

## SETOR EXTERNO

# Estimativas de reservas internacionais ótimas sob baixos níveis de dívida externa de curto prazo

**Christian Vonbun**

Técnico de planejamento e pesquisa na Diretoria de Estudos e Políticas Macroeconômicas (Dímac) do Ipea

christian.vonbun@ipea.gov.br

Divulgado em 14 de setembro de 2022.

## Sumário executivo

Esta *Nota Técnica* mostra o cálculo do nível ótimo de reservas internacionais para o Brasil no período entre o primeiro trimestre de 2004 e o primeiro de 2022, por meio da metodologia proposta por Jeanne e Ranciére (2011). Essa abordagem baseia-se em modelo microfundamentado de determinação de reservas ótimas que considera o uso das reservas como um seguro contra eventos extremos e relativamente raros de paradas súbitas de fluxos de financiamentos externos para a rolagem de dívidas de curto prazo.

Os valores ótimos das reservas internacionais são estimados sob diversos cenários para os principais parâmetros do modelo. De acordo com os resultados obtidos, o nível de reservas observado recentemente no Brasil parece encontrar-se substancialmente acima do nível ótimo em todos os cenários considerados, o que levaria a custos desnecessários para o país.

Entre as limitações do modelo, cabe destacar que não são considerados os efeitos das reservas sobre os *spreads* pagos internacionalmente e sobre a percepção de risco do país. Além disso, ainda que a maior parte dos usos das reservas internacionais possa ser reduzida a um conceito de seguro, é inegável que a opção de usar reservas para fazer intervenções discricionárias e com objetivos diversos, como, por exemplo, afetar a volatilidade cambial, também podem ser objetivos válidos. Contudo, esses objetivos não são considerados no modelo de Jeanne e Ranciére, de modo que sua consideração explícita requer pesquisas adicionais.

## 1 Introdução<sup>1</sup>

As reservas internacionais consistem em um instrumento vital para a execução da política cambial, sendo sua acumulação ao mesmo tempo munição para intervenções futuras e um efeito colateral de intervenções realizadas no sentido de se desvalorizar o câmbio doméstico (ou impedir sua valorização).

1. Trecho reproduzido de Vonbun (2013), com pequenas alterações.

Logo, conforme apontado por Heller (1966), as reservas são usadas para garantir certa cotação cambial e financiar déficits temporários no balanço de pagamentos. Mais que isso, as reservas também servem como um seguro contra crises cambiais e crises de *sudden stop* (paradas súbitas no influxo de capitais). Embora os dois últimos conceitos se assemelhem, são diferentes.<sup>2</sup>

O primeiro se refere a um ataque especulativo que se faz contra uma dada cotação cambial, logo, está associado a sistemas de câmbio fixo. Há uma grande literatura acerca de crises cambiais, iniciada com o artigo seminal de Krugman (1979), bem como acerca da escolha de níveis ótimos de reservas internacionais a serem usadas como seguro contra este tipo de crise, com destaque para Ben-Bassat e Gottlieb (1992), do qual derivam aplicações para o Brasil em Cavalcanti e Vonbun (2007; 2008), por exemplo.

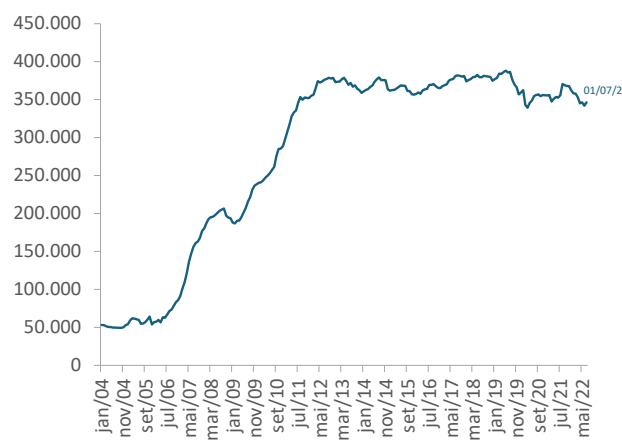
O segundo conceito se refere a uma parada súbita e inesperada na entrada de capitais externos, o que pode causar rupturas importantes e inesperadas nos fluxos financeiros e também nos fluxos comerciais. As paradas súbitas ameaçam também países que adotam câmbio flutuante e, em virtude da existência prévia de contratos financeiros e comerciais que precisam ser honrados, podem causar danos mesmo a países com saldo positivo em conta corrente. O emprego das reservas internacionais para financiar o déficit externo nesse período teria a função de mitigar os efeitos da crise, permitindo que a absorção externa não sofra impactos fortes no curto prazo, ajudando a minimizar seus efeitos.

Outros fatores podem motivar a acumulação de reservas internacionais, entre eles: poupança para liquidação de obrigações futuras em moeda estrangeira; a possibilidade de reduzir ou redistribuir ao longo do tempo os *spreads* da dívida externa, ao afetar a percepção de risco; assegurar contra riscos de rolagem de dívidas (como em Bianchi, Hatchondo e Martinez, 2018); o medo de flutuar (*fear of floating*), como Calvo e Reinhart (2002) chamam a cautela dos bancos centrais de acumular reservas mesmo após a decisão de deixar a taxa de câmbio flutuar, de modo a poderem voltar atrás, se julgarem necessário; e o que Aizenman e Lee (2008) chamam de motivos mercantilistas, isto é, a promoção deliberada de uma taxa de câmbio desvalorizada para buscar a obtenção de superávits comerciais, de forma artificial.

Independente dos motivos para a sua manutenção, a necessidade de se calcular o volume ótimo de reservas internacionais se dá em função da existência de custos e benefícios. Os benefícios foram citados, mas os seus custos consistem no diferencial de juros que um país tem que arcar, visto que a aplicação de divisas em reservas internacionais costuma ter remuneração inferior ao custo da dívida externa e/ou da dívida interna, especialmente a que está em mãos de estrangeiros, uma vez que o custo fiscal se torna um custo social na proporção do que se paga a estrangeiros.

Todavia, é importante não ignorar os custos fiscais, pois, mesmo que não necessariamente igualando essa definição de custos sociais, estes podem ter consequências deletérias sobre as finanças públicas e, por consequência, sobre a economia como um todo. Assim, faz-se necessário otimizar a acumulação das reservas, de modo a nem se correr riscos nem se incorrer em custos desnecessários.

GRÁFICO 1  
Evolução da relação reservas internacionais observadas brasileiras



Fonte: Ipeadata/Banco Central do Brasil (BCB).

2. Bahmani-Oskoeec e Brown (2002) fazem uma boa revisão da literatura acerca da demanda por reservas, que é complementada por Cavalcanti e Vonbun (2008).

Todavia, na prática, o nível de reservas internacionais mantido pelo BCB cresceu de forma substancial entre 2007 e 2011, e manteve-se em patamar elevado desde então, o que naturalmente suscita o interesse em se avaliar a custos e benefícios dessa política (gráfico 1), uma vez surgem preocupações acerca dos custos sociais e fiscais dessa política. Ao final de julho de 2022, a autoridade monetária já detinha US\$ 346,4 bilhões em reservas internacionais (19,5% do PIB acumulado em 12 meses, em dólares), sendo que o maior valor já registrado na média trimestral foi de US\$ 386,48 bilhões, em agosto de 2019 (20,6% do PIB).

Esta *Nota Técnica* se centra no risco de paradas súbitas, modelado por Jeanne e Rancière (2011), com o intuito de obter as reservas ótimas para economias emergentes, sendo o custo de oportunidade o *spread* em dólar (portanto não considerando diretamente o custo da dívida interna). O modelo é uma versão aprimorada do modelo de Jeanne e Rancière (2006), o qual gerou uma aplicação para o Brasil em Vonbun (2009) e outra em Vonbun (2013).

O modelo considera explicitamente as reservas como um seguro e apresenta algumas boas características, como a apresentação de uma fórmula fechada e o fato de ser microfundamentado. Dentre as limitações do modelo, cabe destacar que este foca apenas no motivo precaucional para a manutenção de reservas internacionais e não considera a possibilidade de que o aumento do nível dessas reservas reduza a probabilidade de o país ser afetado por uma crise de financiamento externo, tal qual os *spreads* da dívida – o que tenderia a elevar a estimativa do nível ótimo de reservas para o país.

Esta *Nota Técnica* se estrutura da seguinte forma: esta introdução, seguida da descrição do modelo, apresentação da estimação e dos valores ótimos de reservas, seguida da conclusão.

## 2 O modelo de Jeanne e Rancière<sup>3</sup>

Considere uma economia pequena e aberta, com tempo discreto e infinito  $t = 0, 1, 2, 3, \dots$ , onde há apenas um único bem, consumido domesticamente e nos países estrangeiros. Sua economia segue uma trajetória determinística que pode ser perturbada pela única fonte de incerteza na economia: o risco de paradas súbitas (*sudden stops*) nos influxos de capitais.

O país tem um setor privado e um governo, sendo o primeiro composto por um contínuo de consumidores atomizados e de vida infinita, com sua utilidade intertemporal definida pela equação (1).

$$U_t = E_t \left[ \sum_{i=0, \dots, +\infty} (1+r)^{-i} u(C_{t+i}) \right] \quad (1)$$

Onde  $U_t$  é a função de utilidade intertemporal,  $E_t$  é o operador de esperança,  $r$  é a taxa de juros,  $C_t$  o consumo e  $u_t$  a função de utilidade instantânea do consumo, que é do tipo CRRA, com  $\sigma \geq 0$ :

$$u(C) = \frac{C^{1-\sigma}}{1-\sigma}, \quad \sigma \neq 1 \quad (2)$$

e  $u(C) = \ln(C)$ , para  $\sigma = 1$ , onde  $\sigma$  é a aversão ao risco.

A restrição orçamentária sobre a qual os consumidores maximizam sua utilidade é:

$$C_t = Y_t + L_t - (1+r)L_{t-1} + Z_t \quad (3)$$

3. Esta seção é transcrita de Vonbun (2013) que, por sua vez, é a tradução, com pequenos ajustes e alterações, de Jeanne e Rancière (2011).

Onde  $Y_t$  é o produto doméstico,  $L_t$  a dívida externa e  $Z_t$  é a transferência (líquida) do governo para o setor privado. A taxa de juros  $r$  é constante e o consumidor representativo não dá *default*, isto é, não deixa de honrar a sua dívida externa. Outra hipótese é a de que há uma restrição à quantidade de produto que pode ser comprometida com endividamento externo, pelo setor privado. A dívida externa é totalmente liquidada no período  $t + 1$  se e somente se:

$$(1 + r)L_t \leq \alpha_t Y_{t+1}^n \quad (4)$$

Onde  $Y_{t+1}^n$  é o produto tendencial no período  $t + 1$  e  $\alpha_t$  é o parâmetro, variável no tempo, que captura o quanto do produto pode ser comprometido para o repagamento da dívida externa aos credores externos. Assume-se que ambas essas variáveis sejam conhecidas em  $t$ , o que implica que se a condição acima for satisfeita, a dívida emitida em  $t$  é livre de *default*. O fato de o valor de  $\alpha_t$  poder variar no tempo implica que a restrição ao endividamento externo é variável, levando à possibilidade de *sudden stops*. O valor de  $\alpha_t$  é, neste modelo, tomado como exógeno.

A economia tem dois estados: o normal, sem crises, e o de *sudden stop*, denotado por  $s$ . Em períodos de normalidade, o produto  $Y_t^n$  cresce a uma taxa constante e o setor privado pode se comprometer a amortizar dívidas em uma fração constante do produto, tal que:<sup>4</sup>

$$Y_t^n = (1 + g)^t Y_0 \quad (5)$$

$$\alpha_t^n = \alpha \quad (6)$$

Onde  $g$  é a taxa de crescimento do produto,  $Y$ . A variável não negativa  $\alpha_t$  é o grau máximo de comprometimento do produto com dívidas. Se há um *sudden stop*, por hipótese, o produto  $Y_t^s$  cai em uma fração  $\gamma$  abaixo da tendência e  $\alpha_t$  cai a zero.<sup>5</sup>

$$Y_t^s = (1 - \gamma)^t Y_t^n \quad (7)$$

$$\alpha_t^s = 0 \quad (8)$$

A dívida externa que é rolada não contribui com o *sudden stop* e não tem papel importante no modelo. Para garantir que o consumidor possa repagar toda a sua dívida em um *sudden stop*, assume-se que:  $\alpha + \gamma < 1$ . Além disso, para que a renda intertemporal do consumidor seja finita, assume-se que  $r > g$ . Há também um período de recuperação da economia, que tem duração  $\theta$  até que a mesma se recupere e volte ao normal. Logo, se uma economia sofreu um *sudden stop* no tempo  $t$ , a economia volta ao estado normal  $n$  no tempo  $t + \theta + 1$ . O intervalo  $[t, t + \theta]$  é definido como o “episódio de *sudden stop*”. Assim, em um dado período  $t$ , a economia pode estar em  $\theta + 2$  estados:  $s_t = n$  (o estado da economia é de normalidade) ou em um dos  $\theta + 1$  estados dos episódio de *sudden stop*:  $s_t = s^0, s^1, \dots, s^\theta$ .

A dinâmica do produto e do crédito externo em um episódio de *sudden stop*, a uma data  $t$ , são dados por:

4. Note que o índice  $n$  indica momentos de normalidade e o  $s$  indica momentos de crise.

5. A queda a zero (e não a um valor positivo) se trata de uma normalização.

$$Y_{t+\tau}^s = [1 - \gamma(t)]Y_{t+\tau}^n \quad (9)$$

$$\alpha_{t+\tau}^s = \alpha(\tau) \quad (10)$$

Onde  $\gamma(\cdot)$  e  $\alpha(\cdot)$  são funções exógenas de  $\tau = 0, 1, \dots, \theta$ . Como na ocorrência de um *sudden stop* (período inicial da crise) temos que  $\gamma(0) = \gamma$  e  $\alpha(0) = 0$ , faz-se a hipótese de que  $\gamma(\tau)$  e  $\alpha(\tau)$  convergem em direção à trajetória normal de crescimento de forma monótona, e são, respectivamente, decrescente e crescente em  $\tau$ . Também assume-se que, ao final do episódio, o consumidor obteve o mesmo acesso ao crédito externo que desfrutava antes do mesmo, isto é:  $\alpha(\theta) = \alpha$ . A economia, após um episódio, retorna com certeza ao estado  $n$ .

Como o modelo foca no seguro contra *sudden stops*, faz-se a hipótese simplificadora de que a única fonte de incerteza na economia é o risco de *sudden stop*. A probabilidade de um *sudden stop* ocorrer em um determinado período é denotada por  $\pi$ .

Os *sudden stops* reduzem o bem-estar do consumidor de duas maneiras. Primeiro, perturbam a trajetória de consumo em torno do nível da tendência, o que reduz seu nível de bem-estar se sua elasticidade substituição intertemporal for finita. Segundo, o *sudden stop* reduz a renda intertemporal do consumidor por conta da queda do produto doméstico.

O papel do governo no modelo é o de segurar o setor privado contra choques de *sudden stop* e as quedas de renda e consumo que estes ensejam. Assume-se que o governo possa suavizar o consumo doméstico contra os *sudden stops* por meio do dispêndio das reservas internacionais, mantidos junto a investidores internacionais, as quais funcionam como um contrato de seguro. Este é encerrado pela ocorrência de um *sudden stop*, quando as reservas são empregadas para mitigar os efeitos do evento. O governo pode recompor as reservas ao final de um episódio – o que equivale a fazer novo contrato de seguro.

Como a data de um *sudden stop* não é conhecida *a priori*, um “contrato” deste tipo deve especificar uma sequência de pagamentos condicionais  $(X_t, R_t)_{t=1, \dots, +\infty}$ .

O governo simplesmente transfere os fluxos de caixa resultantes dos contratos para os consumidores domésticos, o que implica:

$$Z_t^n = -X_t \quad (11)$$

enquanto a economia estiver no estado  $n$  e:

$$Z_t^s = R_t - X_t \quad (12)$$

Na ocorrência de um *sudden stop*. O governo paga, portanto, um prêmio de seguro  $X_t$ , inclusive na iminência de um *sudden stop*, tal que a transferência líquida é a diferença entre o valor segurado (as reservas), que seria equivalente à indenização do seguro ( $R_t$ ), e o prêmio de seguro (seu custo de carregamento):  $R_t - X_t$ . A variável  $R_t$

representa o valor das reservas internacionais – que equivale à indenização paga pelo seguro – e o valor  $X_t$  ao custo de carregamento das mesmas, análogo ao prêmio de seguro.

Portanto, a acumulação de reservas custa um sacrifício de recursos que devem ser interpretados como seu custo de carregamento,<sup>6</sup> como contrapartida de seu benefício: o acesso à liquidez internacional no período de crise.

O preço (do carregamento) das reservas é especificado em função da utilidade marginal dos fundos,  $\mu$ , (ou *kernel* de preços) para os fornecedores de seguro (custo de carregamento da liquidez internacional no mercado) no tempo  $t$ , de modo que:

$$\mu_t^s \geq \mu_t^n \quad (13)$$

Assim, a utilidade marginal dos fundos de liquidez internacional do país tende a ser maior durante um *sudden stop*, o que tende a estar correlacionado com o custo da liquidez internacional no mercado, por exemplo, porque ele pode estar correlacionado a condições de baixa liquidez no resto do mundo. A diferença entre  $\mu_t^s$  e  $\mu_t^n$  determina o custo de seguro para uma economia pequena aberta. Por simplicidade, assume-se que a razão entre o dólar no momento de normalidade e o dólar no momento de crise é uma constante, denotada por:

$$p = \frac{\mu_t^n}{\mu_t^s} \leq 1 \quad (14)$$

Como será visto, o nível  $p$  pode ser inferido *ex ante* a partir do prêmio de risco puro cobrado em títulos de longo prazo que podem não ser honrados no evento de um *sudden stop*.

Sob essas hipóteses, a aquisição de reservas internacionais equivale a um contrato de seguro e, assumindo que o mercado de seguradoras estrangeiras seja perfeitamente competitivo e que sua taxa de desconto intertemporal seja a mesma do consumidor doméstico, os estrangeiros estarão dispostos a ofertar contratos de seguros  $(X_t, R_t)_{t=1, \dots, +\infty}$ , cujo valor presente descontado é não negativo, isto é:

$$\sum_{t=1}^{+\infty} \beta^t (1 - \pi)^{t-1} [(1 - \pi)X_t \mu_t^n - \pi(R_t - X_t)\mu_t^s] \geq 0 \quad (15)$$

Onde  $\beta$  é o fator de desconto intertemporal. O problema de otimização do contrato de seguros do governo pode ser resolvido de forma fechada se a restrição ao endividamento (4) sempre for ativa.<sup>7</sup> Os autores derivaram uma primeira fórmula – que é a que vamos utilizar – sob a hipótese de que a restrição é sempre ativa, então estabelecendo um conjunto de condições que são suficientes para a satisfação desta hipótese, em equilíbrio. Note que se a restrição (4) for ativa, em tempos “normais”, o governo deve manter uma razão constante de reservas com relação ao produto interno bruto (PIB).

O problema do governo, portanto, é de escolher as trajetórias  $(X_t, R_t)_{t=1, \dots, +\infty}$  de modo a maximizar o bem-estar doméstico, sujeito às restrições (3), (11) e (12), à restrição de crédito ativa (4) e à restrição de participação dos “seguradores” (13). O lagrangeano pode ser escrito como:

6. Ainda se pode imputar como custo a perda de bem-estar pelo adiamento do consumo, pela simples manutenção de um estoque de recursos poupados, que, ao contrário da poupança usual, não rende juros.

7. Os autores observam que se a restrição não for ativa, a solução para a otimização de poupança precaucional do consumidor não possui forma fechada. Mais detalhes em Jeanne e Rancière (2011).

$$\mathcal{L} = \sum_{t=1}^{\infty} \beta^t (1 + \pi)^t \{ (1 - \pi)u(C_t^n) + \pi u(C_t^s) + \nu [(1 - \pi)X_t \mu_t^n - \pi(R_t - X_t)\mu_t^s] \} \quad (16)$$

Onde  $\nu$  é o multiplicador de Lagrange e representa o preço-sombra da restrição (13). Os níveis de consumo contingentes ao estado são dados por:

$$C_t^n = Y_t^n \left( 1 - \frac{r-g}{1+g} \lambda \right) - X_t \quad (17)$$

e

$$C_t^s = Y_t^n \left( 1 - \gamma - \frac{1+r}{1+g} \lambda \right) + R_t - X_t \quad (18)$$

As condições de primeira ordem implicam que:

$$u'(C_t^n) = p u'(C_t^s) \quad (19)$$

Onde  $\lambda = \frac{L_t^n}{Y_t^n} = \frac{1+g}{1+r} \alpha$  e  $L_t^n$  é a dívida externa de curto prazo em períodos de normalidade. Isto quer dizer que o consumidor doméstico pode substituir o consumo entre os estados à mesma taxa que o investidor internacional. A restrição ativa<sup>8</sup> de participação dos “seguradores” (investidores) estrangeiros é:

$$X_t = \frac{\pi}{\pi + p(1-\pi)} R_t \quad (20)$$

e definindo:  $\rho = R_t/Y_t$ , onde  $Y_t$  é o PIB e  $R_t$  o nível de reservas, se (4) for restrição ativa, finalmente teremos:

$$\rho^* = \frac{\lambda + \gamma - \left[ 1 - \frac{(r-g)}{1+g} \lambda \right] (1-p^{1/\sigma})}{1 - \frac{\pi}{\pi + p(1-\pi)} (1-p^{1/\sigma})} \quad (21)$$

Esta é a equação do modelo (21), que determina o nível ótimo de reservas, onde:  $\lambda$  é a relação dívida de curto prazo/PIB;  $\gamma$  é a perda de produto no caso de um *sudden stop*;  $\pi$  é a probabilidade de um *sudden stop*;  $\sigma$  é a aversão ao risco e  $p$  é o preço de um dólar em período de estabilidade em termos de um dólar em tempos de crise, para o investidor global.

Pode-se mostrar que  $\rho^* \leq \lambda + \gamma$  pois  $p \leq 1$  e  $\alpha + \gamma < 1$  e o valor ótimo de reservas é igual a  $\lambda + \gamma$  se  $p = 1$  (Jeanne e Rancière, 2011), bem como que o valor ótimo das reservas é crescente em  $\sigma$ .

Para fins práticos de calibragem, precisamos eliminar  $p$ , que, contudo, é definido como:

$$p_t = \frac{x_t^{-1} - 1}{\pi_t^{-1} - 1} \quad (22)$$

8. Ver Jeanne e Rancière (2011) para uma discussão mais aprofundada acerca das restrições.

Onde  $x_t$  é o *spread* resultante do diferencial de juros pagos pela dívida externa e dos recebidos como remuneração das reservas. Se os ofertantes de seguro forem neutros ao risco, ( $x_t = \pi_t$ ), o país vai fazer um seguro “total”, isto é, vai manter tantas reservas quanto necessárias para fazer frente ao custo de um *sudden stop*. A hipótese doravante adotada é a de que  $x_t \geq \pi_t$ .

Note também que o *spread* equivale à soma da probabilidade (risco de default)  $\pi_t$  mais um termo  $\delta_t$ , que é a diferença entre o *spread* e a probabilidade de default e é determinado pela aversão ao risco dos emprestadores.

$$x_t = \pi_t + \delta_t \quad (23)$$

Substituindo (23) em (22), obtemos:

$$p_t = 1 - \frac{\delta_t}{(1-\pi_t)(\pi_t+\delta_t)} \quad (24)$$

Que dá a proporção do seguro em equilíbrio. O valor de  $p$  dado por (24) vai ser o valor a ser substituído em (21) para o cálculo efetivo das reservas ótimas.

### 3 A calibragem do modelo e o cálculo das reservas ótimas<sup>9</sup>

O próximo passo para a determinação do volume ótimo de reservas internacionais para o Brasil é calibrar o modelo. Para tal, é importante determinar os valores dos parâmetros e variáveis. Dada a dificuldade de mensuração, observação e estimação de alguns parâmetros, será necessário recorrer ao uso de cenários, tal como foi feito em Vonbun (2009), inclusive aproveitando os valores calibrados por Jeanne e Ranciére (2011) como base de comparação.

São sete as variáveis que devem ser obtidas (visto que  $p_t$  e  $x_t$  são obtidas por meio das demais): a probabilidade de um *sudden stop*  $\pi$ , a perda de produto  $\gamma$ , a razão dívida externa de curto prazo/PIB  $\lambda$ , o retorno às reservas  $r$ , o prêmio  $\delta$ , o parâmetro de aversão ao risco  $\sigma$  e o crescimento da economia  $g$ .

#### 3.1 A calibragem dos autores

Os dados calibrados por Jeanne e Ranciére (2011) são relacionados na tabela 1.

TABELA 1  
Parâmetros calibrados por Jeanne e Ranciére (2011)

Parâmetro	Valor básico
Tamanho do <i>sudden stop</i> $\lambda$	0,10
Probabilidade de <i>sudden stop</i> $\pi$	0,10
Perda de produto $\gamma$	0,065
Crescimento potencial de produto $g$	0,033
Prêmio de risco $\delta$	0,015
Taxa de juros sem risco $r$	0,05
Aversão ao risco	2

Fonte: Jeanne e Ranciére (2011).

Elaboração: O autor.

9. Seção transcrita de Vonbun (2013), com pequenas adaptações.



Na calibragem dos autores, os parâmetros  $\pi$ ,  $\gamma$ , e  $\lambda$  são ajustados com referência à amostra de *sudden stops* em 34 países de renda média entre 1975 e 2003. Para este propósito, o produto doméstico é decomposto entre absorção doméstica, conta financeira, renda enviada do exterior e a variação de reservas:

$$A_t = Y_t + KA_t + IT_t - \Delta R_t \quad (25)$$

Onde  $KA_t$  é a conta financeira;  $IT_t$  é a renda e a transferência do exterior e  $\Delta R_t = R_t - R_{t-1}$  é a variação nas reservas. Um *sudden stop* é uma queda abrupta na conta financeira  $KA_t$  que, *coeteris paribus*, reduz a absorção doméstica. O impacto de um *sudden stop* na absorção pode ser amplificado por uma queda concomitante no produto,  $Y_t$ , ou mitigado por uma venda de reservas,  $\Delta R_t$ . Para verificar a correspondência entre a identidade (25) e o modelo, note que a restrição orçamentária do consumidor (3) pode ser reescrita (em um *sudden stop* com  $L_t = 0$  e  $Z_t = (1 - x_{t-1})R_{t-1}$ ):

$$C_t = (1 - \gamma)Y_t^n + (-L_{t-1}) + (-rL_{t-1} - x_{t-1}R_{t-1}) - (-R_{t-1}) \quad (26)$$

Onde podemos substituir:

$$C_t \equiv A_t; (1 - \gamma)Y_t^n = Y_t; (-L_{t-1}) = KA_t; (-rL_{t-1} - x_{t-1}R_{t-1}) = IT_t \text{ e } (-R_{t-1}) = \Delta R_t \quad (27)$$

Logo, temos novamente (25). Assim, é possível inferir o tamanho dos choques sobre a economia em um *sudden stop* ( $\lambda$  e  $\gamma$ ) a partir do comportamento empírico dos termos à direita da equação (25).

Em linha com Guidotti, Sturzenegger e Villar (2004), identifica-se o *sudden stop* no ano  $t$  se a razão de entrada de capitais em relação ao PIB,  $k_t \equiv KA_t/Y_t$  cai em mais de 5% em relação ao ano anterior, isto é: *Sudden Stop* no ano  $t \Leftrightarrow k_t < k_{t-1} - 5\%$ .

A amostra apresenta uma grande queda no comportamento da absorção doméstica e uma queda média de 10% no influxo de capitais, mas a maior parte do impacto de uma reversão na conta financeira é contrabalançada por uma queda nas reservas. Logo, a absorção doméstica cai em menos de 3% do PIB em média no ano do *Sudden Stop*, menos que a perda em termos de fluxos de capitais.

A probabilidade incondicional de um *sudden stop* é de 10,2%, arredondada para 0,1 na calibragem. O parâmetro  $\lambda$  foi calibrado no nível médio de  $(K_{t-1} - K_t)$ , próximo de 10%, valor similar ao da razão dívida externa de curto prazo/PIB. Os dados do Global Development Finance (GDF) indicam média de 8,2% e os do BIS, 11,7%.

O custo, em termos de produto, de um *sudden stop* foi calibrado em relação ao crescimento do PIB no ano anterior à crise e no primeiro ano da mesma. Em média, o PIB cai em 4% no primeiro ano e em 9%,

O custo, em termos de produto, de um *sudden stop* foi calibrado em relação ao crescimento do PIB no ano anterior à crise e no primeiro ano da mesma. Em média, o PIB cai em 4% no primeiro ano e em 9%, se a amostra for restrita aos episódios em que houve queda. O valor calibrado foi de  $\gamma = 6,5\%$ , a média entre os valores alto e baixo. Isto é consistente com os valores na literatura.<sup>10</sup>

O custo de oportunidade de manter reservas é frequentemente medido, na literatura, como a diferença entre os juros que o país paga em sua dívida externa de longo prazo e o retorno às reservas. Se se assumir que as reservas estão denominadas em dólares americanos, o custo de oportunidade para o país  $j$  no ano  $t$  é dado por:

$$\delta_t(j) = r_t^l(j) - r_t^s(us) \quad (28)$$

Onde  $r_t^l(j)$  é a taxa de juros de longo prazo da dívida externa e é a taxa de juros de curto prazo dos Estados Unidos. Isto também pode ser escrito como a soma do termo a prêmio em dólar e o *Spread* de longo prazo do país.

$$\delta_t(j) = r_t^l(us) - r_t^s(us) + r_t^l(j) - r_t^l(us) \quad (29)$$

Onde o primeiro termo à esquerda é o prêmio a termo em dólar da dívida dos Estados Unidos e o seguinte o *spread* do país. O prêmio a termo dos Estados Unidos, medido pelo diferencial do rendimento dos títulos *Treasury* de dez anos *versus* a taxa dos *Federal Funds* foi de aproximadamente 1,5% em média entre 1990-2005.<sup>11</sup> O segundo componente é o risco (puro), que, de acordo com as estimativas de Klingen, Welder e Zettelmeyer (2004) *apud* Jeanne e Ranciére (2011), é próximo de zero. Usando uma metodologia alternativa, Broner, Lorenzoni e Schmukler (2007 *apud* Jeanne e Ranciére, 2011), esse risco em títulos de mercados emergentes varia entre 0% e 1,5%, para o período de 1993 a 2003. Logo, é usado na calibragem o valor de 1,5%. Finalmente, a taxa de juros livre de risco  $r$  é calibrada em 5% e o crescimento do produto em 3,3%, a taxa média de crescimento do PIB da amostra de países de renda média entre 1975-2002, excluindo os anos de *sudden stop*. A aversão ao risco usada foi a que os autores acreditam ser a padrão na literatura de RBC: 2. Os resultados indicaram reservas ótimas de 9,1% do PIB, ou 91% da dívida de longo prazo.

## 3.2 A calibragem para o Brasil

A calibragem específica para o Brasil requer dados específicos para o país e permite que se utilizem dados que variam ao longo do tempo, o que seria mais difícil de obter no caso da calibragem anterior, para o conjunto dos países emergentes. Todos os dados são trimestrais, entre o primeiro quartil de 2004 e o segundo de 2022.

### 3.2.1 A razão dívida externa de curto prazo/PIB

Dados da dívida externa bruta de curto prazo, obtidos junto ao BCB.<sup>12</sup> A razão dívida externa de curto prazo/PIB ( $l$ ) para o Brasil foi calculada dividindo pelo PIB em dólares acumulado nos últimos doze meses,<sup>13</sup> convertido para trimestres usando a medida de fim de período. O valor médio observado ficou em apenas 0,0006% entre o primeiro trimestre de 2004 e o segundo de 2022. Esse valor é bem mais baixo que o observado an-

10. Ver Hutchinson e Noy (2006) (13-15%) e Becker e Mauro (2006) *apud* Jeanne e Ranciére (2011): 16,5% do PIB.

11. Ver Rudebusch, Sack e Swanson (2007) *apud* Jeanne e Ranciére (2011).

12. Série 21519 do SGS do Banco Central do Brasil. Disponível em: <[www.bcb.gov.br](http://www.bcb.gov.br)>.

13. Série 4192 do SGS do Banco Central do Brasil. Disponível em: <[www.bcb.gov.br](http://www.bcb.gov.br)>.

teriormente em Vonbun (2013) e em relação à calibragem de Jeanne e Ranciére (2011). Isso significa que a autoridade monetária conseguiu realizar com sucesso uma política de redução dos riscos externos associados à dívida externa de curto prazo.

### 3.2.2 A taxa de crescimento do PIB

A variação média do PIB ( $g$ ) acumulado em quatro trimestres em dólares foi calculada com base na mesma variável oriunda do BCB. O valor médio do crescimento do PIB em US\$ ficou em 5,44% a.a. entre o primeiro trimestre de 2004 e o mesmo período de 2022.

### 3.2.3 A taxa de juros livre de risco

O retorno médio dos *Fed Funds, proxy* para a taxa de juros livre de risco  $r$ , foi obtida na amostra de dados do Federal Reserve Bank o Minneapolis, entre o primeiro trimestre de 2004 e o de 2022. O retorno médio dos *Fed Funds, proxy* para a taxa de juros livre de risco  $r$ , foi de 1,28% a.a.

### 3.2.4 O custo da crise

Para o custo da crise,  $\gamma$ , é necessário trabalhar com cenários, como feito em Vonbun (2013). Os cenários são delimitados com base nas estimativas de Barro (2001), Hutchison e Noy (2005) e De Gregorio e Lee (2003). Barro (2001) aponta para um custo de crise não descontado de 6,7% do PIB, ao longo de cinco anos. Em caso de ocorrência concomitante de uma crise bancária, esta teria custos em torno de 10% do PIB. Todavia, sua estimativa para o custo da Crise da Ásia de 1997 foi de 15% do PIB, ao longo de cinco anos. Hutchinson e Noy (2005) estimam o custo de uma crise entre 5% e 8% do PIB, podendo chegar ao intervalo de 8% a 10%, em caso de ocorrência simultânea de uma crise bancária. De Gregorio e Lee (2003) obtêm estimativas para os custos de uma crise de balanço de pagamentos entre 5,8% e 8,8% do PIB, ao longo de três a cinco anos.

Assim, foram calculados os resultados para o intervalo entre 12,5% e 15% do PIB, que fornecerá resultados mais conservadores que algumas das estimativas citadas. Cabe lembrar que a calibragem de Jeanne e Ranciére (2011) estima este custo em 6,5% do PIB.

Importante notar que, nesse modelo, as reservas fazem o papel de mitigador da crise, por meio da manutenção da absorção externa. Isso implica seu uso durante um episódio de crise, ou seja, durante a crise, as reservas são gastas para manter o mais inalterado possível o nível de consumo e de investimentos domésticos.

### 3.2.5 Aversão ao risco

Para o parâmetro de aversão ao risco,  $\sigma$ , também é feito o uso de cenários, iniciando-se com o valor de 2 – valor padrão da literatura, de acordo com Jeanne e Ranciére (2011) – variando até 4.

### 3.2.6 A probabilidade de um *sudden stop*

A fim de calcular a probabilidade de um *sudden stop*, Vonbun (2013) executou uma estimativa econométrica em painel.<sup>14</sup> No período inicial da amostra, a probabilidade condicional de um *sudden stop* é muito baixa, só passando de 5% em 2009, após a Crise do Subprime e uma piora nos fundamentos brasileiros. A probabilidade de crise em 2011 cresce fortemente para 62,1% em função da piora de todos os fundamentos, notadamente: a forte expansão do crédito doméstico (que passa de 28,9% do PIB em 2004 para mais de 54% em 2009) e a apreciação do câmbio real efetivo (revertida em 2012). O aumento da dívida externa bruta em 2009 e a piora do saldo em conta corrente entre 2007 e 2010 também figuram como motivos subjacentes ao forte aumento da probabilidade fundamental de crise. Cálculos com dados estimados – já que os oficiais não estão disponíveis de forma harmonizada – indicavam uma queda da probabilidade de crise em 2012 para 45,18%, inclusive devido à depreciação cambial de 2011 e à redução do déficit em conta corrente no mesmo ano. A probabilidade média do período inteiro foi de 9,6%, próxima à probabilidade calibrada por Jeanne e Ranciére (2011), de 10%. Por conservadorismo, são calibradas as probabilidades de 10% e de 15%.

### 3.2.7 O prêmio de risco

O prêmio de risco ( $\delta$ ) foi calculado a partir da média diária dos Global BR de 25 anos entre 2 de julho de 2021 até 13 de maio de 2022. Os dados foram obtidos na Bloomberg e o valor médio (calibrado para todos os períodos) foi de 93,2 pontos-base. Usando esse *spread* na formulação (29), o valor para calibragem de  $\delta$  foi de 2,45%.

## 4 As reservas ótimas

As reservas ótimas foram calculadas pela fórmula (21) para cada cenário abaixo. A tabela 2 mostra os valores dos parâmetros e variáveis por cenário.

TABELA 2  
Cenários e valores dos parâmetros para calibragem

Cenário/parâmetro	$\sigma$	$\gamma$	$\pi$	$\delta$	$r$	$g$	$\lambda$
Cenário 1 (JR)	2	6,5%	10,0%	1,5%	5,0%	3,3%	10,0%
Cenário 2	4	15%	15%	2,45%	variável	5,44%	variável
Cenário 3	2	15%	15%	2,45%	variável	5,44%	variável
Cenário 4	2	15%	12,5%	2,45%	variável	5,44%	variável
Cenário 5	2	15%	10%	2,45%	variável	5,44%	variável
Cenário 6	2	12,5%	12,5%	2,45%	variável	5,44%	variável
Cenário 7	2	12,5%	10%	2,45%	variável	5,44%	variável

Fonte: O autor.

A tabela 2 mostra os valores calibrados por cenário, onde os valores do cenário 1 são os mesmos do artigo original de Jeanne e Ranciére (2011). Os demais cenários usam os valores para o Brasil, com a razão dívida externa de curto prazo/PIB variável, como definida em 3.2.1 e os juros básicos dos *Fed Funds* também, como explicado em 3.2.3.

Todos, menos o cenário 2, adotam parâmetro de aversão ao risco igual a 2. O cenário 2, para testar a sensibilidade do modelo, usa aversão maior, de valor 4.

14. Infelizmente, a maior parte dos dados usados nessa regressão não são mais públicos, o que impediu a repetição do exercício com dados mais atualizados.

O custo da crise varia entre 12,5%, nos cenários 6 e 7 e 15% nos cenários 2 a 5. Apenas o cenário 1 usa a hipótese de Jeanne e Ranciére (2011), de 6,5%.

As probabilidades de crise variam entre 10%; 12,5% e 15%, de acordo com cada cenário. Os cenários mais conservadores, com maior custo e probabilidade de crise esperadas (e maior aversão ao risco, no caso do cenário 2) são os cenários iniciais. O cenário JR é apenas para efeito de comparação.

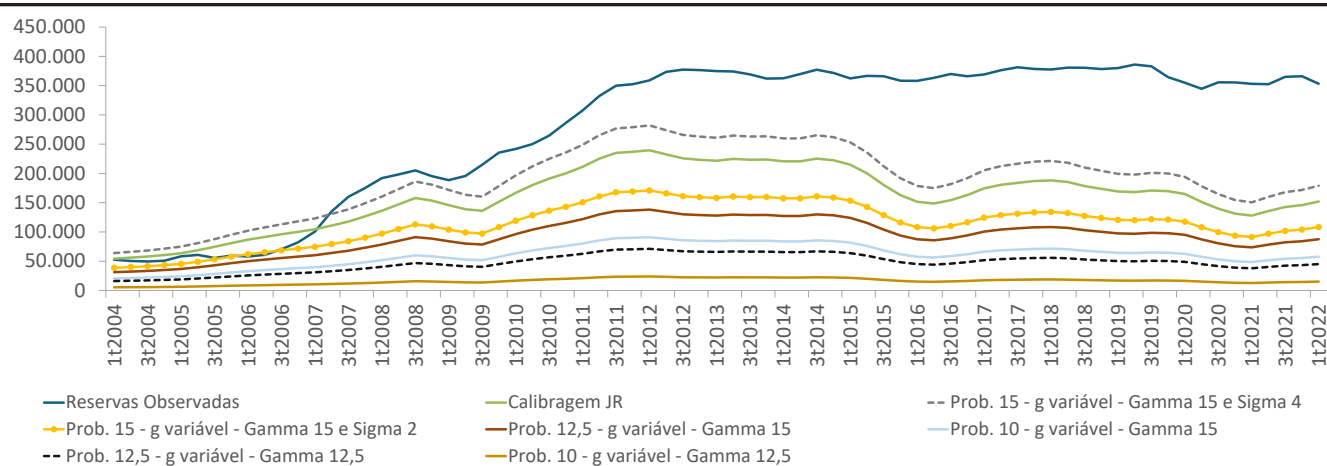
O crescimento do PIB usado foi o crescimento médio mensal do PIB em US\$, trimestralizado, desde o primeiro trimestre de 1991 ao quarto trimestre de 2021: 5,44%.

O gráfico 2 mostra que, para todos os cenários, os valores das reservas internacionais brasileiras se encontram acima do nível ótimo desde 2007; ou seja, nesse período, o custo de carregamento das reservas excedeu seu benefício esperado em termos de mitigação de crises.

Como esperado, os cenários mais conservadores levaram a um volume maior de reservas ótimas. O cenário com os parâmetros calibrados por JR implicou um excesso de reservas observadas em relação ao ótimo de US\$ 201 bilhões no primeiro trimestre de 2022, aproximadamente. No cenário 7 esse valor chegou a quase US\$ 338 bilhões.

GRÁFICO 2

**Reservas ótimas para o Brasil, por cenário**



Fonte: O autor.

É interessante notar que, diante do advento das crises do Subprime e da pandemia da Covid-19, não houve alteração substancial no nível das reservas mantidas pelo BCB. Se a crise do *Subprime* não implicou queda nas reservas (mas sim a manutenção de uma trajetória ascendente até 2012), a crise pandêmica implicou a venda de apenas US\$ 41,4 bilhões em reservas e a recuperação parcial do estoque ainda em 2021, ano em que houve ascensão inflacionária e piora na absorção externa, ainda em meio à crise sanitária. O fato de as reservas não terem sido utilizadas de forma substancial em momentos críticos parece sugerir que os motivos para sua acumulação não se resumem à posse de um seguro contra crises.

De acordo com essas estimativas, os custos desses valores em excesso são não desprezíveis. Usando-se como base o parâmetro  $\delta$ , como medida de *spread* ajustado ao prazo, os custos excessivos (e desnecessários) de carregamento podem chegar a valores entre US\$ 4,3 bilhões e US\$ 8,3 bilhões ao ano, a depender do cenário.

## 5 Conclusão

O modelo microfundamentado de Jeanne e Ranciére (2011), de determinação de reservas ótimas, considera como benefício da acumulação de reservas a mitigação de crises de *sudden stop* por meio de seu emprego para limitar as perdas na absorção externa durante esses episódios.

O emprego desse modelo com parâmetros observados do Brasil leva à determinação de patamares distintos de reservas ótimas, a depender das hipóteses sobre probabilidade e custo das crises, bem como da razão entre a dívida externa de curto prazo sobre o PIB e do *spread* entre a dívida e o retorno desses ativos – o custo de manutenção das reservas.

Importante notar que o importante parâmetro que mede a razão entre a dívida externa de curto prazo e o PIB se encontra em patamares bastante reduzidos, o que ajuda a limitar os riscos sobre a economia. Esse parâmetro é bem menor que o empregado em Jeanne e Ranciére (2011) e em Vonbun (2013), reduzindo os patamares de reservas ótimas necessárias.

De acordo com os resultados obtidos a partir dessa metodologia, nem mesmo os mais conservadores cenários conseguem justificar os patamares excessivos onde as reservas brasileiras se encontram. A depender do cenário, os custos em excesso (logo, desperdício de recursos) para a manutenção das reservas nesses níveis variam,  *grosso modo*, de US\$ 4,3 bilhões e US\$ 8,3 bilhões de dólares por ano.

Dado que o modelo utilizado neste exercício é muito simplificado, deve-se tomar cuidado ao dele extrair recomendações de política específicas. Contudo, pode-se argumentar que o diagnóstico de que as reservas estariam em nível excessivo seria, em linhas gerais, compatível com o uso dos recursos excedentes para abater as dívidas interna ou externa. Isso poderia ser feito, por exemplo, por meio da venda das reservas excedentes e do resgate de operações compromissadas do BCB – mantendo-se, assim, a liquidez do mercado monetário relativamente inalterada. Vale notar que essas operações poderiam afetar a taxa de juros e a taxa de câmbio, não sendo trivial determinar sua compatibilidade com os objetivos gerais da política monetária. Ademais, seria necessário avaliar qual a velocidade ótima da eliminação do excesso do ativo, a fim de não provocar turbulências e volatilidades excessivas no mercado de câmbio. Trata-se, portanto, de questões a serem analisadas com mais cuidado no âmbito de um arcabouço macroeconômico mais completo. É relevante também ressaltar algumas limitações do modelo: ele não considera os efeitos das reservas sobre os *spreads* pagos internacionalmente e sobre a percepção de risco do país. Também não considera possíveis efeitos das reservas acerca da volatilidade cambial e sua mitigação. O modelo trata das reservas puramente como um seguro contra *sudden stops* e não contém ponderações sobre as reservas como instrumento de outros tipos de política cambial. Ainda que a maior parte dos usos das reservas internacionais possa ser reduzida a um conceito de seguro, é inegável que a opção de usar reservas para fazer intervenções discricionárias e com objetivos diversos, como afetar a volatilidade cambial, também podem ser objetivos válidos; contudo, esses elementos não são incluídos no modelo de Jeanne e Ranciére. O modelo tampouco explora as possíveis maneiras de se executar a venda de reservas, caso estas se encontrem em nível excessivo, e nem a forma e a velocidade ótimas de realizar a venda do ativo. Assim, a consideração explícita dessas questões requer pesquisas adicionais.

## Referências

- AIZENMAN, J.; LEE, J. Financial versus monetary mercantilism-long-run view of large international reserves hoarding. **The world economy**, n.12718, p. 593-611, dec. 2008.
- BAHMANI-OSKOEI, M., BROWN, F. 'Demand for international reserves: a review article', *Applied Economics*, vol. 34 (10) p. 1209-1226 (s.l). July, 2002.
- BARRO, R. **Economic growth in East Asia before and after the financial crisis**. Cambridge: NBER, 2001 (NBER Working Paper Series, n. w8330)
- BEN-BASSAT, A., GOTTLIEB, D. Optimal international reserves and sovereign risk. **Journal of International Economics**, v. 3-4, n. 33, p 345-362, 1992.
- JAVIER BIANCHI, JUAN CARLOS HATCHONDO & LEONARDO MARTINEZ. International Reserves and Rollover Risk. **The American Economic Review**, September 2018, Vol. 108, No. 9 (September 2018), pp. 2629-2670.
- CALVO, G. A.; CARMEN M. R. Fear of floating. **Quarterly Journal of Economics**, v. 107, p. 379-408, 2 May 2002.
- CAVALCANTI, M., VONBUN, C. Calculating optimal international reserves: a cautionary note on opportunity costs. *In: ENCONTRO DO LACEA*, 22., 2007, Bogotá. **Anais...** Bogotá: 2007.
- \_\_\_\_\_. Reservas internacionais ótimas para o Brasil: uma análise simples de custo-benefício para o período 1999-2007. **Economia Aplicada**, v.12, n.3, Jul./Set. 2008.
- DE GREGORIO, J.; LEE, J. **Growth and adjustment in East Asia and Latin America**. Santiago: Central Bank of Chile, 2003. (Working Paper, n. 245).
- GUIDOTTI, P.; STURZENEGGER, F.; VILLAR, A. On the consequences of sudden stops. **Economia**, v. 4, n. 2, p. 171-203, 2004.
- HELLER, R. Optimal international reserves. **The Economic Journal**, v. 76 p. 296-311, 1966.
- HUTCHISON, M.; NOY, I. How bad are twins? Output costs of currency and banking crises, **Journal of Money, Credit and Banking**, v. 37, v. 37, p. 725-7754, Aug 2005.
- JEANNE, O.; RANCIÈRE, R. **The optimal level of international reserves for emerging market economies: formulas and applications**. Washington: IMF Research Department, 2006. (Working Paper, n. 229).
- \_\_\_\_\_. The optimal level of international reserves for emerging market countries: a New Formula and Some Applications. **The Economic Journal**, v. 121 n. 555, p. 905-930, 2011.
- KLINGEN, C.; WEDER, B.; ZETTELMEYER, J. **How private creditors fared in emerging markets: 1970-2000**. Washington: International Monetary Fund, 2004. (Working Paper, n. 6/69)
- KRUGMAN, P. A model of balance-of-payments crises. **Journal of Money, Credit, and Banking**, v. 11, n. 3, p. 311-325, Aug. 1979.

VONBUN, C. Reservas internacionais para o Brasil: patamares ótimos e custos fiscais. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 39, n. 3, p. 397-430, 2009.

VONBUN, C. Reservas internacionais revisitadas: novas estimativas de patamares ótimos. **Texto para Discussão**, n. 1885, 48p, 2013.



## ANEXO

### Reservas internacionais ótimas por cenário

TABELA A1.1

#### Reservas ótimas por cenário e reservas observadas

(Em US\$ milhões)

US\$ Milhões	Cenário	1	2	3
	Reservas Observadas	Calibragem JR	P=15 - g variável - $\gamma=15$ e $\sigma=4$	P = 15 - g variável - $\gamma = 15$ e $\sigma=2$
1t2004	52.611,00	54.356,20	64.014,58	38.800,58
2t2004	50.281,00	56.069,36	66.032,69	40.024,02
3t2004	49.585,33	57.963,65	68.263,77	41.376,40
4t2004	50.828,00	60.648,78	71.425,72	43.292,82
1t2005	58.333,00	63.650,50	74.959,07	45.433,76
2t2005	60.728,33	68.735,98	80.947,52	49.063,24
3t2005	55.590,67	74.585,02	87.836,96	53.239,51
4t2005	59.440,33	80.826,95	95.186,98	57.694,11
1t2006	58.054,33	86.765,16	102.180,48	61.933,08
2t2006	60.867,67	91.466,54	107.716,37	65.288,16
3t2006	70.563,33	96.040,34	113.100,32	68.550,46
4t2006	82.374,67	100.316,95	118.134,32	71.600,68
1t2007	100.562,33	104.579,14	123.151,02	74.640,26
2t2007	135.116,67	110.992,60	130.700,26	79.214,50
3t2007	159.989,67	117.677,15	138.570,17	83.983,65
4t2007	175.087,00	126.563,53	149.033,52	90.324,90
1t2008	191.880,33	136.138,09	160.307,17	97.157,22
2t2008	198.166,67	147.028,85	173.131,13	104.929,32
3t2008	205.057,33	157.997,53	186.046,81	112.756,98
4t2008	195.226,67	153.415,75	180.652,04	109.487,54
1t2009	188.456,67	145.773,36	171.653,17	104.033,73
2t2009	195.759,00	138.832,28	163.479,51	99.079,81
3t2009	214.912,00	136.098,67	160.259,91	97.128,23
4t2009	235.434,33	151.556,26	178.460,95	108.159,00
1t2010	241.776,00	166.815,77	196.429,17	119.048,84
2t2010	250.084,00	179.976,75	211.926,24	128.440,96
3t2010	264.608,33	191.016,93	224.925,80	136.319,35
4t2010	286.322,00	200.225,15	235.768,01	142.890,16
1t2011	307.452,67	211.210,69	248.703,07	150.729,39
2t2011	332.284,67	225.217,24	265.195,35	160.724,48
3t2011	349.749,67	235.092,44	276.823,10	167.771,45
4t2011	352.337,67	236.897,76	278.948,81	169.059,74
1t2012	358.873,67	239.468,17	281.975,36	170.893,95
2t2012	373.530,33	232.437,21	273.696,08	165.876,10
3t2012	377.367,00	225.698,92	265.761,63	161.067,33
4t2012	376.486,67	223.221,74	262.844,76	159.299,53
1t2013	374.697,67	221.597,56	260.932,31	158.140,49
2t2013	374.161,33	224.762,56	264.659,12	160.399,16
3t2013	369.207,33	223.341,53	262.985,93	159.385,15
4t2013	361.907,67	223.666,36	263.368,57	159.617,10

Fonte: O autor.

TABELA A1.2

**Reservas ótimas por cenário e reservas observadas**  
(Em US\$ milhões)

US\$ Milhões	Cenário	1	2	3
	Reservas Observadas	Calibragem JR	P=15 - g variável - $\gamma=15$ e $\sigma=4$	P = 15 - g variável - $\gamma = 15$ e $\sigma=2$
1t2014	362.513,67	220.589,16	259.745,13	157.421,08
2t2014	369.661,67	220.594,33	259.751,08	157.424,63
3t2014	377.154,00	225.236,09	265.216,65	160.737,04
4t2014	371.603,33	222.433,17	261.916,29	158.736,86
1t2015	362.352,67	214.940,00	253.093,21	153.389,62
2t2015	366.596,00	200.108,99	235.629,53	142.805,55
3t2015	365.927,00	180.126,44	212.099,97	128.545,24
4t2015	358.236,67	162.750,47	191.639,76	116.145,17
1t2016	358.191,00	151.592,68	178.501,40	108.182,54
2t2016	363.266,67	148.587,15	174.962,30	106.037,61
3t2016	369.766,00	154.277,90	181.663,11	110.098,67
4t2016	366.033,33	163.109,83	192.062,80	116.401,52
1t2017	368.933,33	174.367,10	205.318,27	124.435,11
2t2017	376.203,67	180.455,72	212.487,55	128.780,08
3t2017	381.372,11	183.875,51	216.514,30	131.220,50
4t2017	378.459,48	186.944,83	220.128,48	133.410,92
1t2018	377.437,55	187.967,72	221.332,96	134.140,92
2t2018	380.676,15	185.329,80	218.226,74	132.258,35
3t2018	380.525,09	178.389,45	210.054,45	127.305,45
4t2018	378.242,16	173.627,72	204.447,52	123.907,34
1t2019	379.865,44	169.117,89	199.137,15	120.688,93
2t2019	386.017,79	168.039,82	197.867,63	119.919,50
3t2019	382.880,35	170.706,10	201.007,24	121.822,30
4t2019	364.365,21	169.694,08	199.815,83	121.100,33
1t2020	355.006,17	164.836,76	194.096,43	117.634,09
2t2020	344.601,19	151.249,63	178.097,64	107.937,91
3t2020	355.586,95	139.783,87	164.596,47	99.755,33
4t2020	355.389,93	131.202,84	154.492,26	93.631,57
1t2021	352.966,28	127.850,82	150.545,26	91.239,47
2t2021	352.309,77	135.765,68	159.865,07	96.887,84
3t2021	364.983,95	142.678,85	168.005,22	101.821,19
4t2021	365.967,46	145.775,99	171.652,10	104.031,42
1t2022	353.169,00	151.982,76	178.960,71	108.460,91

Fonte: O autor.

TABELA A2.1  
Reservas ótimas por cenário  
(Em US\$ milhões)

Cenário	4	5	6	7
	P = 12,5 - g variável - $\gamma = 15$	P = 10 - g variável - $\gamma = 15$	Prob. 12,5 - g variável - $\gamma = 12,5$	P = 10 - g variável - $\gamma = 12,5$
1t2004	31.370,04	20.669,60	16.148,57	5.452,40
2t2004				
3t2004	32.359,28	21.321,60	16.658,08	5.624,79
4t2004	33.452,72	22.042,13	17.221,05	5.815,00
1t2005	35.002,07	23.062,90	18.018,48	6.084,06
2t2005	36.732,68	24.202,60	18.908,51	6.383,42
3t2005	39.666,96	26.135,77	20.418,70	6.892,89
4t2005	43.043,67	28.361,05	22.157,49	7.480,71
1t2006	46.644,99	30.733,60	24.010,88	8.105,81
2t2006	50.072,21	32.991,84	25.775,20	8.701,63
3t2006	52.784,60	34.778,73	27.171,06	9.172,35
4t2006	55.421,66	36.515,41	28.527,31	9.628,58
1t2007	57.887,26	38.139,13	29.795,33	10.055,05
2t2007	60.344,21	39.757,03	31.058,72	10.479,73
3t2007	64.041,72	42.192,00	32.960,26	11.119,24
4t2007	67.897,08	44.731,46	34.943,74	11.787,33
1t2008	73.023,56	48.108,59	37.581,74	12.676,68
2t2008	78.547,21	51.747,24	40.424,04	13.634,90
3t2008	84.830,35	55.886,62	43.657,59	14.725,38
4t2008	91.158,58	60.055,59	46.914,25	15.823,63
1t2009	88.515,48	58.314,44	45.554,19	15.365,17
2t2009	84.106,38	55.409,81	43.285,21	14.600,05
3t2009	80.101,31	52.771,14	41.223,86	13.904,56
4t2009	78.523,43	51.731,39	40.411,47	13.630,09
1t2010	87.441,13	57.606,16	45.000,56	15.177,45
2t2010	96.244,98	63.406,05	49.531,26	16.705,39
3t2010	103.837,98	68.408,22	53.438,77	18.023,10
4t2010	110.207,17	72.604,07	56.716,36	19.128,21
1t2011	115.519,21	76.103,40	59.449,80	20.049,67
2t2011	121.856,71	80.278,32	62.711,00	21.149,15
3t2011	129.937,10	85.601,41	66.869,11	22.551,05
4t2011	135.634,11	89.354,42	69.800,75	23.539,47
1t2012	136.675,61	90.040,53	70.336,71	23.720,18
2t2012	138.158,45	91.017,36	71.099,75	23.977,41
3t2012	134.101,73	88.344,74	69.011,92	23.273,13
4t2012	130.214,09	85.783,59	67.011,22	22.598,38
1t2013	128.784,93	84.842,08	66.275,75	22.350,37
2t2013	127.847,91	84.224,79	65.793,55	22.187,78
3t2013	129.673,93	85.427,75	66.733,27	22.504,69
4t2013	128.854,17	84.887,73	66.311,44	22.362,49

Fonte: O autor.

TABELA A2.1

**Reservas ótimas por cenário**

(Em US\$ milhões)

Cenário	4	5	6	7
	P = 12,5 - g variável - $\gamma = 15$	P = 10 - g variável - $\gamma = 15$	Prob. 12,5 - g variável - $\gamma = 12,5$	P = 10 - g variável - $\gamma = 12,5$
1t2014	129.041,72	85.011,33	66.408,02	22.395,15
2t2014	127.266,35	83.841,74	65.494,37	22.087,03
3t2014	127.269,20	83.843,57	65.495,77	22.087,41
4t2014	129.947,07	85.607,68	66.873,81	22.552,04
1t2015	128.330,06	84.542,44	66.041,70	22.271,50
2t2015	124.007,14	81.694,60	63.817,10	21.521,40
3t2015	115.450,48	76.057,54	59.413,60	20.036,33
4t2015	103.921,80	68.462,57	53.480,67	18.035,55
1t2016	93.897,05	61.858,41	48.321,74	16.295,85
2t2016	87.459,69	57.617,55	45.008,92	15.178,65
3t2016	85.725,62	56.475,14	44.116,49	14.877,64
4t2016	89.008,75	58.638,00	45.806,03	15.447,36
1t2017	94.104,27	61.994,89	48.428,33	16.331,72
2t2017	100.598,98	66.273,52	51.770,65	17.458,84
3t2017	104.111,63	68.587,58	53.578,29	18.068,37
4t2017	106.084,56	69.887,30	54.593,57	18.410,71
1t2018	107.855,41	71.053,93	55.504,91	18.718,07
2t2018	108.445,57	71.442,73	55.808,63	18.820,51
3t2018	106.923,61	70.440,06	55.025,37	18.556,34
4t2018	102.919,47	67.802,18	52.964,75	17.861,43
1t2019	100.172,28	65.992,38	51.551,00	17.384,69
2t2019	97.570,37	64.278,26	50.211,99	16.933,12
3t2019	96.948,31	63.868,43	49.891,82	16.825,09
4t2019	98.486,63	64.881,87	50.683,49	17.092,10
1t2020	97.903,01	64.497,47	50.383,27	16.991,02
2t2020	95.100,76	62.651,43	48.941,23	16.504,80
3t2020	87.261,96	57.487,35	44.907,25	15.144,48
4t2020	80.646,76	53.129,26	41.502,83	13.996,28
1t2021	75.696,03	49.867,78	38.955,07	13.137,09
2t2021	73.762,15	48.593,77	37.959,86	12.801,48
3t2021	78.328,55	51.602,07	40.309,84	13.593,99
4t2021	82.316,87	54.229,48	42.362,26	14.286,04
1t2022	84.103,72	55.406,63	43.281,81	14.596,13
2t2022	87.684,74	57.765,81	45.124,74	15.217,70
3t2022	-	-	-	-

Fonte: O autor.

**Diretoria de Estudos e Políticas Macroeconômicas (Dimac):**

Marco Antônio Freitas de Hollanda Cavalcanti (Diretor)  
Francisco Eduardo de Luna e Almeida Santos (Diretor Adjunto)

**Corpo Editorial da Carta de Conjuntura:**

Marco Antônio Freitas de Hollanda Cavalcanti (Editor)  
Francisco Eduardo de Luna e Almeida Santos (Editor)  
Estêvão Kopschitz Xavier Bastos (Editor)  
Fábio Servo  
José Ronaldo de Castro Souza Júnior  
Leonardo Mello de Carvalho  
Maria Andréia Parente Lameiras  
Mônica Mora Y Araujo de Couto e Silva Pessoa  
Sandro Sacchet de Carvalho

**Pesquisadores Visitantes:**

Ana Cecília Kreter  
Andreza Aparecida Palma  
Antônio Carlos Simões Florido  
Cristiano da Costa Silva  
Felipe Moraes Cornelio  
Paulo Mansur Levy  
Sidney Martins Caetano

**Equipe de Assistentes:**

Alexandre Magno de Almeida Leão  
Caio Rodrigues Gomes Leite  
Diego Ferreira  
Diego Rosalino Marques  
Felipe dos Santos Martins  
Izabel Nolau de Souza  
Marcelo Lima de Moraes  
Pedro Mendes Garcia  
Rafael Pastre  
Tarsylla da Silva de Godoy Oliveira

**Design/Diagramação:**

Augusto Lopes dos Santos Borges  
Leonardo Simão Lago Alvite

---

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade dos autores, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada ou do Ministério da Economia.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte. Reproduções para fins comerciais são proibidas.