições líquidas bilaterais de cada participante, individual e independentemente, com a retirada dos créditos e dos débitos líquidos do participante inadimplente. Novo resultado líquido multilateral foi calculado para cada participante restante do sistema e comparado com o resultado líquido multilateral original, antes do choque exógeno. Se o resultado multilateral líquido, após a falha da instituição, for menor que o do anterior, ou seja, se a instituição for credora do participante cuja inadimplência foi simulada, a diferença é comparada com o indicador de liquidez da instituição. Se o valor não recebido for maior do que o indicador de liquidez da instituição, ela é considerada inadimplente pelo efeito-contágio. Todos os débitos e os créditos das instituições inadimplentes (inclusive das “contagiadas”) são retirados do sistema e novo resultado multilateral líquido é calculado. Se a diferença entre o novo resultado multilateral e o anterior (quando nenhuma instituição estava inadimplente) for negativa, compara-se novamente com os indicadores de liquidez. O procedimento é repetido até que não restem instituições classificadas como inadimplentes. De forma resumida, os passos são os seguintes:

1. cálculo do resultado multilateral líquido ML_t^0 para cada um dos participantes do sistema;

⁴ Na prática, é bastante custoso para o banco A saber $P_t(B2/J1)$ tanto no momento da transação como no momento da liquidação das obrigações.



BANCO CENTRAL DO BRASIL

2. simulação de inadimplência de um participante j – retiram-se todos os créditos e os débitos bilaterais desse participante;
3. recálculo do resultado multilateral ML_i^u de todos os outros participantes;
4. verificação da diferença entre o novo resultado multilateral e o anterior à inadimplência do participante ($ML_i^u - ML_i^0$); se negativa, compara-se esse resultado à sua liquidez. Caso o resultado seja negativo e maior do que a liquidez, o participante é considerado inadimplente por contágio e colocado no grupo dos participantes afetados, C_j , pela inadimplência exógena de j ;
5. exclusão de todos os créditos e débitos bilaterais do(s) participante(s) afetado(s), repetindo-se o procedimento para os bancos restantes a partir do passo (3) até não se verificar novo contágio;
6. caso C_j não seja vazio, isto é, pelo menos um banco for afetado, uma ocorrência no contador de evento e é acrescentada; repete-se o procedimento, a partir do passo (1), para o participante seguinte, até que seja simulada a inadimplência de todos os bancos em cada dia.

A probabilidade P de contágio em um período é dada por:

$$\sum_J^n P(-J / J1)$$

Em que $P(-J/J1)$ é a probabilidade de pelo menos outro banco ficar inadimplente dado $J1$ (banco j ficar inadimplente por motivo idiossincrático). Tal probabilidade será a razão entre o número de eventos e , computados no período, e o número de bancos com pelo menos uma posição bilateral negativa no período.

Cálculo da Magnitude

O cálculo da magnitude tem como finalidade mensurar a importância dos possíveis afetados pelo contágio. Enquanto na análise de probabilidade existe simplesmente a contagem das ocorrências, o cálculo da magnitude captura a importância dos participantes “contagiados” no Sistema de Transferência de Reservas (STR) como um todo.

A importância quanto ao risco de um participante no sistema está diretamente relacionada ao peso de suas posições devedoras no total de débitos de todo o sistema de pagamentos. Quanto maior esse peso, maior a perda resultante de sua possível inadimplência provocada por contágio no sistema. Dessa forma, considerando C o conjunto formado pelos bancos que sofreram contágio na simulação anterior, define-se tal medida como sendo:



BANCO CENTRAL DO BRASIL

$$M = \sum_{i \in C} \left(\frac{\sum_{t_0 < t < T} Deb_t^i}{\sum_{t_0 < t < T} Deb_t} \right)$$

Sendo:

Deb_t^i → posição devedora do banco i no instante t ;

Deb_t → total de débitos do sistema no instante t ;

t_0 → instante de abertura do STR;

T → instante de fechamento do STR.

Assim, a magnitude do contágio é a soma, para todo banco i contagiado, da participação relativa dos débitos desse banco i no total de débitos no sistema de pagamento.

De posse das duas dimensões que caracterizam o risco de contágio, a avaliação da importância sistêmica do sistema sob análise deve conciliar as duas medidas.

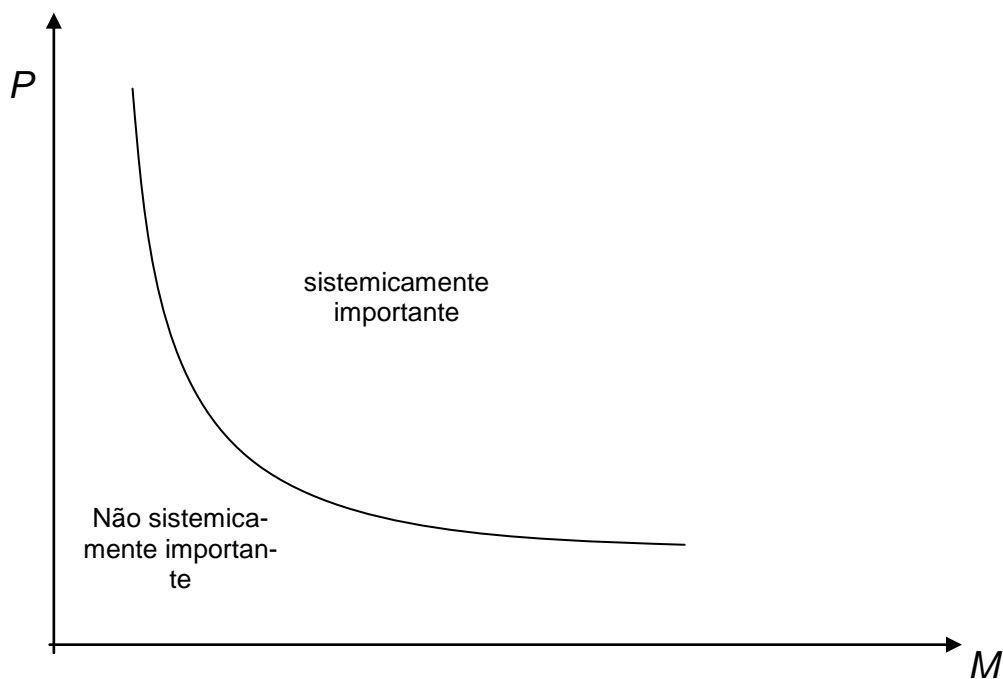
Seja $\widehat{R} = PM$ o produto da probabilidade com a magnitude do contágio. \widehat{R} representa a perda esperada, expressa em relação ao total de pagamentos que deixariam de ocorrer em função do contágio no sistema, na hipótese de inadimplência exógena de algum participante. Para um valor esperado grande o suficiente, o sistema será considerado sistemicamente importante.

Seja R^* o valor limite acima do qual seria considerado que o sistema tem importância sistêmica. Assim, para qualquer combinação entre P e M tal que $PM < R^*$, o sistema seria considerada não-sistemicamente importante.

Em um plano formado pelas duas dimensões (P ; M), pode-se construir a curva de nível dada por $P = \frac{R^*}{M}$ para $M > R^*$ e $P = 1$ para $M \leq R^*$, onde haveria as seguintes possibilidades para $M > R^*$:



BANCO CENTRAL DO BRASIL



Como limite, considera-se que o sistema em análise não terá importância sistêmica quando \hat{R} for suficientemente pequeno para garantir o fluxo de 95% dos pagamentos de todo o sistema em todos os dias em funcionamento do sistema de pagamento.

Indicador de Liquidez

A definição do BIS (2001) para sistemas sistemicamente importantes centra-se na possibilidade de o fluxo de pagamentos no ambiente LBTR não ser interrompido quando da ocorrência de contágio em um sistema.

O modelo de contágio em um sistema LBTR deve levar em consideração a necessidade de os bancos gerenciarem seus saldos de reservas bancárias em tempo real. No caso brasileiro, não existe a possibilidade de nenhum participante apresentar saldo a descoberto na conta Reservas Bancárias em qualquer hora do dia. A restrição, nesse caso, é que o participante deve ter liquidez a qualquer hora do dia após o possível reprocessamento, a fim de não caracterizar a ocorrência de um evento $i2$.

A liquidez ofertada pelo Banco Central do Brasil no instante t (L_i^t), para a realização de pagamentos, é composta de: (1) Reservas Bancárias; (2) operações de redesconto de títulos públicos federais; e (3) os recolhimentos compulsórios de livre



BANCO CENTRAL DO BRASIL

movimentação ao longo do dia. A necessidade de liquidez intradia ($NLI_{i,t}$) efetiva num determinado momento, para um determinado banco, é a diferença entre L_i^t e o seu saldo ao final do dia.

Como cenário básico, assume-se um cenário de estresse em que um banco deve possuir liquidez suficiente para arcar com o possível reprocessamento no momento de menor saldo ao longo do dia. A diferença entre esse menor saldo ao longo do dia e seu saldo no final do dia é sua necessidade de liquidez intradia efetiva⁵, que é dada por:

$$MNLI_i = \max\{NLI_{i,t}\}, \forall t.$$

Esse número pode ser negativo, o que indicaria um excesso de liquidez intradia para essa instituição. No entanto, esse excesso de liquidez não exime a instituição de ser “alvo” de contágio. Caso o reprocessamento cause na instituição perda maior do que esse excesso acrescido de suas fontes de liquidez, o evento $i2$ fica caracterizado. Para isso é necessário calcular a maior necessidade de liquidez intradia dos participantes ($M\bar{N}LI_i^t$) em um sistema que liquida no STR. Assim, são considerados os seguintes casos:

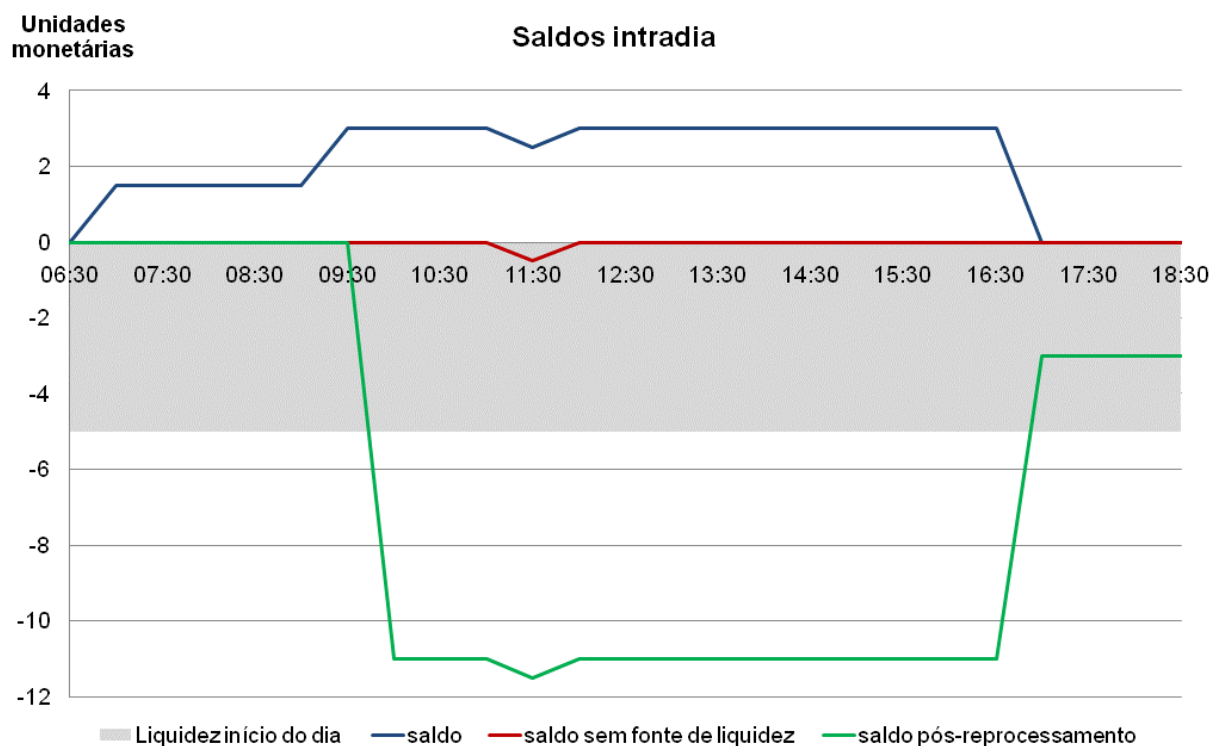
Se $M\bar{N}LI_i^t > L_i^t$ implica ocorrência do evento $i2$; caso contrário, considera-se que o participante i não tenha sofrido contágio.

O gráfico abaixo, com um caso modelo, exemplifica o que se considera como contágio no modelo proposto:

⁵ Para maior detalhe ver: BASTOS, M.R., *et. alli.* “Comportamento da Liquidez Intradia no novo Sistema de Pagamentos Brasileiro”. In: BANCO CENTRAL DO BRASIL. Relatório de Estabilidade Financeira. Mai/05.



BANCO CENTRAL DO BRASIL



O gráfico é composto de três linhas e uma área. A linha do “saldo” representa a evolução de saldo de Reservas Bancárias da instituição ao longo do dia. A linha “saldo sem fontes de liquidez” - S_i representa a mesma evolução retiradas as operações que representam a movimentação de liquidez. Interessante notar que a segunda linha pode se situar abaixo de zero. Isso é possível justamente porque foram retiradas as operações que geram movimentação de liquidez. Incoerente seria se a segunda linha cruzasse a área que demarca a liquidez da instituição. A linha “saldo pós-reprocessamento” - \bar{S}_i é uma reprodução da segunda, retirando-se dela o montante decorrente de um possível reprocessamento no sistema. A área representa a liquidez imediata L_i^t da instituição, multiplicada por -1 , de forma que ela possa ser, graficamente, comparada com o saldo \bar{S}_i . Como se observa no gráfico, se esse *unwinding* realmente ocorresse, a instituição não teria liquidez suficiente para realizar outras operações no resto do dia⁶.

Dessa forma, a introdução desse ajuste no modelo de contágio pode torná-lo mais rigoroso e mais apropriado a um sistema LDL que participa de um sistema em tempo real e sem a permissão de saques a descoberto ao longo do dia por parte dos bancos. Além disso, a análise de contágio causado por inadimplência em um sistema não ficaria restrita ao seu ambiente, pois contemplaria sua repercussão nos pagamentos do resto do sistema.

⁶ Vale ressaltar que bastaria que essa linha cruzasse em apenas um instante a área de liquidez para que a instituição fosse afetada, isto é, caracterizaria a ocorrência do evento i_2 .



BANCO CENTRAL DO BRASIL

3. Conclusão

A metodologia descrita permite que o Banco Central do Brasil avalie de forma mais direta o risco sistêmico gerado por um sistema, por meio da mensuração do efeito que possíveis interrupções num sistema apresentam à fluidez dos pagamentos.

A definição de um sistema como sistemicamente importante, ao mesmo tempo em que aumenta a segurança do Sistema de Pagamentos, traz custos, dado o aumento da necessidade de liquidez em razão da tempestividade da liquidação das transações ou de exigência de garantias para dar certeza de liquidação a essas transações.

Com a utilização de um indicador mais preciso, o Banco Central do Brasil busca maximizar o equilíbrio entre baixo risco e alta eficiência do sistema de pagamento do Brasil, um dos objetivos de sua função de vigilância.



BANCO CENTRAL DO BRASIL

Referências Bibliográficas

AGION, P., P. BOLTON e M. DEWATRIPONT, (1999), Contagious Bank Failures, mimeo.

ALLEN, F. e D. GALE, (2000), Financial Contagion, *Journal of Political Economy* 108(1): 1-33.

ANGELINI, P., MARESCA, G. e RUSSO, D., (1996), Systemic Risk in the Netting System, *Journal of Banking & Finance* 20, 853-868.

BASTOS, M.R.; PINTO, J.C.C.; FARIAS, A.R.; QUEIROZ, M.F. (2005). "Comportamento da Liquidez Intradia no novo Sistema de Pagamentos Brasileiro". In: BANCO CENTRAL DO BRASIL. Relatório de Estabilidade Financeira. Mai/05.

BIS (2001) "Core Principles for Systemically Important Payment Systems", Bank for International Settlements (www.bis.org), Basel, January 2001, #43.

BRANDT, O. E HARTMANN, P., (2000), Systemic Risk: A Survey, Discussion Paper nº 2634, Centre for Economic Policy Research.

HUMPHREY, D.B., (1989), Market Responses to Pricing of Daylight Overdrafts, Federal Reserve Bank of Richmond, *Economic Review*, May-June, 23-34.

KAUFMAN, C., (1994), Bank Contagion: A Review of the Theory and Evidence, *Journal of Financial Services Research*, 8, 123-50.

LITAN, R. E., (1996), Institutions and Policies for Maintaining Financial Stability, *Research in Financial Services: Banking, Financial Markets and System Risk*. JAI Press.

SALES, A.S.; QUEIROZ, M.F.; LUCCA, R.A. (2003). "Modelo de contágio para a avaliação de risco sistêmico". In: BANCO CENTRAL DO BRASIL. Relatório de Estabilidade Financeira. Novembro/03.

WELLS, Simon, (2002), UK Interbank Exposures: Systemic Risk Implications – Financial Stability Review: December 2002.
