

**Pontifícia Universidade Católica
do Rio de Janeiro**



Victor Augusto Mesquita Craveiro

**Efeito das Intervenções do BCB na Curva
de Cupom Cambial**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção de grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Macroeconomia e Finanças do Departamento de Economia do Centro de Ciências Sociais da PUC-Rio.

Orientador: Prof. Márcio Gomes Pinto Garcia

Rio de Janeiro
Abril de 2019



Victor Augusto Mesquita Craveiro

**Efeito das Intervenções do BCB na Curva
de Cupom Cambial**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção de grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Macroeconomia e Finanças do Departamento de Economia do Centro de Ciências Sociais da PUC-Rio. Aprovado pela Comissão Examinadora abaixo.

Prof. Márcio Gomes Pinto Garcia
Orientador e Presidente
PUC-Rio

Prof. Marcelo Cunha Medeiros
PUC-Rio

Prof. Walter Novaes Filho
PUC-Rio

Rio de Janeiro, 16 de abril de 2019

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

Victor Augusto Mesquita Craveiro

Graduou-se em Engenharia de Produção pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio).

Ficha Catalográfica

Craveiro, Victor Augusto Mesquita

Efeito das intervenções do BCB na curva de cupom cambial / Victor Augusto Mesquita Craveiro ; orientador: Márcio Gomes Pinto Garcia. – 2019.

77 f. : il. color. ; 30 cm

Dissertação (mestrado)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Economia, 2019.

Inclui bibliografia

1. Economia – Teses. 2. Estrutura a termo de cupom cambial. 3. Análise de componentes principais. 4. Regressão linear de componentes principais. 5. Intervenção cambial. I. Garcia, Márcio Gomes Pinto. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Economia. III. Título.

CDD: 330

Agradecimentos

Agradeço ao meu orientador Marcio Garcia pelo apoio na definição da melhor abordagem do tema e aos professores do mestrado por todo o conhecimento transmitido ao longo do curso.

Agradeço ao Banco BBM por ter me propiciado a experiência única de aprendizado do mercado de câmbio brasileiro.

Agradeço a minha família e amigos por todo o apoio nos momentos difíceis. Foi essencial para a finalização de mais essa etapa da minha vida.

Resumo

Craveiro, Victor Augusto Mesquita; Garcia, Márcio Gomes Pinto. **Efeito das intervenções do BCB na curva de cupom cambial**. Rio de Janeiro, 2019. 77p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Economia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Neste estudo, tentamos estimar o impacto da medida intervencionista mais recente e amplamente adotada pelo Banco Central do Brasil no mercado de câmbio sobre a Curva de Cupom Cambial: a emissão de Swaps Cambiais. O objetivo do BCB com essa intervenção era prover o setor privado de proteção contra a volatilidade cambial à época. O trabalho foca no efeito dessas medidas na curva de Cupom Cambial por conta da importância do funcionamento dessa curva para a correta precificação do mercado de dólar futuro, já que, no Brasil, a formação da taxa de câmbio se dá no preço futuro de dólar e não no preço à vista, como é comum nos outros países. Através de Análise de Componentes Principais sobre a Curva de Cupom Cambial, encontramos seus três primeiros componentes (nível, inclinação e curvatura) e os utilizamos para regredi-los em variáveis independentes que representam a série de emissões de Swap por parte do BC. Os resultados indicam que os Swaps Cambiais geram mudanças significativas no nível geral da Curva de Cupom Cambial. Já os Swaps Reversos não apresentam impacto estatisticamente significativo no nível, mas sim na inclinação da curva.

Palavras-chave

Estrutura a termo de cupom cambial; Análise de Componentes Principais; Regressão Linear de Componentes Principais; Intervenção cambial.

Abstract

Craveiro, Victor Augusto Mesquita; Garcia, Márcio Gomes Pinto (Advisor). **The effect of Brazil Central Bank's interventions on the Cupom Cambial Curve.** Rio de Janeiro, 2019. 77p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Economia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

In this study, we try to estimate the impact of the most recent currency intervention measure widely adopted by the Central Bank of Brazil and how it affects the Cupom Cambial Curve: the issue of Foreign Exchange Swaps. The BCB's objective with this intervention was to provide the private sector with hedge against exchange rate volatility. This paper focus on the effect of these measures on the Cupom Curve due to the importance of the comprehension of this curve for the correct pricing of the future dollar market, given that, in Brazil, the formation of the foreign exchange rate occurs with the future dollar price and not in the spot price, as is more common in other countries. Through Principal Component Analysis on the Foreign Exchange Coupon Curve, we find its three components (level, slope and curvature) and use it as an explained variable to regress it with independent variables that represent the series of Swap issued by the Central Bank. The results indicate that the Foreign Exchange Swaps generate significant changes in the overall level of the Cupom Cambial Curve. Otherwise, Reverse Swaps don't represent a statistically significant impact on the level but do impact the slope of the curve.

Keywords

Cupom Cambial Term Structure; Principle Component Analysis; Linear Regression of Principle Components; Currency intervention.

Sumário

1. Introdução	12
2. Ferramentas de intervenção do BCB	19
3. Emissões de Swap pelo BCB	22
3.1. Racional de mercado na razão diária do BCB	26
3.2. Racional de mercado na rolagem do estoque de swaps do BCB ...	27
3.3. Efeitos esperados das intervenções do BCB	30
3.4. Trade-offs do BCB.....	36
4. Base de dados	38
5. Modelo empírico	43
6. Resultado	47
7. Conclusão	75
8. Referências Bibliográficas	77

Lista de tabelas

Tabela 1 – Resultado da estratégia cambial do BCB ano a ano (em milhões de BRL).....	16
Tabela 2 – Composição da Dívida Pública do Brasil por indexador (em milhões de BRL).....	21
Tabela 3 – Matriz dos termos de Spread Over Libor de Cupom Cambial em 04/07/2018	29
Tabela 4 – Proporção acumulada da variância das três primeiras componentes principais.....	47
Tabela 5 – Resultado das regressões sobre as 3 componentes na série de Cupom diário	52
Tabela 6 – Resultado das regressões sobre as 3 componentes na série de Cupom diário	54
Tabela 7 – Resultado das regressões sobre as 3 componentes na série de Cupom diário	55
Tabela 8 – Resultado das regressões sobre as 3 componentes na série de Spread diário	57
Tabela 9 – Resultado das regressões sobre as 3 componentes na série de Spread diário	58
Tabela 10 – Resultado das regressões sobre as 3 componentes na série de Spread diário	60
Tabela 1.11 – Resultado da regressão para 180 DC na série de Cupom diário	61
Tabela 1.12 – Resultado da regressão para 180 DC na série de Cupom semanal	61
Tabela 1.13 – Resultado da regressão para 180 DC na série de Spread diário	62
Tabela 1.14 – Resultado da regressão para 180 DC na série de Spread semanal	62
Tabela 1.15 – Resultado da regressão para 360 DC na série de Cupom diário	63
Tabela 1.16 – Resultado da regressão para 360 DC na série de Cupom semanal	63

Tabela 1.17 – Resultado da regressão para 360 DC na série de Spread diário	64
Tabela 1.18 – Resultado da regressão para 360 DC na série de Spread semanal	64
Tabela 1.19 – Resultado da regressão para 540 DC na série de Cupom diário	65
Tabela 1.20 – Resultado da regressão para 540 DC na série de Cupom semanal	65
Tabela 1.21 – Resultado da regressão para 540 DC na série de Spread diário	66
Tabela 1.22 – Resultado da regressão para 540 DC na série de Spread semanal	66
Tabela 1.23 – Resultado da regressão para 720 DC na série de Cupom diário	67
Tabela 1.24 – Resultado da regressão para 720 DC na série de Cupom semanal	67
Tabela 1.25 – Resultado da regressão para 720 DC na série de Spread diário	68
Tabela 1.26 – Resultado da regressão para 720 DC na série de Spread semanal	68
Tabela 1.27 – Resultado da regressão para 1080 DC na série de Cupom diário	69
Tabela 1.28 – Resultado da regressão para 1080 DC na série de Cupom semanal	69
Tabela 1.28 – Resultado da regressão para 1080 DC na série de Spread diário	70
Tabela 1.29 – Resultado da regressão para 1080 DC na série de Spread semanal	70
Tabela 1.30 – Resultado da regressão para 1800 DC na série de Cupom diário	71
Tabela 1.31 – Resultado da regressão para 1800 DC na série de Cupom semanal	71
Tabela 1.32 – Resultado da regressão para 1800 DC na série de Spread diário	72

Tabela 1.33 – Resultado da regressão para 1800 DC na série de Spread semanal	72
Tabela 1.34 – Impacto de emissão de Swap e Reverso sobre o nível do Cupom de 360 DC	74

Lista de gráficos

Gráfico 1 – Reservas Internacionais do BCB (em bilhões de USD)	12
Gráfico 2 – Reservas Internacionais x Estoque de Swaps (em milhões de USD)	15
Gráfico 3 – Resultado da estratégia cambial do BCB (em milhões de BRL)	16
Gráfico 4 – Nível do USDBRL x Estoque de Swaps (em milhões de USD)	23
Gráfico 5 – Volatilidade de 2 semanas USDBRL x Estoque de Swaps (em milhões de USD)	23
Gráfico 6 – Nível do USDBRL x Variação diária do estoque de Swaps (em milhões de USD)	24
Gráfico 7 – Volatilidade de 2 semanas USDBRL x Variação diária do estoque de Swaps (em milhões de USD)	25
Gráfico 8 – Estoque mensal de Swaps (em milhões de USD)	32
Gráfico 9 – Meses com vencimento de contratos de Swap (em milhões de USD)	33
Gráfico 10 – Maturidade da Rolagem e o efeito sobre a Curva de Spread Over Libor –	35
Gráfico 11 – Curva de Cupom Cambial ao longo dos anos (em <i>bps</i>)	42
Gráfico 12 – Curva de Spread Over Libor de Cupom Cambial ao longo dos anos (em <i>bps</i>)	42
Gráfico 13 – Componentes 1, 2 e 3 da Análise de Componentes Principais	48
Gráfico 14 – Pesos da Componente 1 (nível)	48
Gráfico 15 – Pesos da Componente 2 (inclinação)	49
Gráfico 16 – Pesos da Componente 3 (curvatura)	49

1. Introdução

Após a crise de 2008 e o período de liquidez que se seguiu de 2009 a 2012, as moedas de países emergentes se fortaleceram diante o dólar devido ao grande fluxo de capital recebido por essas economias. A combinação de uma liquidez abundante junto com as boas perspectivas de muitos países emergentes levou grandes fluxos de capitais para essas economias, apreciando suas moedas diante o dólar.

Apesar de a maioria desses país basear sua gestão de política monetária em um regime de metas de inflação, que prescreve uma taxa de câmbio livre, muitas dessas economias tomaram medidas protetivas contra a apreciação cambial, na expectativa de proteger seu setor privado (Domanski, Kohlscheen e Moreno (2016)). Nesse cenário, muitas formas de intervenção que não violassem os preceitos de uma economia aberta foram utilizadas por esses países. O cerne dessas medidas era a maior taxação das transações internacionais que tinham como objetivo investir no país e a compra esterilizada de moeda estrangeira, sendo o Brasil um país que adotou essas duas medidas largamente (Garcia (2017)).



Gráfico 1 – Reservas Internacionais do BCB (em bilhões de USD)
Fonte: BCB

O gráfico 1 mostra um aumento significativo do tamanho das reservas em moeda estrangeira no Brasil após o ano de 2006, se intensificando a partir de 2009. Tal medida foi adotada em conjunto a uma série de tentativas de controle do fluxo de capital (veja Chamon e Garcia (2016) para detalhes) para o país na expectativa de enxugar a liquidez abundante de dólares à época.

Com o anúncio do processo de normalização da taxa de juro do banco central americano (Fed) após anos de juros baixos (*tapering*) em maio de 2013, essas moedas sofreram uma forte desvalorização com a perspectiva de um mercado de capitais menos líquido e, por consequência, menor fluxo de dólares direcionados para essas economias.

O que se seguiu a tal anúncio do Fed foi uma sucessão de intervenções cambiais por parte dos bancos centrais dos países emergentes de forma a conter a escalada abrupta do dólar sobre suas moedas. Uma das medidas mais utilizadas foi prover o setor privado com medidas protetivas contra o risco cambial (Domanski, Kohlscheen, and Moreno (2016)). Segundo Héricourt e Poncet (2015), as empresas exportam menos quando confrontadas com alta volatilidade na taxa de câmbio, efeito que impacta ainda mais as empresas que são financeiramente mais vulneráveis.

O Brasil é um país que apresenta um ótimo caso a se estudar as intervenções esterilizadas por ser uma economia emergente representativa e que sofreu um grande choque cambial com o aumento da perspectiva de aperto monetário americano em 2013. Além disso, o Banco Central do Brasil (BCB) implementou o maior programa de intervenção cambial no mercado de derivativos no segundo semestre de 2013, em resposta à escalada do dólar frente ao real, após suspender parte das medidas de controle de capitais (veja Chamon & Garcia (2016) para detalhes) implementados durante 2009-2012 e após outras intervenções pontuais no mercado de swap.

Em agosto de 2013 o BCB anunciou um grande programa de intervenção através de swaps cambiais na tentativa de satisfazer o mercado de capital na sua busca por hedge e liquidez com a mudança abrupta do cenário internacional. As posições em aberto desses contratos de derivativos chegaram a somar próximo de

7% do PIB brasileiro ou 30% das reservas internacionais do país no auge da implementação do programa em 2015 (Gonzalez, Khametshin, Peydró, Polo (2018)).

Desde março de 2002, o BCB intervém no mercado de câmbio através da emissão de swap cambial. Por se tratar de um derivativo que envolve a troca de indexadores entre o comprador e o vendedor sem troca de principal, o swap se apresenta como uma forma de intervir no mercado sem alterar o nível das reservas internacionais, logo, sem comprometer esse colchão de segurança do país contra choques externos. O swap cambial utilizado pelo BCB é feito através de uma estrutura de derivativo - o SCS, um contrato derivativo padronizado da B3 - onde não há troca de principal, apenas ajustes diários de posição em reais entre as contrapartes dentro da bolsa.

O swap se mostrou um instrumento adequado para intervenção no mercado brasileiro por conta de uma certa especificidade: o grande controle das operações e a burocracia gerada nas operações de câmbio à vista fez os participantes do mercado de câmbio darem preferência ao mercado de derivativos. Tal particularidade trouxe maior liquidez ao câmbio futuro negociado na B3 devido a maior concentração dos agentes, trazendo uma formação de preço mais justo nesse mercado.

Apesar de os swaps não serem emitidos para o BC ter ganhos ou perdas, as operações têm impacto fiscal, pois ganhos e perdas são contabilizados na conta de “pagamento líquido de juros”, com conseqüente reflexo no resultado nominal do setor público. Dessa forma, o prejuízo com swaps gera uma despesa financeira que eleva o déficit nominal a cada mês, o que aumenta a necessidade de financiamento, potencializando a alta da dívida. No entanto, esses ganhos ou perdas são confrontados pelo resultado contrário gerado com as reservas cambiais (compradas em USD) acumuladas pelo governo. Sendo o estoque de reservas bem maior que o estoque de swaps, conforme gráfico abaixo que mostra a evolução dos dois montantes (em MM de USD), os ganhos estão atrelados à ponta compradora, ou seja, o governo tem ganhos com a alta da divisa americana.

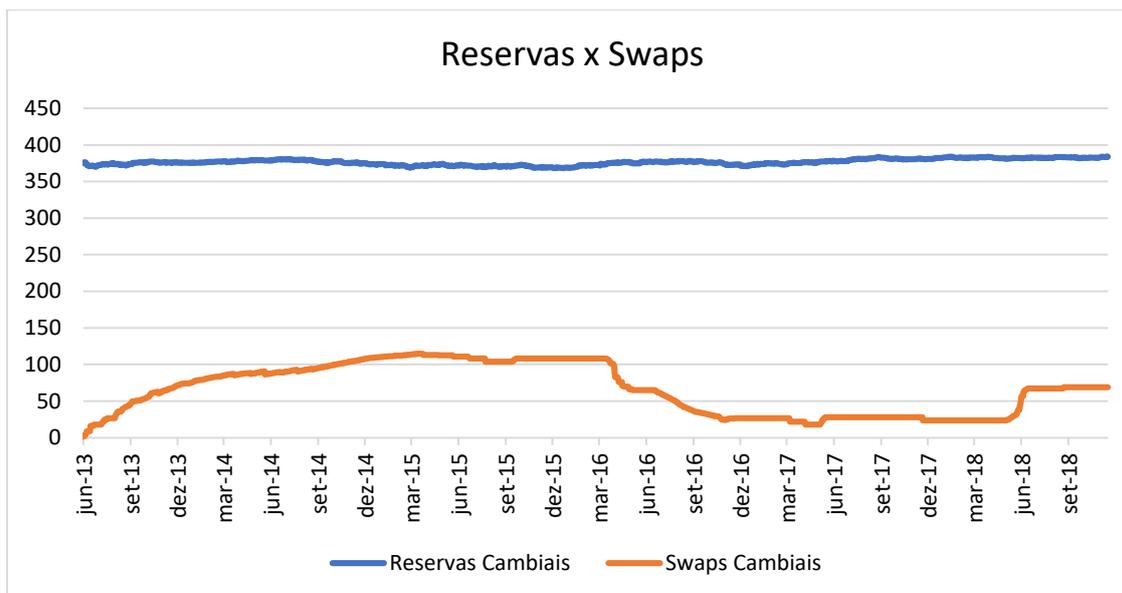


Gráfico 2 – Reservas Internacionais x Estoque de Swaps (em milhões de USD)

Fonte: BCB

No gráfico 2, notamos a diferença no tamanho das reservas cambiais compradas em dólar e a exposição vendida em dólar gerada pelo estoque de Swap Cambial. No auge do programa, em 2015, o estoque de swaps chegou a representar aproximadamente 30% do montante acumulado nas reservas internacionais do Brasil.

Tomando 2015 como exemplo, um ano de forte depreciação do real frente ao dólar, registramos o ano de maior perda com a estratégia de swaps. Foram 103 milhões de reais em prejuízos contabilizados pelos swaps. Em contrapartida, houve ganhos de 444 milhões com a valorização das reservas cambiais.

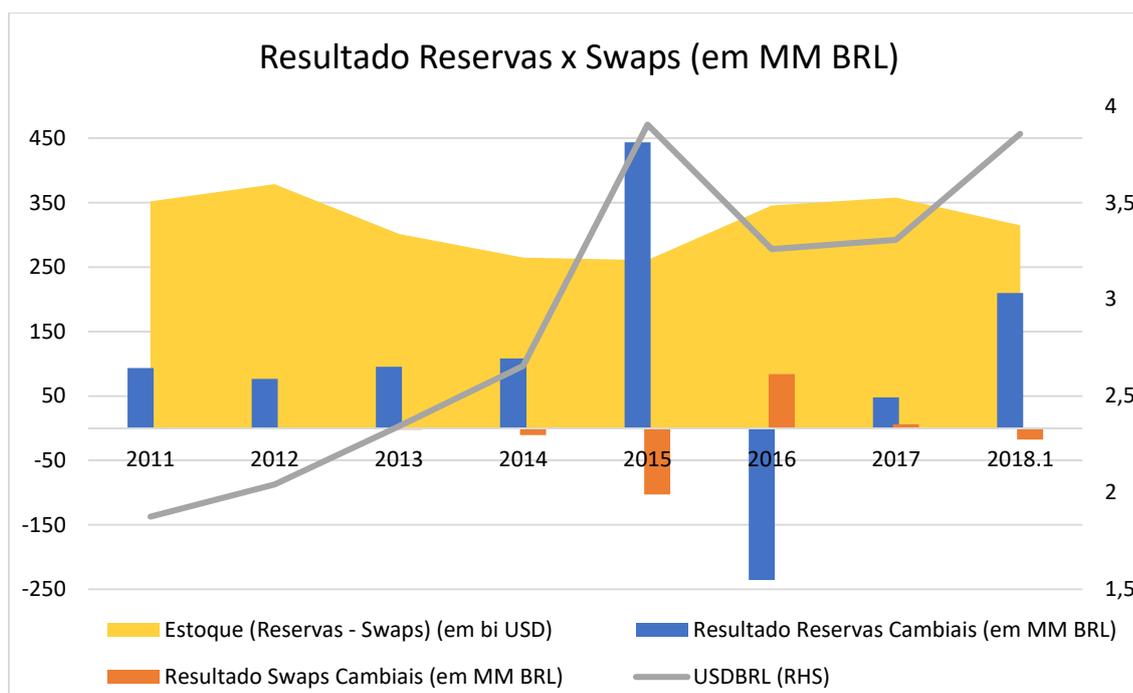


Gráfico 3 – Resultado da estratégia cambial do BCB (em milhões de BRL)

Fonte: BCB

O gráfico 3 mostra que o prejuízo dos swaps cambiais é bem menor do que o ganho gerado pelas reservas cambiais com a desvalorização da taxa de câmbio ao longo dos anos. Na tabela 1, temos o resultado acumulado.

Resultado (em MM BRL)	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018.1	TOTAL
Reservas Cambiais	94	77	96	108	444	-236	48	210	840
Swaps Cambiais	1	1	-2	-11	-103	84	6	-18	-41
Total	94	78	93	97	341	-152	54	192	798
Acumulado	94	172	265	363	704	552	606	798	

Tabela 1 – Resultado da estratégia cambial do BCB ano a ano (em milhões de BRL)

Fonte: BCB

Devido ao objetivo do BCB com o programa de emissão de Swaps Cambiais ser a diminuição da volatilidade da taxa de câmbio, muitos foram os estudos desenvolvidos com o intuito de explicar o impacto do programa no nível e na volatilidade da taxa de câmbio, como por exemplo o trabalho desenvolvido por Janot e Macedo (2016). No entanto, não há uma vasta literatura que tente explicar o efeito do programa na curva de Cupom Cambial e por consequência o mercado futuro de dólar no Brasil como um todo.

A importância de entender o funcionamento do mercado futuro de dólar no Brasil vem de uma especificidade do mercado de câmbio local. Por conta do grande controle das operações de câmbio e sua burocracia, os agentes financeiros migraram sua atuação para o mercado futuro, onde havia menor regulação e maior velocidade. A concentração de mercado nas operações do futuro da B3 favorece a liquidez e a formação de um preço mais justo. No caso de outros mercados de moedas conversíveis como o Dólar americano, Dólar australiano, Euro, etc, o dólar à vista concentra maior liquidez do que o mercado futuro (França (2010)).

Este trabalho tenta entender como a atuação do Banco Central no mercado de câmbio através da emissão de Swaps Cambiais afeta a Estrutura a Termo de Cupom Cambial (ETCC) e a Curva de Spread Over Libor de Cupom Cambial durante o período de 2013 a 2018. Estudar esse impacto é relevante para entender como se forma o mercado futuro de dólar no país, já que o mesmo apresenta liquidez somente até o segundo mês de vencimento, sendo todo o restante da precificação do dólar baseada na curva de Cupom Cambial através dos contratos de DDI da B3.

Seguiremos a abordagem estatística utilizada no trabalho de Viola, Gutierrez, Lion e Barbedo (2009), avaliando através das três componentes principais da Análise de Componentes Principais (ACP) aplicada sobre a ETCC e regredindo-as junto às emissões de Swap Cambial e Swap Reverso como variáveis independentes. Dessa forma, tentaremos explicar o impacto dessas emissões na Curva de Cupom Cambial.

Os resultados revelam que a emissão de Swaps Cambiais afeta as três componentes da curva de Cupom Cambial e de Spread Over Libor. Os Swaps Reversos impactam como diminuidor do nível das duas curvas e também altera a inclinação e a curvatura das séries. Além disso, a rolagem dos contratos do estoque de swaps do BCB desloca as duas séries no que tange a inclinação e a curvatura somente.

Outro fato relevante evidenciado estatisticamente é o de que os vencimentos mais curtos (até dois anos e meio) são mais afetados pela emissão e rolagem do estoque de swaps do que a curva analisada com vencimentos mais longos (até 5 anos). Isso se deve pela própria natureza de emissão dos swaps por parte do BCB,

pois há uma clara preferência em manter o estoque com vencimentos mais curtos de forma a diminuir a exposição total.

A próxima seção apresenta as ferramentas de intervenção cambial adotadas nos últimos anos pelo Banco Central. A seção 3 detalha o tipo de instrumento financeiro Swap Cambial e a estratégia de intervenção adotada pela autoridade monetária com esse produto ao longo dos anos. Já a seção 4 apresenta a base de dados utilizada para nosso estudo. Na seção 5 apresentamos o modelo estatístico adotado para avaliar o impacto dos swaps sobre as curvas de Cupom Cambial e Spread Over Libor. Finalmente, o resultado e a conclusão são apresentados na seção 6 do trabalho.

2. Ferramentas de intervenção do BCB

Desde a adoção do regime de câmbio flutuante pelo Brasil, em 1999, o Banco Central do Brasil (BCB) vem utilizando diferentes instrumentos de intervenção cambial de forma a diminuir a volatilidade da taxa de câmbio. A atuação visa diminuir o aspecto nocivo que uma cotação com alta volatilidade pode exercer sobre os importadores, exportadores, consumidores e investidores.

Os meios que o BCB dispõe para intervir no mercado de câmbio são os mais diversos, cada um com seus argumentos prós e contras. A autoridade monetária pode atuar comprando ou vendendo divisas à vista ao mercado, mexer na taxa básica de juros da economia (SELIC), emitir títulos públicos indexados ao dólar, taxar a transação financeira (IOF) ou lançar mão da estratégia de swaps cambiais, o que tem sido mais utilizado ultimamente.

A compra ou venda de dólares no mercado à vista por parte do Banco Central pode afetar o preço da taxa de câmbio, mas apresenta certa limitação. É necessário que as reservas internacionais estejam em um nível considerado adequado pelos agentes do mercado de forma a não gerar incerteza quanto à capacidade e a credibilidade do BCB de seguir com essa estratégia de intervenção cambial (Oliveira e Plaga, 2011).

Os leilões de linha, nome dado à intervenção do BCB no mercado à vista, é uma compra/venda de dólares no mercado por parte da autoridade monetária local aos participantes do mercado. Essa compra/venda é atrelada a um compromisso de recompra/revenda ao BCB após o período pré acordado. Dessa forma, as reservas cambiais sofrem alteração durante a duração do contrato firmado. Esse instrumento é utilizado em momentos de baixa liquidez no mercado de câmbio à vista, como, por exemplo, no fim do ano, quando cresce a procura pela moeda estrangeira por conta da concentração de compromissos a serem honrados pelas empresas.

Ao aumentar a taxa básica SELIC, dada a paridade de juros a descoberto, notamos um efeito de atração de moeda estrangeira com o conseqüentemente aumento do custo de se carregar divisa internacional em contrapartida a carregar moeda local. No caso de corte de juros, o efeito contrário é verificado, onde uma

diminuição do rendimento dos ativos locais resulta em saída de capital e depreciação de moeda doméstica (Merlin, 2002).

A emissão de títulos públicos indexados ao câmbio não é mais um instrumento utilizado com frequência por parte do Tesouro Nacional. Em abril/2018, o estoque desses títulos representava apenas 4% da Dívida Pública Federal, percentual semelhante ao estoque de 4.85% em dezembro/2014, por exemplo, conforme tabela do Tesouro abaixo (tabela 2).

(R\$ Bilhões)

	Dez/14			Dez/15			Dez/16			Dez/17			Abr/18		
DPF	2.295,90	100,00%		2.793,01	100,00%		3.112,94	100,00%		3.559,27	100,00%		3.658,51	100,00%	
Prefixado	954,66	41,58%		1.101,34	39,43%		1.112,19	35,73%		1.257,78	35,34%		1.259,90	34,44%	
Índice de Preços	801,44	34,91%		908,39	32,52%		990,98	31,83%		1.051,87	29,55%		1.087,76	29,73%	
Taxa Flutuante	428,42	18,66%		636,23	22,78%		879,00	28,24%		1.121,60	31,51%		1.171,73	32,03%	
Câmbio	111,38	4,85%		147,05	5,26%		130,76	4,20%		128,02	3,60%		139,12	3,80%	
DPMFI	2.183,61	100%	95,11%	2.650,17	100,00%	94,89%	2.986,41	100,00%	95,94%	3.435,49	100,00%	96,52%	3.524,42	100,00%	96,33%
Prefixado	940,79	43,08%	40,98%	1.087,48	41,03%	38,94%	1.101,36	36,88%	35,38%	1.246,97	36,30%	35,03%	1.249,26	35,45%	34,15%
Índice de Preços	801,44	36,70%	34,91%	908,39	34,28%	32,52%	990,98	33,18%	31,83%	1.051,87	30,62%	29,55%	1.087,76	30,86%	29,73%
Taxa Flutuante	428,42	19,62%	18,66%	636,23	24,01%	22,78%	879,00	29,43%	28,24%	1.121,60	32,65%	31,51%	1.171,73	33,25%	32,03%
Câmbio	12,95	0,59%	0,56%	18,07	0,68%	0,65%	15,07	0,50%	0,48%	15,05	0,44%	0,42%	15,66	0,44%	0,43%
DPFe	112,29	100%	4,89%	142,84	100,00%	5,11%	126,52	100,00%	4,06%	123,79	100,00%	3,48%	134,09	100,00%	3,67%
Dólar	87,59	78,00%	3,81%	117,84	82,50%	4,22%	105,89	83,69%	3,40%	100,74	81,38%	2,83%	110,20	82,18%	3,01%
Euro	10,55	9,39%	0,46%	10,63	7,44%	0,38%	8,08	6,39%	0,26%	8,36	6,75%	0,23%	9,45	7,05%	0,26%
Real	13,86	12,35%	0,60%	13,86	9,70%	0,50%	10,83	8,56%	0,35%	10,82	8,74%	0,30%	10,64	7,93%	0,29%
Demais	0,29	0,26%	0,01%	0,50	0,35%	0,02%	1,73	1,36%	0,06%	3,87	3,12%	0,11%	3,80	2,83%	0,10%

Fonte: Tesouro Nacional

Tabela 2 – Composição da Dívida Pública do Brasil por indexador (em milhões de BRL)

Fonte: Tesouro Nacional

3. Emissões de Swap pelo BCB

No primeiro semestre de 2013, um período de intensa volatilidade nos mercados devido aos primeiros sinais de normalização da política monetária norte-americana de juros muito baixos, o Banco Central anunciou um programa de intervenção cambial diário que consistia na venda de dólares através de swaps cambiais. O objetivo perseguido pelo BC com essa estratégia era prover liquidez e, conseqüentemente, proteção aos agentes financeiros.

Em 22 de agosto de 2013, o BCB anunciou um programa de venda de swaps cambiais de USD 500 milhões diariamente, conjuntamente com leilões de linha semanais às sextas-feiras no montante de USD 1 bilhão. O programa foi anunciado com a expectativa de durar até 31 de dezembro de 2013. No entanto, antes do final do ano, em 18 de dezembro de 2013, a autoridade monetária anunciou sua extensão até o meio de 2014, com passo reduzido de USD 200 milhões diários. Em 24 de Junho de 2014, o programa foi novamente estendido até o fim de 2014 e depois novamente estendido até 31 de março de 2015 (Chamon, Garcia, e Souza (2017)).

Quando o BCB anuncia um leilão de venda de swaps ao mercado, ele assume uma posição vendida em dólares com vencimento no contrato de referência, o que significa que ele pagará variação cambial e receberá taxa SELIC acumulada durante todo o período acordado. Essa operação equivale ao Banco Central vender dólares sintéticos no mercado futuro, similares a um contrato de NDF cambial, mas sem troca de principal e com ajuste de posição em reais, não havendo troca de reservas internacionais em nenhum momento.

Quando o BCB deixa o contrato vencer na sua maturidade, a instituição não terá mais a posição vendida em dólares, o que equivale a, no dia anterior ao vencimento oficial desse contrato, uma recompra de USD por parte do BCB no volume de dólares em derivativos que vencerão.

No gráfico 4 e 5, podemos ver o aumento do estoque vendido de swaps cambiais, alcançando seu maior volume em Abril/2015 em torno de 120 bilhões de USD. Junto à evolução do estoque, podemos observar a cotação da taxa de câmbio USDBRL e a volatilidade implícita de 2 semanas do dólar operada pelo mercado.

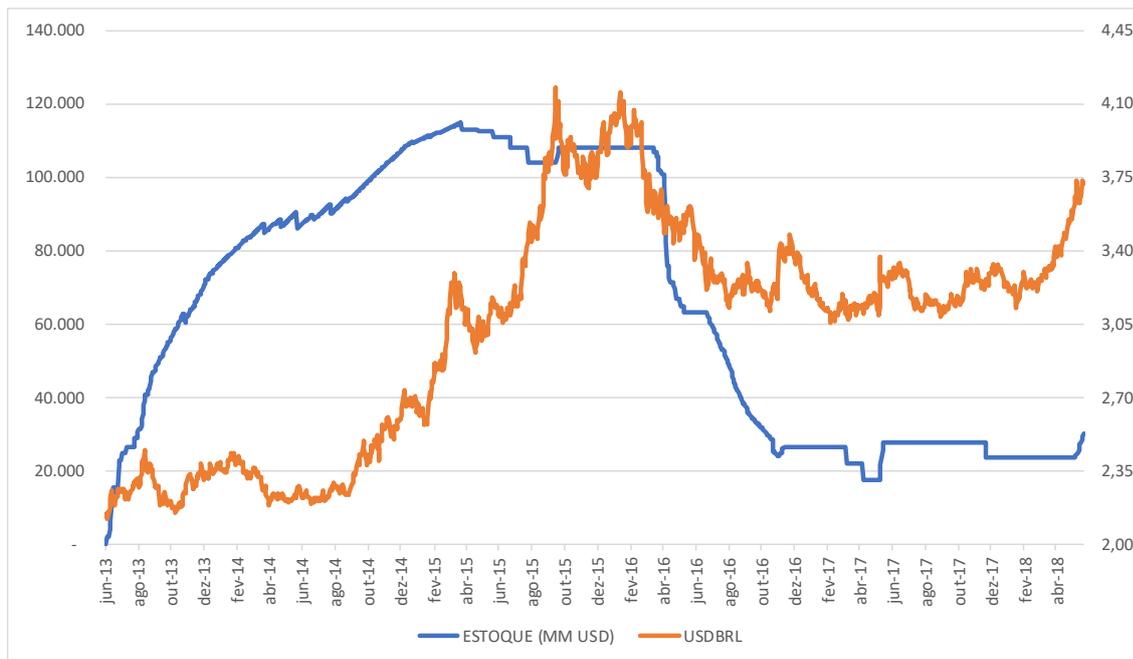


Gráfico 4 – Nível do USDBRL x Estoque de Swaps (em milhões de USD)
 Fonte: BCB e Bloomberg

PUC-Rio - Certificação Digital Nº I612810/CA

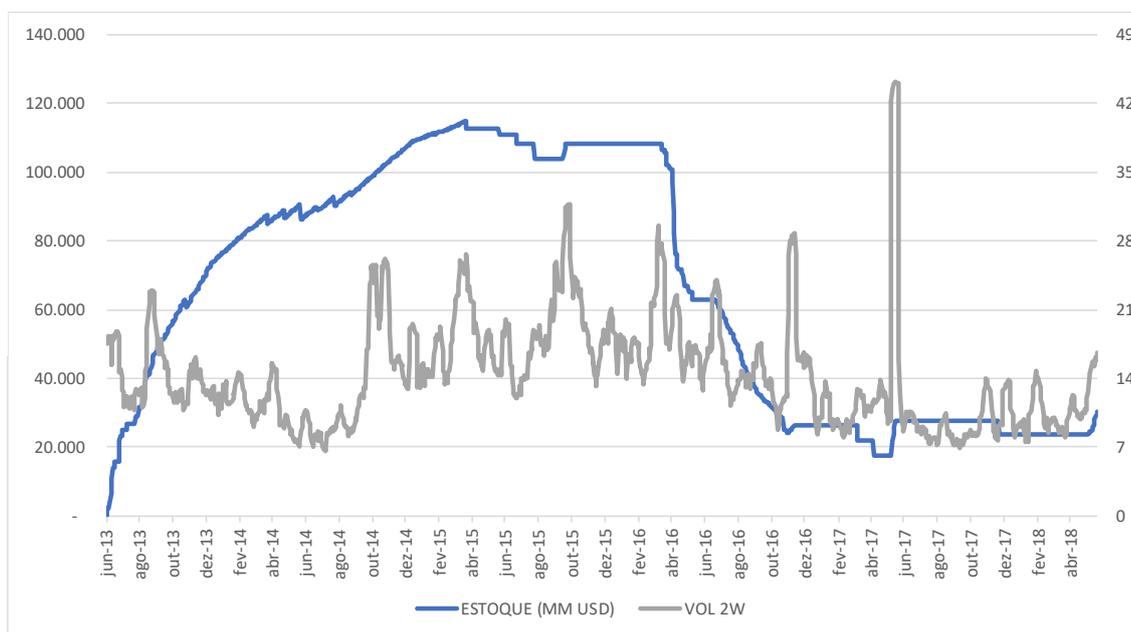


Gráfico 5 – Volatilidade de 2 semanas USDBRL x Estoque de Swaps (em milhões de USD)
 Fonte: BCB e Bloomberg

Nos gráficos 6 e 7, observamos a variação diária no estoque de swap, sendo as barras positivas um movimento de venda de swaps (venda de USD) e as barras negativas uma compra de swap (compra de USD). Junto às variações de estoque, temos a cotação da taxa de câmbio USDBRL e da volatilidade implícita do dólar em uma janela de 2 semanas operada a mercado.

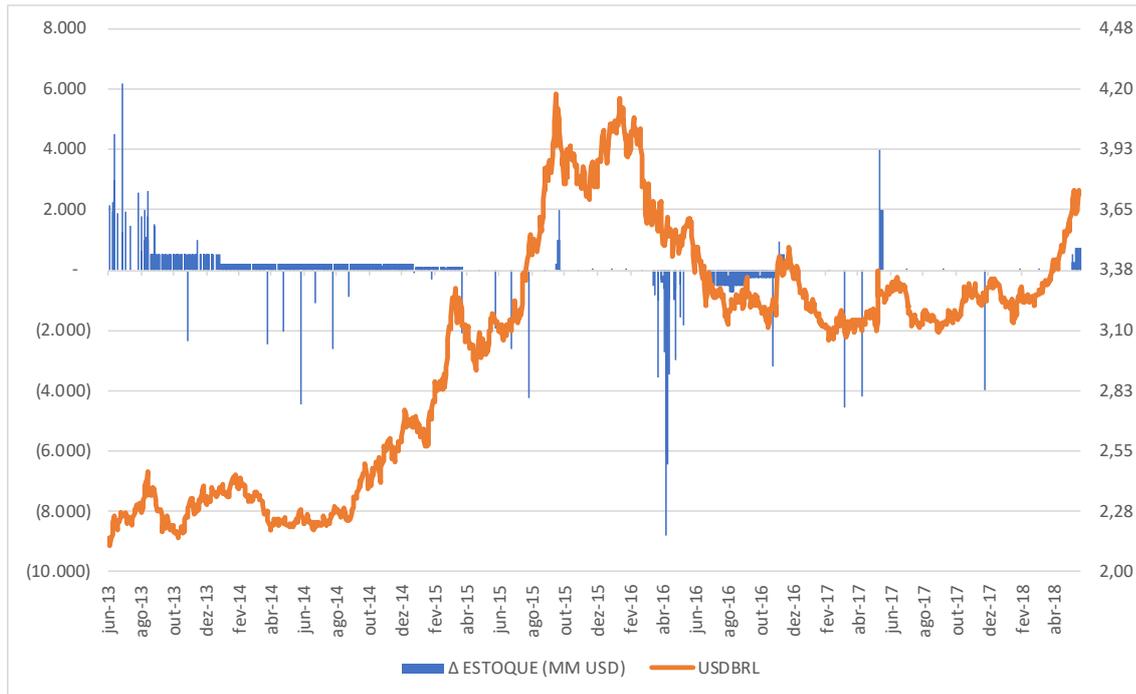


Gráfico 6 – Nível do USDBRL x Variação diária do estoque de Swaps (em milhões de USD)

Fonte: BCB e Bloomberg

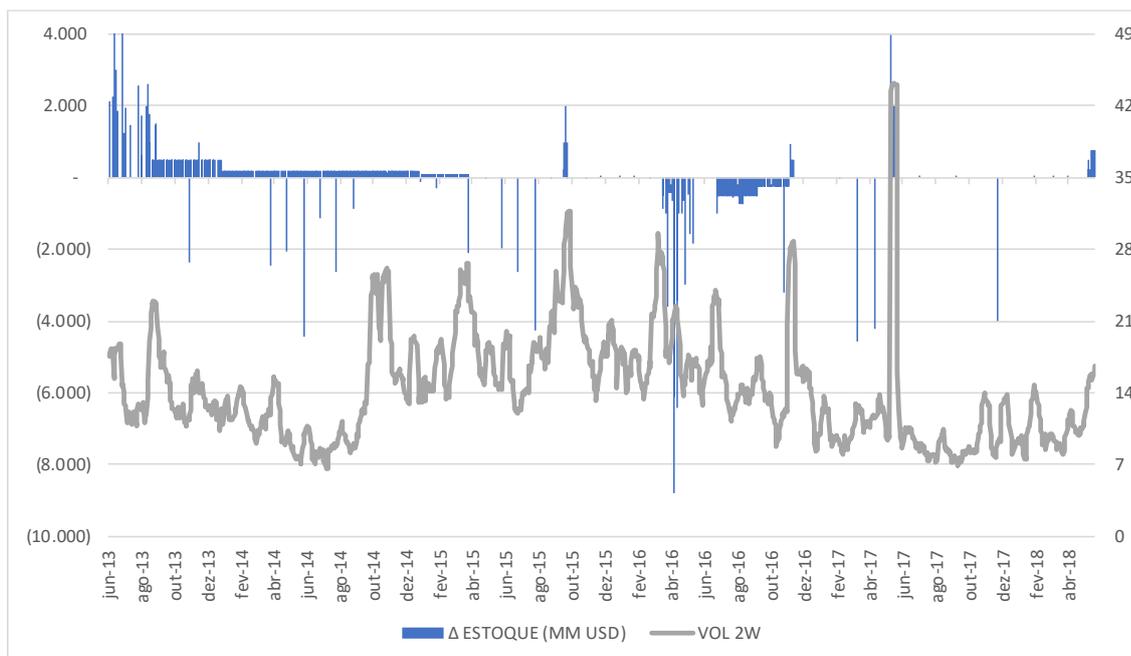


Gráfico 7 – Volatilidade de 2 semanas USDBRL x Variação diária do estoque de Swaps (em milhões de USD)
Fonte: BCB

No gráfico 7, podemos notar a disposição do BCB em prover liquidez adicional ao mercado (emissão de novas vendas de swap) frente a um aumento significativo da volatilidade do câmbio.

Na seção abaixo, vamos detalhar através de uma esquematização das exposições dos agentes financeiros como a emissão e a rolagem dos contratos de Swap Cambial por parte do Banco Central afeta os mercados e a curva de Cupom Cambial. A terminologia utilizada segue abaixo descrita:

- C equivale a Compra de um ativo/exposição.
 - V equivale a Venda de um ativo/exposição.
 - SCS equivale ao tipo de contrato registrado na B3 quando o BCB emite um Swap Cambial.
- ❖ O contrato de SCS se diferencia do contrato de DDI no que tange ao indexador de juros desse produto. No caso do SCS, temos um swap que poderia ser sintetizado como um swap com uma ponta em dólar e outra ponta em Selic. Já no caso do DDI, temos um swap de dólar contra taxa DI.

- USD equivale a uma exposição em dólares .
- Longo / Curto equivale à maturidade do contrato em questão.
- PTAX é uma taxa de câmbio calculada diariamente durante o dia pelo BCB e que consiste na média das taxas informadas pelos *dealers* de dólar durante 4 janelas do dia.
- FRP equivale ao contrato de *Forward Points* por contrato de Dólar Futuro na B3
 - ❖ O contrato de FRP negocia o diferencial de pontos entre a PTAX formada no próprio dia e o dólar futuro curto. Esse contrato é largamente utilizado para zerar exposições a PTAX. Essa é exposição é comum nos contratos de derivativos cambiais dos agentes do mercado, pelo fato de o Real não ser uma moeda conversível. PTAX equivale a Taxa PTAX diariamente coletada e divulgada pelo BCB.
- Rolagem é um tipo de contrato onde a B3 sintetiza sob um mesmo produto a compra e a venda de contratos de dólar futuro, sendo um contrato com vencimento curto e outro contrato com vencimento longo.

3.1. Racional de mercado na razão diária do BCB

Quando o Banco Central vende swaps ao mercado com o vencimento longo anunciado, ele está vendendo USD longo, o que seria equivalente a comprar taxa de Cupom Cambial no período. Em contrapartida, o mercado está comprando USD longo do BCB e, por consequência, vendendo taxa de Cupom Cambial.

Agente	Exposição no Leilão
Banco Central	C Taxa de SCS Longo = V USD Longo
Mercado	V taxa de SCS Longo = C USD Longo

Logo, o mercado está comprando USD e tem que se zerar. Para isso, o agente do mercado deve vender USD Curto - onde há liquidez - para zerar sua exposição cambial.

Agente	Exposição
Exposição Mercado	$V \text{ Taxa SCS} = C \text{ USD Longo}$
Reação Mercado	$V \text{ FRP} = V \text{ USD Curto na PTAX}$
Total Exposição Mercado	$V \text{ USD Curto} + C \text{ USD Longo}$

Olhando para a Exposição Total do Mercado, estar vendido em USD Curto e comprado em USD Longo equivale a estar comprado em Rolagem Longa de USD. Para zerar essa exposição, o mercado deve vender Rolagem Longa. No entanto, não há um instrumento líquido na B3 que represente uma Rolagem Longa. A liquidez para esse tipo de produto desejado se encontra no mercado de FRA. Vender Rolagem Longa seria equivalente a comprar FRA Longo.

Agente	Exposição
Total Exposição Mercado	$V \text{ USD Curto} + C \text{ USD Longo} = C \text{ Rolagem Longa}$
Reação do Mercado	$C \text{ USD Curto} + V \text{ USD Longo} = V \text{ Rolagem Longa} = C \text{ FRA Longo}$

Logo, todo dia em que há nova emissão de swaps, os agentes do mercado que entram no leilão do BCB vão comprar Taxa de FRA Longo para se zerar.

A ação do BCB e a reação dos agentes do mercado geram a distorção tomada na curva de Cupom Cambial no referido vértice.

3.2. Racional de mercado na rolagem do estoque de swaps do BCB

Quando chega o mês de vencimento de um lote de contrato, o BCB tem duas opções:

- 1) Diminuir o estoque de swaps ao deixar os contratos daquele mês morrerem, o que equivalerá a uma compra de contratos futuros de USD no tamanho do lote vencendo.
- 2) Manter o estoque de swaps ao rolar esses contratos de USD a vencer para algum vencimento no futuro.

Se o BCB tomar a decisão de manter o estoque, deve anunciar ao mercado de forma organizada e fracionada a rolagem desses contratos para algum

vencimento no futuro. Geralmente, o BCB anuncia em algum dia no início do mês anterior ao vencimento de um lote grande uma quantidade diária de lotes de rolagem a serem feitos durante todos os dias úteis do mês seguinte, excetuando-se o último dia útil. Dessa forma, o BC cria a expectativa no mercado de que haverá uma quantidade certa de rolagem dia após dia durante todo o mês, de forma a rolar o lote integral até o final do mês e sem deixar morrer nenhum contrato, não havendo, então, compra de USD.

Ao rolar os contratos que estão vencendo, o BCB está comprando taxa de Cupom Cambial no vencimento ofertado e vendendo USD longo, através dos contratos de SCS. Já os agentes do mercado, estão vendendo taxa de Cupom Cambial e comprando USD longo do Banco Central.

Agente	Exposição
Banco Central	C SCS Longo = V USD Longo
Mercado	V SCS Longo = C USD Longo

Logo, o mercado tem que comprar taxa de FRA de CC Longo para zerar essa exposição.

A ação do BCB e a reação dos agentes do mercado geram a distorção tomada na curva no referido vértice.

Na tabela 3, podemos notar o efeito tomador na curva de Spread Over Libor de Cupom Cambial aproximadamente nos vértices onde o BCB costumava rolar seus contratos na época do cálculo da matriz, em 04 de julho de 2018. Para o mês de julho de 2018, o BCB anunciou a colocação em 3 vértices como de costume, sendo eles os meses de Nov/18, Jan/19 e Mar/19. As células em vermelho destacam os spreads over libor mais altos da matriz, enquanto as células em verde destacam os menores níveis de spread over libor.

SPREAD		ago-18	set-18	out-18	nov-18	dez-18	jan-19	fev-19	mar-19	abr-19	mai-19	jun-19	jul-19	out-19	jan-20	abr-20	jul-20	out-20	jan-21	abr-21	jul-21	out-21	jan-22
		27	61	88	122	151	180	213	243	270	301	333	361	453	545	636	727	819	913	1004	1092	1186	1277
ago-18	27	0,42%	0,99%	1,08%	1,15%	1,26%	1,40%	1,53%	1,62%	1,69%	1,79%	1,87%	1,91%	2,02%	2,03%	2,03%	1,99%	1,96%	1,92%	1,89%	1,88%	1,84%	1,82%
set-18	61		0,74%	1,21%	1,25%	1,36%	1,51%	1,65%	1,74%	1,80%	1,91%	1,99%	2,02%	2,11%	2,11%	2,09%	2,04%	2,01%	1,95%	1,92%	1,91%	1,86%	1,85%
out-18	88			0,88%	1,28%	1,43%	1,60%	1,74%	1,83%	1,89%	2,00%	2,07%	2,10%	2,17%	2,16%	2,13%	2,08%	2,04%	1,98%	1,94%	1,93%	1,88%	1,86%
nov-18	122				0,99%	1,61%	1,79%	1,91%	1,99%	2,03%	2,13%	2,20%	2,22%	2,26%	2,23%	2,19%	2,12%	2,08%	2,01%	1,97%	1,95%	1,90%	1,88%
dez-18	151					1,11%	1,98%	2,06%	2,10%	2,14%	2,24%	2,29%	2,30%	2,33%	2,28%	2,22%	2,15%	2,10%	2,02%	1,98%	1,96%	1,91%	1,89%
jan-19	180						1,25%	2,13%	2,16%	2,19%	2,30%	2,35%	2,35%	2,36%	2,30%	2,24%	2,16%	2,10%	2,03%	1,98%	1,96%	1,90%	1,88%
fev-19	213							1,39%	2,20%	2,23%	2,36%	2,42%	2,40%	2,40%	2,32%	2,25%	2,16%	2,10%	2,02%	1,98%	1,95%	1,90%	1,88%
mar-19	243								1,49%	2,25%	2,44%	2,49%	2,45%	2,42%	2,33%	2,25%	2,16%	2,09%	2,01%	1,97%	1,94%	1,89%	1,87%
abr-19	270									1,57%	2,61%	2,59%	2,51%	2,45%	2,34%	2,25%	2,15%	2,09%	2,00%	1,96%	1,93%	1,87%	1,86%
mai-19	301										1,67%	2,57%	2,46%	2,42%	2,30%	2,22%	2,12%	2,06%	1,97%	1,93%	1,91%	1,85%	1,83%
jun-19	333											1,76%	2,34%	2,38%	2,26%	2,18%	2,08%	2,02%	1,94%	1,90%	1,88%	1,82%	1,81%
jul-19	361												1,80%	2,39%	2,25%	2,16%	2,07%	2,00%	1,92%	1,88%	1,86%	1,80%	1,79%
out-19	453													1,92%	2,11%	2,05%	1,96%	1,90%	1,82%	1,79%	1,79%	1,73%	1,72%
jan-20	545														1,96%	1,98%	1,88%	1,84%	1,75%	1,73%	1,73%	1,68%	1,68%
abr-20	636															1,96%	1,77%	1,76%	1,68%	1,66%	1,68%	1,63%	1,63%
jul-20	727																1,94%	1,75%	1,63%	1,63%	1,66%	1,60%	1,61%
out-20	819																	1,92%	1,51%	1,57%	1,63%	1,56%	1,58%
jan-21	913																		1,87%	1,63%	1,69%	1,57%	1,60%
abr-21	1.004																			1,85%	1,75%	1,55%	1,59%
jul-21	1.092																				1,84%	1,36%	1,51%
out-21	1.186																					1,81%	1,66%
jan-22	1.277																						1,80%
abr-22	1.368																						
jul-22	1.460																						
out-22	1.551																						
jan-23	1.643																						
jul-23	1.825																						
jan-24	2.006																						
jul-24	2.188																						
jan-25	2.372																						
jan-26	2.737																						

Tabela 3 – Matriz dos termos de Spread Over Libor de Cupom Cambial em 04/07/2018
Fonte: produção própria

3.3. Efeitos esperados das intervenções do BCB

Os vencimentos dos contratos em que o BCB escolhe para distribuir seus lotes de novas emissões de venda de swaps cambiais e de rolagem de posição vendida a vencer viram pontos de compra de taxa de cupom cambial por parte dos agentes do mercado. Dessa forma, ocorre uma pressão compradora nesses vértices, gerando um aumento da taxa.

Em teoria, a curva deveria ficar pressionada para cima em torno nesses vencimentos, criando um calombo na curva de cupom cambial nos vértices em que o BCB emitiu mais swaps e onde rolou seu estoque. Essa aparente distorção foi exemplificada através da exibição da tabela 3.

Essa expectativa do efeito tomador da curva de Cupom Cambial por conta da emissão de swaps cambiais pelo BCB foi comprovada pelo trabalho de Viola, Gutierrez, Lion e Barbedo (2009). Através de regressão linear de componentes principais da ETCC, chegou-se ao resultado de que a emissão de swaps cambiais (venda de USD) geram mudanças significativas no nível da curva de Cupom Cambial.

Olhando para o estoque acumulado ao final de cada mês durante biênio 2014/2015 no gráfico 8, notamos uma preferência do Banco Central de acumular um estoque a vencer de até 10 bilhões de USD por mês. Tal quantia mensal representava na época aproximadamente 10% do estoque, o que permite dizer que esse volume era considerável diante do lote total.

O BCB decidia mês a mês sua estratégia sobre o estoque total de swaps. O gráfico 9 representa os meses em que houve vencimento de contratos de swap, o que equivale a uma compra ou venda de USD. As barras positivas são contratos vendidos de swap vencendo, ou seja, compras de USD. Já as barras negativas são contratos comprados de swap vencendo, equivalente a vendas de USD.

O BCB poderia não esperar o vencimento de um lote grande para diminuir seu estoque vendido. Ao longo de 2016, ano em que o estoque inicial era de 120 bilhões de USD e terminou em 30 bilhões de USD, o BCB optou por uma modalidade que o mercado chamou de swap cambial reverso. Tal operação

consistia na compra de USD com vencimento em algum mês futuro indicado pela autoridade monetária, ou seja, exatamente o oposto do que o BC fazia na construção do seu estoque de 120 bilhões de USD. Geralmente, o BCB anunciava o swap cambial reverso para a data de vencimento de mês mais próxima. Essa preferência se deve, provavelmente, por uma vontade de não deixar um grande estoque morrer todo em um dia só.

Por exemplo, um mês com 10 bilhões em swaps a vencer e que o BC deseja deixar morrer todo o lote, mas não quer concentrar essa recompra pontualmente no dia de vencimento. O ideal nesse caso seria fazer swaps cambiais reversos pontuais ao longo do mês com vencimento para o final daquele mês, parcelando, assim, a recompra de USD ao longo do mês, fazendo o mercado assimilar essa recompra de forma parcelada na tentativa de gerar menor impacto de compra na taxa de câmbio.

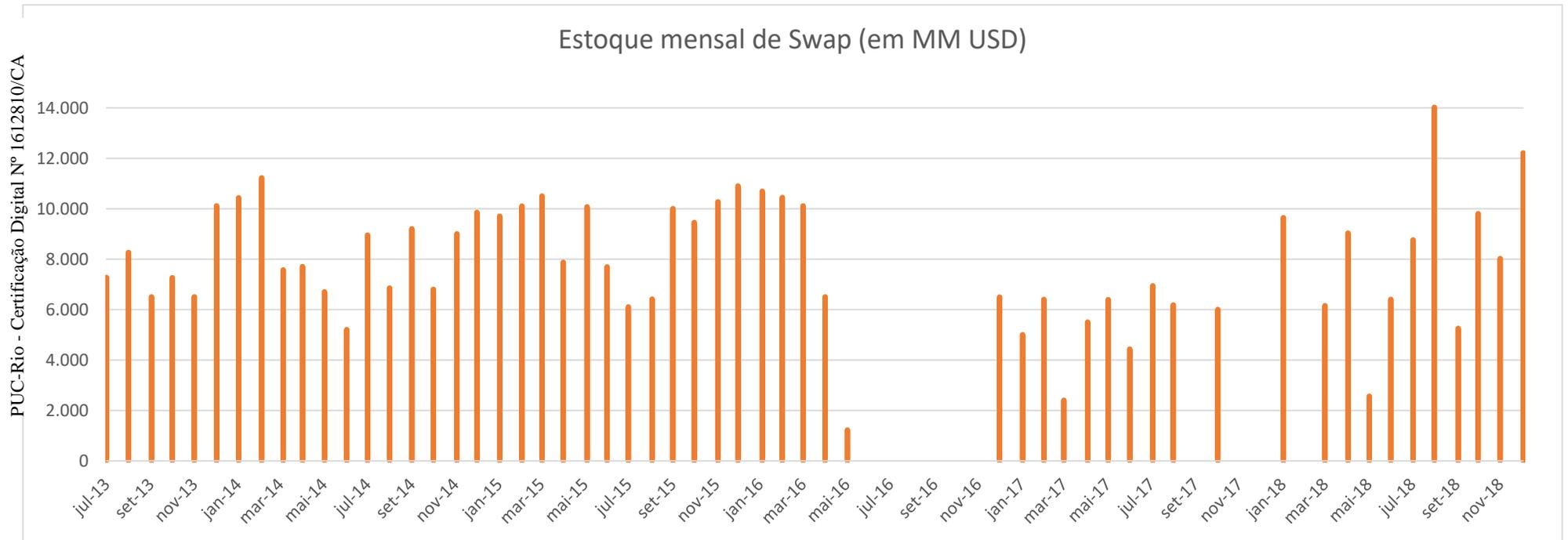


Gráfico 8 – Estoque mensal de Swaps (em milhões de USD)

Fonte: BCB

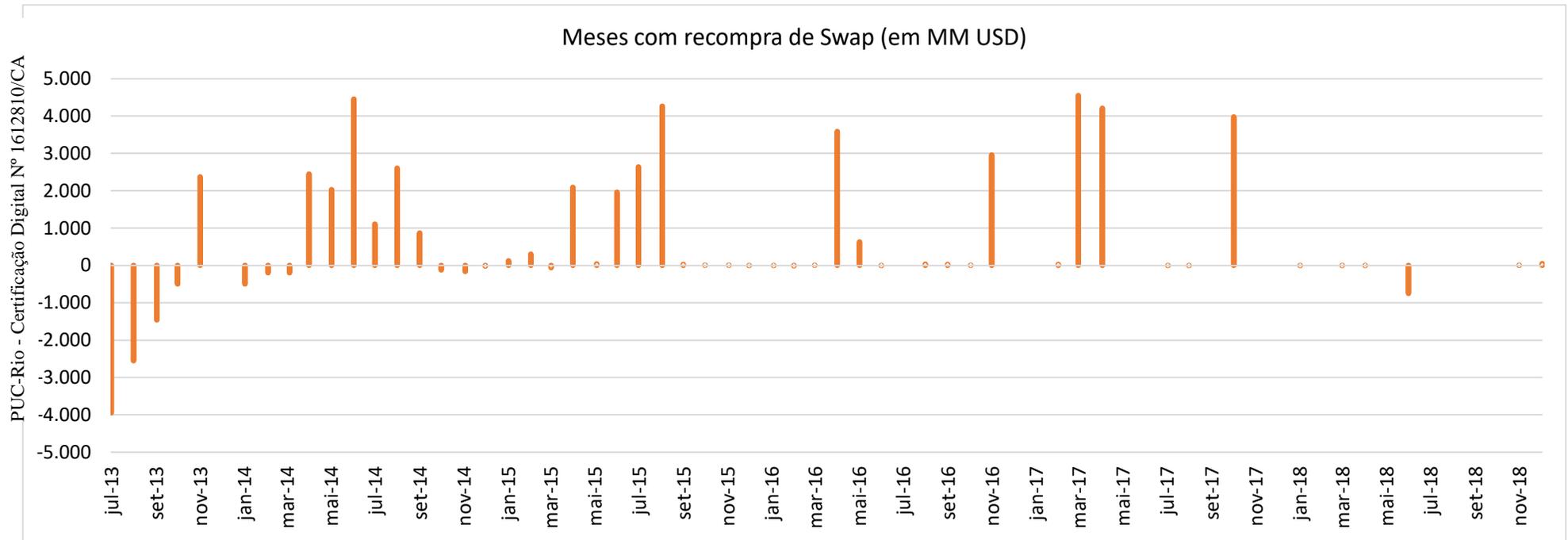


Gráfico 9 – Meses com vencimento de contratos de Swap (em milhões de USD)

Fonte: BCB

O objetivo do gráfico 10 é cruzar a maturidade em que o BCB rolou seus contratos a vencer e o efeito dessa rolagem (tomar Cupom Cambial) sobre a curva de Cupom Cambial.

A parte do gráfico de área (eixo esquerdo) denota o somatório móvel de 21 dias úteis dos contratos vendidos de swap cambial por parte do BCB, distribuídos de acordo com a maturidade colocada à frente. A imagem mostra 5 classes de rolagem de acordo com seu vencimento em relação ao dia de oferta do contrato: de 0 a 3 meses, de 3 a 6 meses, de 6 a 12 meses, de 12 a 18 meses e de 18 a 24 meses.

O gráfico de linha (eixo direito) nos mostra o Spread Over Libor de Cupom Cambial para vencimentos de 6 meses e de 12 meses, assim como a inclinação desses dois termos de spreads (diferença entre eles).

Analisando a distribuição de vértices no processo de rolagem dos contratos durante os anos de 2014 e 2015, identificamos uma preferência por parte do Banco Central de alocar os vencimentos entre os prazos de 12 meses a 24 meses à frente, conforme análise do gráfico. Dessa forma, a pressão tomadora nesses vértices deveria ser sentida na curva de Cupom Cambial.

Para essa análise, consideramos o Spread Over Libor dos termos de 6 meses e de 12 meses de Cupom Cambial. Existindo essa pressão tomadora, o vértice de 12 meses seria mais pressionado para cima do que o de 6 meses, inclinando a curva próxima a esses vencimentos e, conseqüentemente, inclinando o termo 6M/12M de spread over Libor (seta ascendente em vermelho).

Olhando o gráfico, notamos um sensível aumento nessa inclinação ao longo do processo de rolagem dos contratos do BCB no período referido.

A linha vermelha indica o início do desmonte do estoque de swap no início de 2016. Após esse período, vemos a inclinação diminuindo (seta descendente em vermelho), conforme a pressão tomadora nesses vértices arrefeceu por parte do Banco Central.

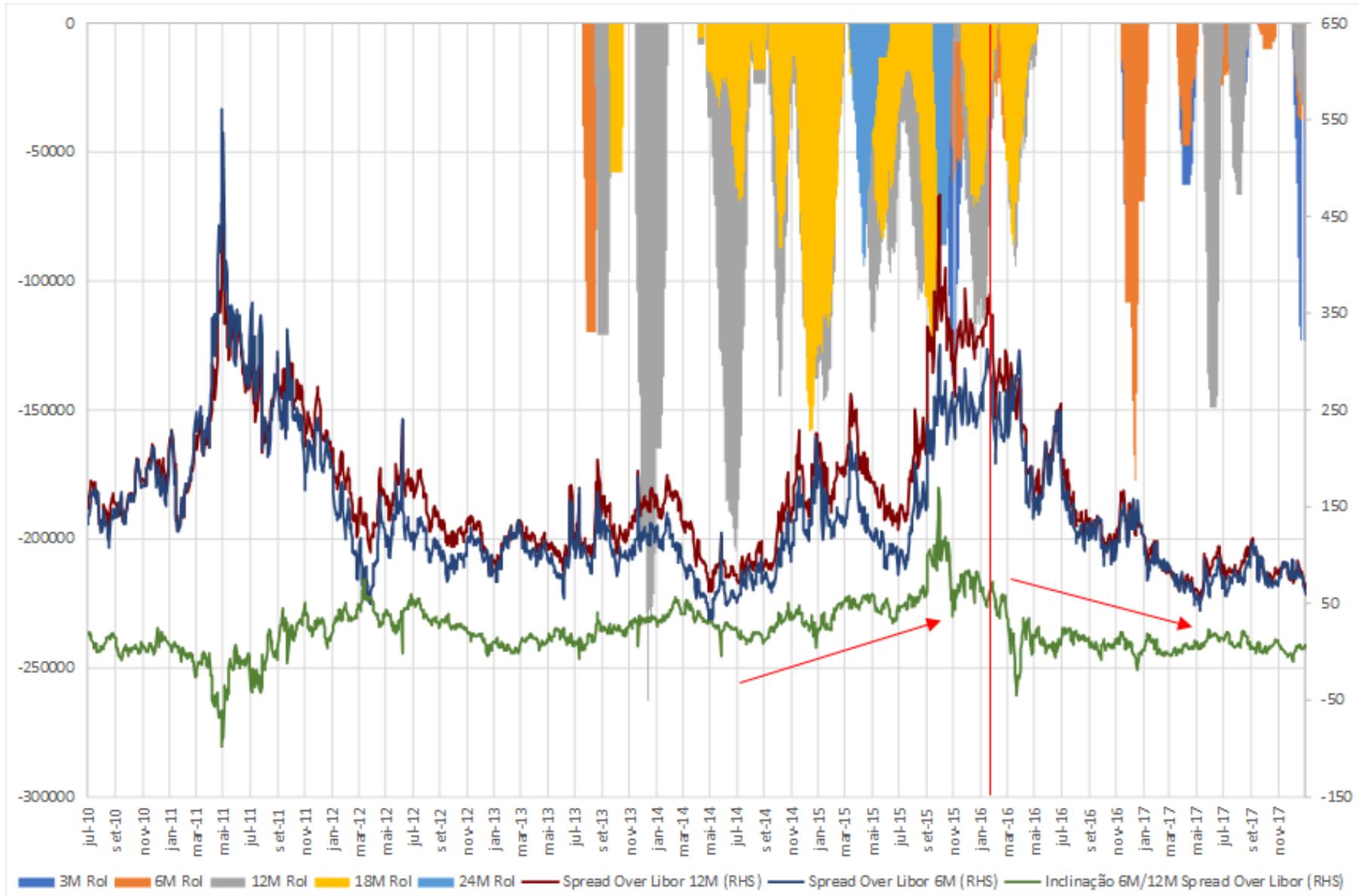


Gráfico 10 – Maturidade da Rolagem e o efeito sobre a Curva de Spread Over Libor –
Fonte: produção própria

3.4. Trade-offs do BCB

O BCB teve em suas mãos um complicado trade-off para analisar enquanto tomava sua decisão de alocação do estoque novo de swap e do estoque rolando: maturidade e tamanho mensal. Por um lado, colocar contratos muito à frente aumentaria exposição do estoque a variações da curva de cupom cambial. Por outro lado, colocar muitos contratos concentrados em um certo mês tornaria o BCB um agente muito pesado a cada mês para o mercado absorver seus contratos rolados.

A preferência do BCB por tentar rolar seus contratos no prazo de 12 meses a 24 meses à frente provavelmente se deveu à inexistência de meses anteriores a esse prazo que estivessem vazios, ou seja, com menos de 10 bilhões de USD acumulados por mês. Tal fato obrigou o BCB a rolar os contratos para um prazo maior, apesar da falta de liquidez nos vencimentos acima de 12 meses. Por consequência, essa opção por prazos mais longos trouxe maior variação no resultado do Banco Central por conta desse estoque, além da maior distorção nesses vértices por se tratarem de vencimentos menos líquidos.

Além de menor liquidez, uma maturidade maior trouxe maior exposição total à curva de cupom cambial para o estoque. Isso quer dizer que para a mesma variação de nível da curva inteira, o BCB ganhou/perdeu mais por ter alocado seus contratos em um prazo mais longo do que se estivesse alocado em vencimentos mais curtos.

A menor liquidez nos contratos mais longos também foi um problema que forçou a autoridade monetária a não acumular muitos contratos a vencer por mês.

A melhor estratégia aparentemente foi a perseguida pelo Bacen, onde o estoque total foi dividido pelo número de meses onde ainda havia espaço para alocar. Por exemplo, sendo o estoque de 120 bilhões de USD e os 12 meses à frente ocupados consideravelmente, o melhor seria manter uma média de $120/12 = 10$ bilhões de USD por mês e sempre rolar os contratos a vencer para 12 meses à frente de forma distribuída.

Além disso, quanto mais o Banco Central alongasse os vencimentos de alocação de swaps novos e swaps rolados, maior seria o impacto nos vértices de

captação offshore das empresas. Analisando os prazos de emissões de captação em moeda estrangeira por parte das empresas brasileiras, vemos que há uma preferência por emissões curtas de 2 anos e mais longas de 5 a 10 anos. Quanto mais o BCB colocasse swaps próximos aos vencimentos longos, mais distorcida para cima a curva de Cupom Cambial ficaria. Sendo essa curva a referência de emissão de dívida offshore das empresas, quanto mais distorcida for o Cupom Cambial nos vértices preferenciais de emissão das empresas, mais cara será a dívida corporativa emitida.

4. Base de dados

Os dados utilizados foram obtidos a partir dos ajustes diários dos contratos de DDI (Futuros de Cupom Cambial Sujo) e DI (Futuro de Taxa de Juros) - divulgados pela B3 - para a construção de uma curva de Cupom Cambial e da curva de Spread Over Libor de Cupom Cambial.

Diariamente, a B3 divulga os preços do ajuste dos seus contratos futuros em forma de PU. No caso do contrato de DDI e DI, no vencimento, eles valerão 100.000 pontos. Antes do vencimento, esses contratos são negociados com deságio. A partir desse deságio negociado, podemos calcular a taxa implícita que o mercado negocia tal ativo.

Através das fórmulas abaixo, fazemos a transformação do PU divulgado pela B3 em taxas implícitas de Cupom Cambial sujo e DI.

$$PU_{DDI} = \frac{100.000}{(1 + CC_S \times \frac{DC}{360})} \quad PU_{DI} = \frac{100.000}{(1 + DI)^{\frac{DU}{252}}}$$

O cupom cambial divulgado pelo contrato DDI é denominado como cupom cambial sujo, uma vez que seu cálculo é feito utilizando a variação cambial da taxa PTAX do dia anterior ($PTAX_{d-1}$).

Com essa transformação, pode-se construir a curva de Cupom Cambial limpo que leva em conta o dólar spot (à vista), sendo assim um parâmetro mais comumente utilizado pelos operadores do mercado.

Podemos obter o Cupom Cambial limpo através da seguinte equação:

$$CC_L = 1 - \left[\left(\frac{Ptax_d}{Ptax_{d-1}} \right) \times (1 + CC_S) \right]$$

Os contratos da B3 são estruturados de forma a vencerem ao final de cada mês. Conforme os contratos vencem, a bolsa inicia a negociação de novos meses de forma a sempre manter em operação os meses que estão por vir. Já os meses mais distantes do presente são organizados com abertura trimestral e anual, ficando

a curva mais espaçada em sua precificação, mas ainda com certa liquidez, principalmente nos vencimentos de início de ano.

Portanto, por motivação operacional, optou-se por utilizar uma ETCC interpolada exponencialmente de 3 em 3 meses, evitando a problemática da ausência de contratos em aberto para determinado período desejado. Dessa forma, a base de dados foi construída com vencimentos constantes, se iniciando em D+90 (3 meses) e indo até D+1800 (5 anos), de 3 em 3 meses, totalizando 20 séries temporais.

Utilizou-se o método de interpolação linear, conforme equação abaixo, para o cálculo das taxas de Cupom Cambial, para vencimentos que estejam entre os vértices existentes para uma determinada estrutura a termos de taxa de Cupom Cambial.

$$Taxa_t = \left[\left(1 + Taxa_{t-1} \times \frac{DC_{t-1}}{360} \right) \times \left(\frac{\left(1 + Taxa_{t+1} \times \frac{DC_{t+1}}{360} \right)^{\frac{(DC_t - DC_{t-1})}{(DC_{t+1} - DC_{t-1})}}}{\left(1 + Taxa_{t-1} \times \frac{DC_{t-1}}{360} \right)} \right) \right] \times \frac{360}{DC_t} - 1$$

O recorte temporal escolhido das séries foi do início do ano de 2013 até o final do ano de 2018, pois engloba o período de maior emissão de Swaps Cambiais e Swaps Reversos e também o período em que houve maior volume nas rolagens mensais dos contratos.

Outra forma de se operar o mercado de Cupom Cambial é através da precificação dessa curva acima da curva de Libor americana. Sob essa métrica, obtém-se uma ETCC expurgada das flutuações da curva de juros americana.

Para esse cálculo, é necessário utilizar a curva de eurodólares americanos divulgado pela CME e interpolar os contratos abertos com vencimentos de 3 em 3 meses de forma a obtermos uma curva comparável a curva de Cupom Cambial limpo construída.

Conceitualmente, o Spread Over Libor de Cupom Cambial construído seria comparável em *basis points* ao CDS Brazil. As duas métricas seriam formas semelhantes de se comparar qual é o juro em dólares exigido a mercado para se carregar um título brasileiro para determinado período.

Refiro-me a elas como formas semelhantes, pois esses 2 produtos não são perfeitamente substituíveis visto que existe um risco de fronteira entre eles. O CDS é um acordo selado entre duas contrapartes com promessa de troca financeira, sendo sempre registrado no exterior. Já a operação do Spread Over Libor de Cupom Cambial envolve uma parcela da sua remuneração em território nacional (na B3), acarretando um risco de fronteira para essa operação. O investidor que tem em mãos a disponibilidade de operar os dois produtos pode escolher entre incorrer ou não esse risco. Tal disponibilidade afeta a precificação da curva de Spread Over Libor de Cupom Cambial.

A conclusão teórica de que podemos comparar o Spread Over Libor de Cupom Cambial ao CDS Brazil está esquematizada no raciocínio abaixo.

A taxa *forward* do dólar pode ser expressa da seguinte forma:

$$f_t = E_t(s_{t+k}) - s_t + p_t$$

Considerando a equivalência entre a paridade descoberta e coberta de juros, temos:

$$f_t = i_t - i^*_t$$

Substituindo a taxa *forward*:

$$i_t = i^*_t + [E_t(s_{t+k}) - s_t + p_t]$$

Podemos acrescentar nessa equação o prêmio de risco país (r_p) que seria uma tentativa de quantificar o risco de crédito relacionado à solvência dos títulos emitidos pelo país.

$$i_t = i^*_t + [E_t(s_{t+k}) - s_t + p_t] + r_p$$

Retornando com a taxa *forward* à equação e rearranjando-a:

$$i_t - f_t = i^*_t + r_p$$

Sabendo que a definição da taxa de Cupom Cambial é a taxa de juros doméstica menos a variação cambial do período, temos:

$$Cupom_t = i^*_t + r_p$$

Sendo o Spread Over Libor de Cupom Cambial a diferença entre a curva de Cupom Cambial e a curva de juros americana (juro internacional), chegamos à seguinte conclusão:

$$Spread\ Over = Cupom_t - i^*_t = r_p \cong CDS$$

Onde:

f_t é a taxa *forward* no instante t

s_t é o valor do dólar à vista no instante t

p_t é o valor do prêmio de risco no instante t

i_t é a taxa de juros doméstica no instante t

i^*_t é a taxa de juros internacional no instante t

r_p é o valor do risco país no instante t

Por conta da rotina de leilões de emissão de swaps pelo Bacen não ser diária, optou-se por analisar também uma outra série em forma semanal, onde o número de contratos de Swap Cambial, Swap Reverso e Rolagem emitidos foram somados semanalmente e armazenados como uma observação, conjuntamente com o valor do Cupom Cambial e do Spread Over Libor respectivo ao final de cada semana em questão. Tal medida foi tomada ao analisarmos a dinâmica de emissão do BCB, onde nota-se extensos períodos sem intervenções no mercado de swap.

A estacionariedade das duas curvas foi avaliada a partir do teste de raiz unitária para todos os vértices da curva, com a técnica Augmentet Dickey-Fuller e foi selecionado o *lag* do teste através do parâmetro proposto por Schwert (1989). Os testes foram aplicados para três situações previstas: Random-walk plain-vanilla,

Random-walk com drift e Random-walk com drift e tendência determinística. Todos os vértices das duas séries foram considerados estacionários em cada um dos níveis de significância de rejeição da hipótese nula para as defasagens de 1, 2 e 3.

Nos gráficos 11 e 12 podemos notar o desenvolvimento das curvas de Cupom Cambial e de Spread Over Libor ao longo dos anos.

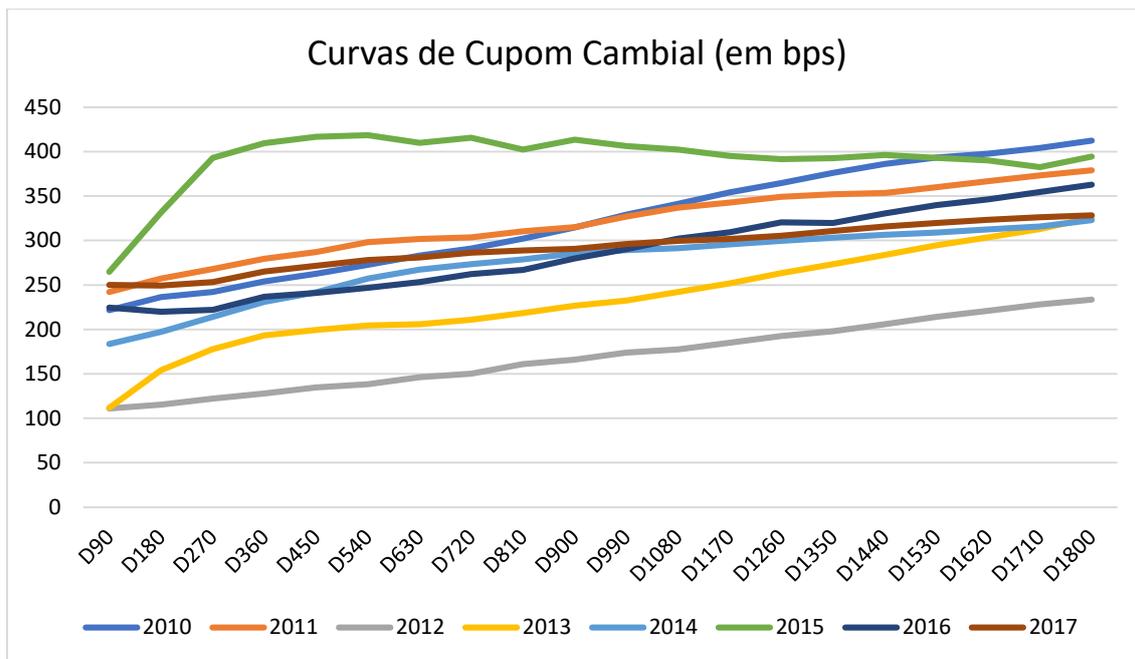


Gráfico 11 – Curva de Cupom Cambial ao longo dos anos (em *bps*)
Fonte: produção própria

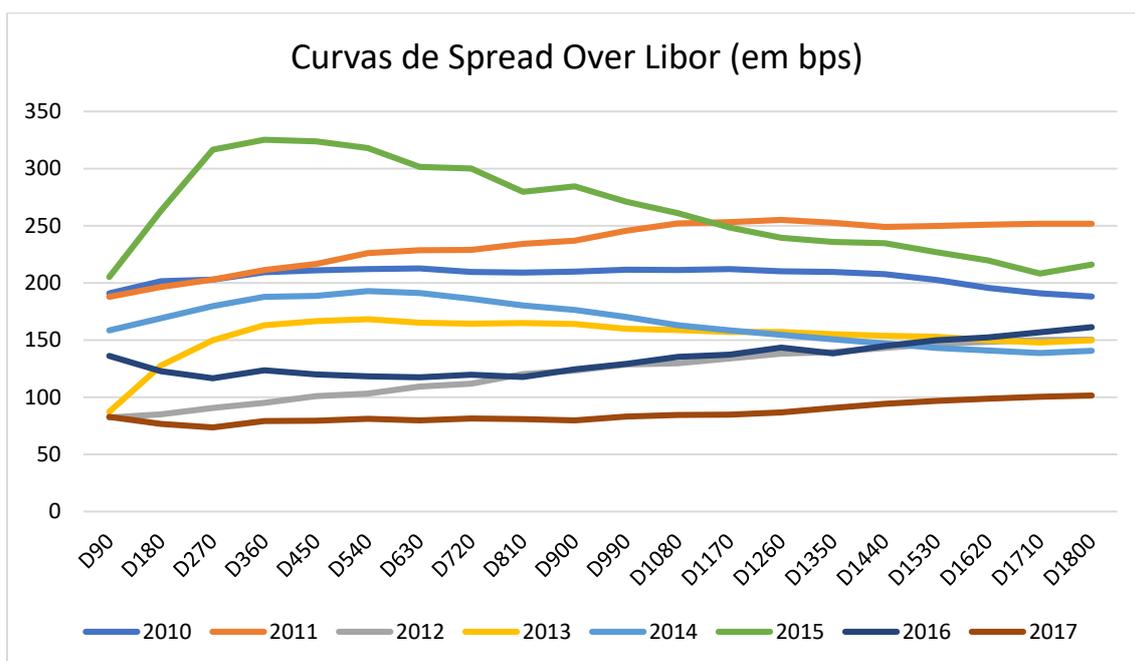


Gráfico 12 – Curva de Spread Over Libor de Cupom Cambial ao longo dos anos (em *bps*)
Fonte: produção própria

5. Modelo empírico

Por se tratar de uma estrutura a termo com suas taxas altamente correlacionadas, como era de se esperar de uma curva de juros, recomenda-se utilizar um método de análise de dados multivariados conhecido como Análise de Componentes Principais (ACP).

O objetivo da ACP é reduzir a dimensão do conjunto de dados da Estrutura a Termo de Cupom Cambial (ETCC) e do Spread Over Libor de Cupom Cambial, mantendo tanto quanto possível a sua informação inicial.

A análise do impacto das intervenções do BCB na curva de Cupom Cambial será feita através de regressão linear, tomando-se as emissões de swap (compra, venda e rolagem) do Bacen e uma métrica que retrata a percepção de risco dos investidores estrangeiros como variáveis independentes. Essas variáveis independentes, por sua vez, serão regredidas nas componentes 1, 2 e 3 (nível, inclinação e curvatura, respectivamente) da ACP rodada com a ETCC e o Spread Over Libor calculados.

Tomam-se as componentes 1, 2 e 3 da ETCC e do Spread Over Libor e regride-se contra a série que representa emissão de Swaps Cambiais, Swaps Reversos, Rolagem e contra o valor da componente de percepção de risco.

Como métrica de percepção de risco, utilizamos como variável independente a componente 1 obtida pela ACP aplicada a posição *net* de DDI estrangeiros e ao CDS Brazil (1y e 5y) após normalização das duas séries. Tal medida é necessária pois as duas variáveis apresentam correlação linear alta (em torno de 60%), o que poderia causar problema de multicolinearidade nas regressões testadas caso essas duas variáveis fossem incluídas no modelo de forma separada, apenas como duas variáveis independentes na regressão.

O CDS é uma forma de seguro operado pelo mercado que paga prêmio ao comprador do contrato em caso de *default* (inadimplência) do ativo em questão. No caso de um CDS soberano – de um país – há realização de lucro pelo comprador do CDS caso haja um não pagamento dos títulos soberanos emitidos pelo país. Nesse caso, o vendedor do CDS deverá honrar sua dívida com o comprador. Na prática, o

nível do CDS mensura a probabilidade de default da dívida soberana. Quanto mais alto o seu nível, maior é a probabilidade de *default* do país.

Já a posição *net* de estrangeiros em contrato DDI na B3 é uma série que indica o somatório líquido de contratos em aberto de DDI em posse de clientes estrangeiros registrados na bolsa. A posição comprada líquida em DDI equivale à posição vendida líquida em cupom cambial, uma vez que o contrato de DDI é expresso em PU, e não em taxa.

A motivação da inclusão da série de posição líquida de DDI para estrangeiros é a de que o mercado de Cupom Cambial é utilizado pelos investidores com o objetivo de obter proteção cambial no longo prazo. Sendo assim, quanto maior for o número de contratos de DDI em aberto no mercado pelos agentes financeiros, maior será o apetite dos investidores por alguma forma de hedge contra o dólar no longo prazo.

Além disso, essas duas variáveis foram incluídas devido ao fato do mercado de cupom brasileiro ser composto por agentes econômicos nacionais e investidores estrangeiros que arbitram a diferença entre a taxa interna e a taxa externa e pelo fato de o risco país influenciar e ser influenciado pela aplicação de recursos externos no país.

Abaixo, temos as regressões utilizadas na avaliação do impacto das emissões na ETCC e no Spread Over Libor:

$$CP1_t = \alpha + \beta_1 Swap_t + \beta_2 Reverso_t + \varepsilon_t$$

$$CP2_t = \alpha + \beta_1 Swap_t + \beta_2 Reverso_t + \varepsilon_t$$

$$CP3_t = \alpha + \beta_1 Swap_t + \beta_2 Reverso_t + \varepsilon_t$$

$$CP1_t = \alpha + \beta_1 Swap_t + \beta_2 Reverso_t + \beta_3 CP1_CDI_Est_t + \varepsilon_t$$

$$CP2_t = \alpha + \beta_1 Swap_t + \beta_2 Reverso_t + \beta_3 CP1_CDI_Est_t + \varepsilon_t$$

$$CP3_t = \alpha + \beta_1 Swap_t + \beta_2 Reverso_t + \beta_3 CP1_CDI_Est_t + \varepsilon_t$$

$$CP1_t = \alpha + \beta_1 Swap_t + \beta_2 Reverso_t + \beta_3 Rolagem_t + \beta_4 CP1_CDI_Est_t + \varepsilon_t$$

$$CP2_t = \alpha + \beta_1 Swap_t + \beta_2 Reverso_t + \beta_3 Rolagem_t + \beta_4 CP1_CDI_Est_t + \varepsilon_t$$

$$CP3_t = \alpha + \beta_1 Swap_t + \beta_2 Reverso_t + \beta_3 Rolagem_t + \beta_4 CP1_CDI_Est_t + \varepsilon_t$$

$$CP1_t = \alpha + \beta_1 (Swap + Rolagem)_t + \beta_2 Reverso_t + \beta_3 CP1_CDI_Est_t + \varepsilon_t$$

$$CP2_t = \alpha + \beta_1 (Swap + Rolagem)_t + \beta_2 Reverso_t + \beta_3 CP1_CDI_Est_t + \varepsilon_t$$

$$CP3_t = \alpha + \beta_1 (Swap + Rolagem)_t + \beta_2 Reverso_t + \beta_3 CP1_CDI_Est_t + \varepsilon_t$$

Onde:

- $CP1_t$ é a componente 1 (nível) da ACP estimada para a ETCC e para o Spread Over Libor.
- $CP2_t$ é a componente 2 (inclinação) da ACP estimada para a ETCC e para o Spread Over Libor.
- $CP3_t$ é a componente 3 (curvatura) da ACP estimada para a ETCC e para o Spread Over Libor.
- $Swap_t$ representa a emissão de venda de swap por parte do BC (venda de USD).
- $Reverso_t$ representa a emissão de compra de swap por parte do BC (compra de USD).
- $Rolagem_t$ representa a rolagem de contratos que estão vencendo (venda de USD longo).
- $(Swap + Rolagem)_t$ representa o somatório da emissão de venda de swap com a rolagem de contratos que estão vencendo (venda de USD longo).
- $CP1_CDI_Est_t$ é a componente 1 (nível) da ACP estimada com as variáveis CDI e posição de estrangeiros nos papéis de DDI.

Como complementação dessa análise, outras regressões foram feitas na tentativa de apreciar o impacto das intervenções sobre o nível das séries de Cupom Cambial e de Spread Over Libor. Conseguir mensurar o impacto no nível dessas

duas curvas com a emissão dos diferentes tipos de swap é uma poderosa ferramenta de auxílio à gestão da estratégia cambial por parte do Banco Central do Brasil.

$$\begin{aligned} \text{Cupom_D360}_t & \\ &= \alpha + \beta_1 \text{Swap}_t + \beta_2 \text{Reverso}_t + \beta_3 \text{Rolagem}_t \\ &+ \beta_4 \text{CP1_CDI_Est}_t + \varepsilon_t \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Spread_D360}_t & \\ &= \alpha + \beta_1 \text{Swap}_t + \beta_2 \text{Reverso}_t + \beta_3 \text{Rolagem}_t \\ &+ \beta_4 \text{CP1_CDI_Est}_t + \varepsilon_t \end{aligned}$$

Onde:

- Cupom_D360_t é a série da ETCC para o vértice de vencimento equivalente a 1 ano.
- Spread_D360_t é a série de Spread Over Libor para o vértice de vencimento equivalente a 1 ano.

Ao estimarmos as regressões acima, podemos avaliar o impacto de 100 milhões de dólares em emissões de Swap Cambial nas curvas de Cupom Cambial e de Spread nos vértices de 360 dias corridos, por exemplo.

Os diferentes modelos para avaliação foram rodados com os dados separados em duas séries: uma de curto prazo - com vencimentos de D+90 a D+900, ou seja, 2 anos e 6 meses - e de longo prazo - com vencimentos de D+90 a D+1800, ou seja, 5 anos - variando também a série de CDS utilizada: CDS 1y (1 ano) para o curto prazo e o CDS 5y (5 anos) para o longo prazo.

Essa diferenciação foi feita para tentar identificar uma possível diferença de resultado entre o curto prazo e o longo prazo devido ao fato de o BCB atuar mais fortemente no período em torno de 1 ano de vencimento, como já mencionado anteriormente. Dessa forma, é esperado que o efeito na série de curto prazo seja mais significativo do que na série de longo prazo.

6. Resultado

Na tabela 4, vemos que as três primeiras componentes principais da ACP representam, cumulativamente, 99,92% da variação total da curva.

Os gráficos das cargas de cada componente (gráficos 13, 14 e 15) constata a interpretação apresentada por Litterman e Scheinkman (1991). Retomando referida interpretação, constata-se que a componente 1, que responde pela maior variabilidade dos dados, está relacionada ao nível da curva, uma vez que os coeficientes para cada vértice original da curva (valor de cada posição do autovetor) são bastante próximos. A segunda componente representa a inclinação da curva, sendo que seu ponto de rotação se localiza no centro do prazo de D450 (1 anos e 3 meses). A terceira componente está relacionada à curvatura da ETCC.

Pelo gráfico de PC1, apesar da negatividade do fator, pode-se verificar que a magnitude dos fatos é menor para os vencimentos curtos e maior para vencimentos longos. Essa curva apresenta um comportamento muito próximo ao da duration modificada dos vencimentos da curva, ou seja, espelha um choque paralelo na curva. No gráfico de PC2, notamos valores maiores nos vértices mais curtos e valores menores nos vencimentos mais longos, indicando um movimento de inclinação na curva. Já o gráfico de PC3 apresenta valores positivos no início da curva, negativos no centro e positivos ao final, mostrando assim um movimento de curvatura.

Os resultados abaixo mostrados são para a série de Cupom Cambial curto (até D900) com observações diárias.

	PC1	PC2	PC3
Proporção da Variância	96,09%	3,39%	0,44%
Proporção Acumulada	96,09%	99,48%	99,92%

Tabela 4 – Proporção acumulada da variância das três primeiras componentes principais

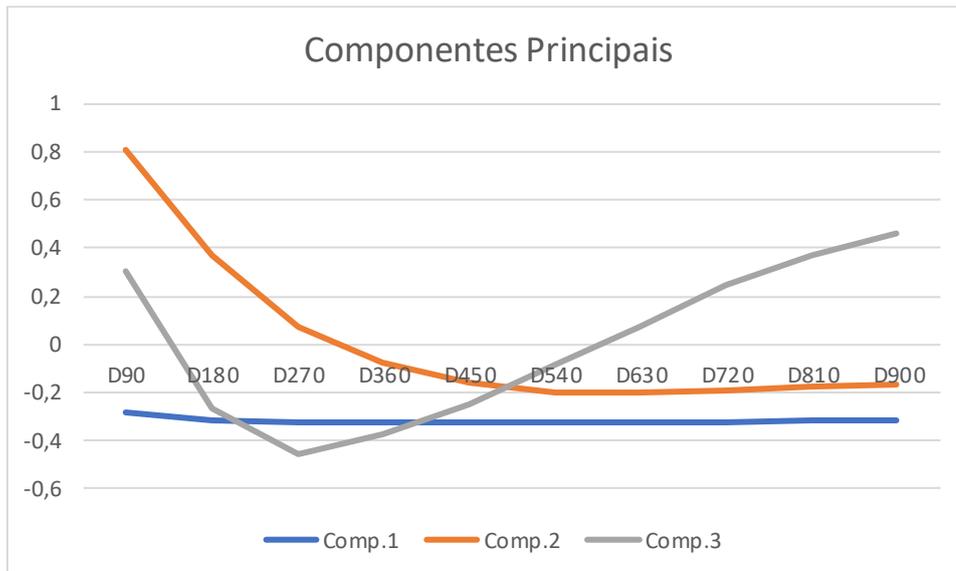


Gráfico 133 – Componentes 1, 2 e 3 da Análise de Componentes Principais

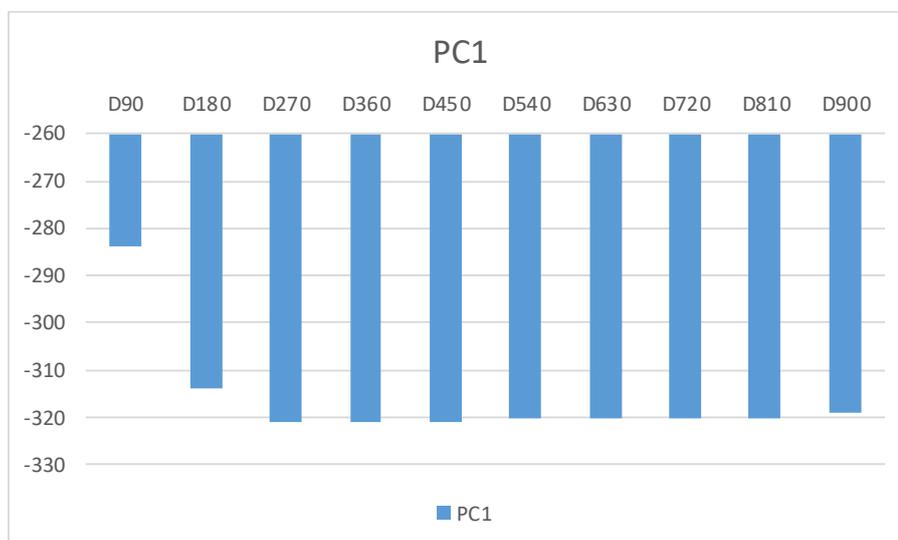


Gráfico 144 – Pesos da Componente 1 (nível)

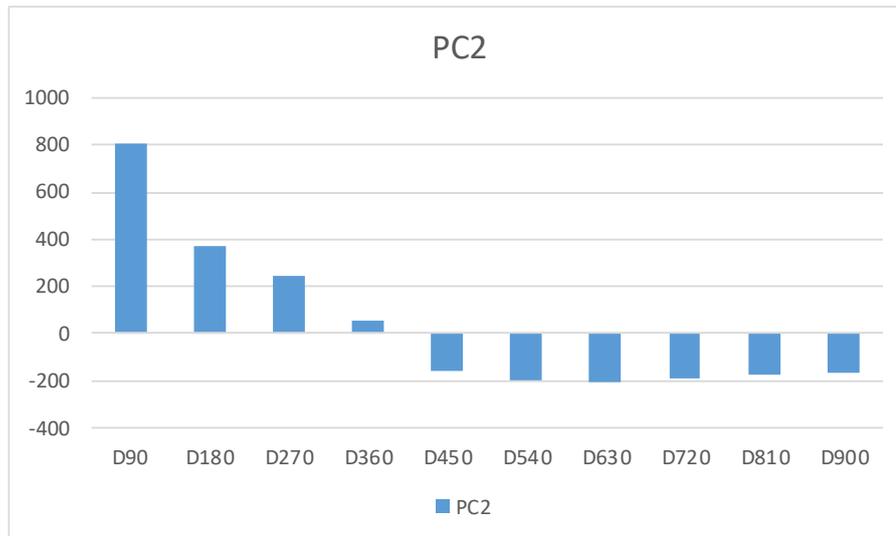


Gráfico 155 – Pesos da Componente 2 (inclinação)

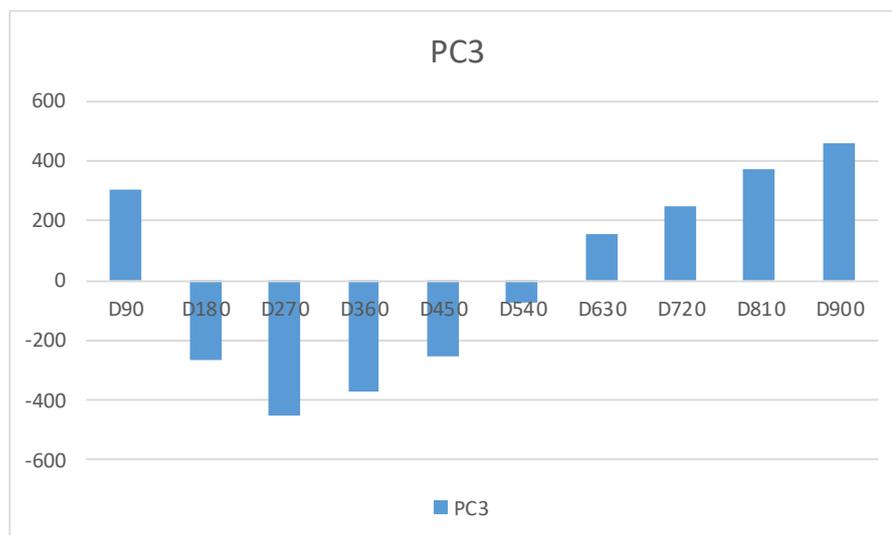


Gráfico 166 – Pesos da Componente 3 (curvatura)

As regressões aplicadas aos 3 componentes principais da ACP sem a inclusão de PC1_DDI_CDS como variável independente mostraram um R^2 ajustado muito baixo se comparado às regressões em que houve a inclusão dessa variável que representa aversão ao risco. Tal resultado vai em linha com a formulação das equações da fórmula de Cupom Cambial, onde há presença de uma variável que representa o risco país. Logo, a inclusão de PC1_DDI_CDS como variável independente traria maior capacidade preditiva ao modelo. Por conta disso, o resultado dos seus testes não foi apresentado.

A subdivisão da série de Cupom Cambial e Spread Over Libor em 2 séries (até D+900 e até D+1800) permitiu que observássemos que a capacidade preditiva dos modelos se difere para esses dois recortes da curva. O resultado para a série mais longa, em que há a representação da ETCC de vencimentos de D+90 até D+1800 (5 anos), foi insatisfatório. O R^2 ajustado para os modelos que explicam PC2 foram baixos e a variável Swap Cambial não foi estatisticamente significativa em todos os modelos. Dessa forma, o resultado dos testes para a série longa não será apresentado no presente trabalho.

Buscou-se verificar se há aumento de eficácia do modelo ao se analisar a série em modo semanal, usando o somatório semanal de emissão de Swap Cambial e Swap Reverso como variável independente. No entanto, não houve ganho preditivo ao modelo com o uso das séries nesse formato e, conseqüentemente, o resultado dos testes para essas séries não serão apresentados no trabalho.

A própria natureza volátil do mercado financeiro é um impeditivo da necessidade de supormos a variância dos erros constantes (homocedasticidade) no momento da execução da regressão. Chamamos a presença de variância dos erros não constantes de heterocedasticidade e sua presença acaba por gerar estimadores da regressão de mínimos quadrados ordinário (MQO) não viesados e consistentes, mas que não são eficientes (não possuem variância mínima), impactando negativamente os intervalos de confiança e testes de hipótese a serem feitos.

Podemos comprovar a presença de heterocedasticidade através do teste Breusch-Pagan (teste BP), utilizado para testar a hipótese nula de que as variâncias dos erros são iguais (homoscedasticidade) contra a hipótese alternativa de que as variâncias dos erros são não-constantes. É indicado para grandes amostras e quando a suposição de normalidade nos erros é assumida. A aplicação do teste BP confirmou a presença de heterocedasticidade, surgindo a necessidade de utilização de outro método de estimação para apresentarmos testes de hipóteses dos estimadores com resultados acurados.

A correção desse erro se deu através da utilização de regressão robusta para estimação dos parâmetros. Esse método foi desenhado de forma a não ser afetado

pela variância dos erros não-constante, conseguindo apresentar erros não-viesados, consistentes e eficientes.

Outro ponto sensível a estimação por mínimos quadrados ordinários (MQO) é a presença de autocorrelação nos erros da estimação. Havendo autocorrelação, os estimadores de MQO continuam sendo não viesados e consistentes, mas deixam de ser eficientes (ou seja, não possuem mais variância mínima). Outra importante consequência da autocorrelação é o fato de as estimativas dos erros padrão e de as estatísticas de teste t e F não serem mais válidas, mesmo para amostras grandes, já que a estimativa da variância dos estimadores dos coeficientes será viesada. Utilizou-se o teste Breusch-Godfrey na verificação da presença de autocorrelação. Uma forma de contornar a autocorrelação é através do uso de estimadores robustos.

Abaixo vemos a análise da série de Cupom Cambial com vencimentos até D+900.

Como resultado da regressão robusta dos 3 componentes principais nas variáveis independentes swap e swap reverso, temos:

$$CP_t = \alpha + \beta_1 Swap_t + \beta_2 Reverso_t + \beta_3 CP1_CDI_Est_t + \varepsilon_t$$

$$PC1 \sim SWAP + REV + PC1_DDI_CDS1Y$$

CUPOM CURTO	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0,0000	0,0190	0,0000	1,0000
SWAP	0,0538	0,0192	2,7970	0,0052
VER	0,0205	0,0191	1,0770	0,2819
PC1_DDI_CDS1Y	0,6962	0,0192	36,2220	< 2e-16

 R^2 0,477

 R^2 Aj. 0,4759

$$PC2 \sim SWAP + REV + PC1_DDI_CDS1Y$$

CUPOM CURTO	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0,0000	0,0233	0,0000	1,0000
SWAP	0,0918	0,0235	3,9040	0,0001
VER	0,1238	0,0233	5,3020	0,0000
PC1_DDI_CDS1Y	0,4577	0,0235	19,4660	< 2e-16

 R^2 0,2174

 R^2 Aj. 0,2158

$$PC3 \sim SWAP + REV + PC1_DDI_CDS1Y$$

CUPOM CURTO	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0,0000	0,0258	0,0000	1,0000
SWAP	0,1935	0,0261	7,4190	0,0000
VER	0,0068	0,0259	0,2630	0,7930
PC1_DDI_CDS1Y	0,0249	0,0261	0,9540	0,3400

 R^2 0,03695

 R^2 Aj. 0,03495

Tabela 5 – Resultado das regressões sobre as 3 componentes na série de Cupom diário

Há significância para a variável independente Swap Cambial nas regressões dos 3 componentes principais.

No caso do Swap Reverso, há significância estatística apenas na regressão que tenta explicar PC2.

A variável de aversão ao risco é estatisticamente significativa apenas nas regressões de PC1 e PC2.

Pode-se notar um relevante poder preditivo para a regressão que tenta explicar PC1 através dessas variáveis independentes, com um R^2 ajustado de 46%. Já as regressões de PC2 e PC3 apresentam um coeficiente de determinação menor.

Ao incluirmos as rolagens diárias como variável independente, temos:

$$CP_t = \alpha + \beta_1 Swap_t + \beta_2 Reverso_t + \beta_3 Rolagem_t + \beta_4 CP1_CDI_Est_t + \varepsilon_t$$

$$PC1 \sim SWAP + REV + ROL + PC1_DDI_CDS1Y$$

CUPOM CURTO	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0,0000	0,0190	0,0000	1,0000
SWAP	0,0532	0,0193	2,7580	0,0059
REV	0,0196	0,0193	1,0170	0,3092
ROL	0,0061	0,0200	0,3060	0,7593
PC1_DDI_CDS1Y	0,6945	0,0200	34,6990	< 2e-16

R² 0,477

R² Aj. 0,4756

$$PC2 \sim SWAP + REV + ROL + PC1_DDI_CDS1Y$$

CUPOM CURTO	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0,0000	0,0226	0,0000	1,0000
SWAP	0,0728	0,0229	3,1760	0,0015
REV	0,0915	0,0230	3,9860	0,0001
ROL	0,2209	0,0238	9,2770	< 2e-16
PC1_DDI_CDS1Y	0,3964	0,0238	16,6650	< 2e-16

R² 0,2615

R² Aj. 0,2594

$$PC3 \sim SWAP + REV + ROL + PC1_DDI_CDS1Y$$

CUPOM CURTO	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0,0000	0,0258	0,0000	1,0000
SWAP	0,1870	0,0261	7,1580	0,0000
REV	-0,0043	0,0261	-0,1650	0,8693
ROL	0,0760	0,0271	2,8030	0,0051
PC1_DDI_CDS1Y	0,0038	0,0271	0,1400	0,8886

R² 0,04217

R² Aj. 0,03952

Tabela 6 – Resultado das regressões sobre as 3 componentes na série de Cupom diário

Notamos que a variável independente Swap Cambial é significativa nas 3 regressões.

O Swap Reverso apresenta significância somente na regressão que tenta explicar PC2.

A variável Rolagem tem significância estatística para PC2 e PC3.

A variável de aversão ao risco é estatisticamente significativa apenas nas regressões de PC1 e PC2, como no caso anterior.

O coeficiente de determinação R^2 decai igualmente para as 3 componentes, sendo a PC1 a de maior relevância preditiva.

Analisando o somatório de swaps cambiais e rolagens como variável independente, temos:

$$CP_t = \alpha + \beta_1(Swap + Rolagem)_t + \beta_2Reverso_t + \beta_3CP1_CDI_Est_t + \varepsilon_t$$

$$PC1 \sim SROL + REV + PC1_DDI_CDS1Y$$

CUPOM CURTO	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0,0000	0,0190	0,0000	1,0000
SROL	0,0483	0,0192	2,5140	0,0120
REV	0,0171	0,0192	0,8890	0,3740
PC1_DDI_CDS1Y	0,6870	0,0191	35,9680	<2e-16

$$R^2 \text{ 0,4764} \quad R^2 \text{ Aj. 0,4753}$$

$$PC2 \sim SROL + REV + PC1_DDI_CDS1Y$$

CUPOM CURTO	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0,0000	0,0229	0,0000	1,0000
SROL	0,1919	0,0231	8,3240	< 2e-16
REV	0,1050	0,0231	4,5540	0,0000
PC1_DDI_CDS1Y	0,4364	0,0229	19,0310	< 2e-16

$$R^2 \text{ 0,2454} \quad R^2 \text{ Aj. 0,2438}$$

$$PC3 \sim SROL + REV + PC1_DDI_CDS1Y$$

CUPOM CURTO	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0,0000	0,0258	0,0000	1,0000
SROL	0,2018	0,0260	7,7620	0,0000
REV	-0,0089	0,0260	-0,3430	0,7310
PC1_DDI_CDS1Y	-0,0099	0,0259	-0,3820	0,7020

$$R^2 \text{ 0,040029} \quad R^2 \text{ Aj. 0,03829}$$

Tabela 7 – Resultado das regressões sobre as 3 componentes na série de Cupom diário

Há significância para a variável independente (Swap Cambial + Rolagem) nas regressões dos 3 componentes principais.

O Swap Reverso continua apresentando relevância estatística apenas para a regressão de PC2.

A variável de aversão ao risco é estatisticamente significativa apenas nas regressões de PC1 e PC2.

O mesmo padrão de queda do R^2 ajustado é verificado nesse conjunto de regressões.

Analisando a série de Spread Over Libor curta (até D+900), temos:

$$CP_t = \alpha + \beta_1 Swap_t + \beta_2 Reverso_t + \beta_3 CP1_CDI_Est_t + \varepsilon_t$$

$$PC1 \sim SWAP + REV + PC1_DDI_CDS1Y$$

SPREAD CURTO	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0,0000	0,0176	0,0000	1,0000
SWAP	0,0802	0,0178	4,5050	0,0000
REV	-0,0368	0,0177	-2,0830	0,0374
PC1_DDI_CDS1Y	0,7459	0,0178	41,8990	< 2e-16

R² 0,5513 R² Aj. 0,5504

$$PC2 \sim SWAP + REV + PC1_DDI_CDS1Y$$

SPREAD CURTO	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0,0000	0,0258	0,0000	1,0000
SWAP	0,1045	0,0260	4,0180	0,0001
REV	0,1315	0,0258	5,0910	0,0000
PC1_DDI_CDS1Y	0,1347	0,0260	5,1790	0,0000

R² 0,04214 R² Aj. 0,04015

$$PC3 \sim SWAP + REV + PC1_DDI_CDS1Y$$

SPREAD CURTO	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0,0000	0,0252	0,0000	1,0000
SWAP	0,2007	0,0255	7,8790	0,0000
REV	0,1669	0,0253	6,6010	0,0000
PC1_DDI_CDS1Y	0,1408	0,0255	5,5270	0,0000

R² 0,08134 R² Aj. 0,07943

Tabela 8 – Resultado das regressões sobre as 3 componentes na série de Spread diário

Há significância para a variável independente Swap Cambial nas regressões dos 3 componentes principais.

No caso do Swap Reverso, há significância estatística na regressão que tenta explicar PC1 e PC2. Para CP1 (nível) vemos o sinal negativo do coeficiente atrelado à Swap Reverso, o que faz sentido já que a emissão de Swap Reverso incita os agentes do mercado a aplicarem a curva de Cupom Cambial e a curva de Spread Over Libor.

A variável de aversão ao risco é estatisticamente significativa nas três regressões analisadas.

Apesar do relevante poder preditivo para a regressão que tenta explicar PC1 através dessas variáveis independentes, as regressões de PC2 e PC3 não apresentam um coeficiente de determinação expressivo.

Ao incluirmos as rolagens diárias como variável independente, temos:

$$CP_t = \alpha + \beta_1 Swap_t + \beta_2 Reverso_t + \beta_3 Rolagem_t + \beta_4 CP1_CDI_Est_t + \varepsilon_t$$

PC1 ~ SWAP + REV + ROL + PC1_DDI_CDS1Y

SPREAD CURTO	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0,0000	0,0176	0,0000	1,0000
SWAP	0,0777	0,0179	4,3510	0,0000
REV	-0,0410	0,0179	-2,2960	0,0218
ROL	0,0288	0,0185	1,5520	0,1208
PC1_DDI_CDS1Y	0,7379	0,0185	39,8370	< 2e-16

R² 0,5521 R² Aj. 0,5508

PC2 ~ SWAP + REV + ROL + PC1_DDI_CDS1Y

SPREAD CURTO	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0,0000	0,0251	0,0000	1,0000
SWAP	0,0849	0,0255	3,3340	0,0009
REV	0,0981	0,0255	3,8490	0,0001
ROL	0,2285	0,0264	8,6450	< 2e-16
PC1_DDI_CDS1Y	0,0713	0,0264	2,6980	0,0071

R² 0,08933 R² Aj. 0,08681

PC3 ~ SWAP + REV + ROL + PC1_DDI_CDS1Y

SPREAD CURTO	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0,0000	0,0247	0,0000	1,0000
SWAP	0,1837	0,0251	7,3240	0,0000
REV	0,1380	0,0251	5,4980	0,0000
ROL	0,1983	0,0260	7,6180	0,0000
PC1_DDI_CDS1Y	0,0857	0,0260	3,2960	0,0010

R² 0,1169 R² Aj. 0,1144

Tabela 9 – Resultado das regressões sobre as 3 componentes na série de Spread diário

Notamos que a variável independente Swap Cambial é significativa nas 3 regressões.

O Swap Reverso apresenta significância em todas as regressões rodadas. Novamente o coeficiente negativo atrelado ao Swap Reverso está presente ao tentarmos explicar PC1 (nível).

A variável Rolagem tem significância estatística para PC2 e PC3.

A variável de aversão ao risco é estatisticamente significativa nas três regressões analisadas.

Novamente, notamos o coeficiente de determinação R^2 relevante apenas para a regressão de PC1.

Analisando o somatório de swaps cambiais e rolagens como variável independente, temos:

$$CP_t = \alpha + \beta_1(\text{Swap} + \text{Rolagem})_t + \beta_2\text{Reverso}_t + \beta_3\text{CP1_CDI_Est}_t + \varepsilon_t$$

$$PC1 \sim SROL + REV + PC1_DDI_CDS1Y$$

SPREAD CURTO	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0,0000	0,0176	0,0000	1,0000
SROL	0,0822	0,0178	4,6270	0,0000
REV	-0,0432	0,0178	-2,4290	0,0153
PC1_DDI_CDS1Y	0,7316	0,0177	41,3940	< 2e-16

 R^2 0,5517

 R^2 Aj. 0,5507

$$PC2 \sim SROL + REV + PC1_DDI_CDS1Y$$

SPREAD CURTO	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0,0000	0,0253	0,0000	1,0000
SROL	0,2065	0,0255	8,0860	0,0000
REV	0,1115	0,0256	4,3650	0,0000
PC1_DDI_CDS1Y	0,1110	0,0254	4,3700	0,0000

 R^2 0,07341

 R^2 Aj. 0,07148

$$PC3 \sim SROL + REV + PC1_DDI_CDS1Y$$

SPREAD CURTO	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0,0000	0,0248	0,0000	1,0000
SROL	0,2714	0,0250	10,8700	< 2e-16
REV	0,1433	0,0250	5,7370	0,0000
PC1_DDI_CDS1Y	0,1016	0,0248	4,0900	0,0000

 R^2 0,1143

 R^2 Aj. 0,1125

Tabela 10 – Resultado das regressões sobre as 3 componentes na série de Spread diário

Há significância para a variável independente (Swap Cambial + Rolagem) nas regressões dos 3 componentes principais.

O Swap Reverso apresenta relevância estatística nas três regressões, destacando o coeficiente negativo dessa variável independente para a regressão de PC1.

A variável de aversão ao risco é estatisticamente significativa apenas nas regressões de PC1, PC2 e PC3.

Na tentativa de mensurar o impacto no nível dessas duas curvas com a emissão dos diferentes tipos de swap pelo BCB, temos o seguinte resultado para as diferentes séries:

$$\begin{aligned} \text{Cupom_D180}_t & \\ &= \alpha + \beta_1 \text{Swap}_t + \beta_2 \text{Reverso}_t + \beta_3 \text{Rolagem}_t \\ &+ \beta_4 \text{CP1_CDI_Est}_t + \varepsilon_t \end{aligned}$$

CUPOM DIÁRIO	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	204,4000	2,1290	95,9750	<2e-16
SWAP	0,0010	0,0004	2,4340	0,0151
REV	0,0000	0,0001	0,0510	0,9592
ROL	0,0006	0,0002	2,4890	0,0129
PC1_DDI_CDS1Y	35,7900	1,3060	-27,3950	<2e-16

R² 0,3437

R² Aj. 0,3419

Tabela 11.11 – Resultado da regressão para 180 DC na série de Cupom diário

Na série de Cupom diário para o vértice de 180 dias corridos, temos o intercepto, Swap_t, Rolagem_t e a variável de aversão ao risco estatisticamente significantes a um nível de significância de 5%.

CUPOM SEMANAL	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	212,5000	4,7940	44,3270	<2e-16
SWAP	0,0218	0,0022	9,8980	<2e-16
REV	-0,0004	0,0002	-2,0220	0,0440
ROL	-0,0015	0,0007	-2,1060	0,0361
PC1_DDI_CDS1Y	-29,5500	2,9150	-10,1380	<2e-16

R² 0,5295

R² Aj. 0,5233

Tabela 12.12 – Resultado da regressão para 180 DC na série de Cupom semanal

Na série de Cupom semanal para o vértice de 180 dias corridos, temos todas as variáveis estatisticamente significantes a um nível de significância de 5%.

Notamos um impacto maior de cada um dos estimadores sobre o nível do vértice em questão na análise da série semanal.

$$\begin{aligned} \text{Spread}_{D180_t} &= \alpha + \beta_1 \text{Swap}_t + \beta_2 \text{Reverso}_t + \beta_3 \text{Rolagem}_t \\ &+ \beta_4 \text{CP1_CDI_Est}_t + \varepsilon_t \end{aligned}$$

SPREAD DIÁRIO	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	111,9000	1,9310	57,9550	<2e-16
SWAP	-0,0006	0,0001	-5,4350	0,0000
REV	0,0004	0,0001	3,5970	0,0003
ROL	-0,0001	0,0002	-0,2650	0,7912
PC1_DDI_CDS1Y	-28,7400	1,4200	-20,2350	<2e-16

R² 0,4764 R² Aj. 0,4749

Tabela 13.13 – Resultado da regressão para 180 DC na série de Spread diário

Na série de Spread diário para o vértice de 180 dias corridos, temos o intercepto, Swap_t, Reverso_t e a variável de aversão ao risco estatisticamente significantes a um nível de significância de 5%.

SPREAD SEMANAL	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	212,5000	4,7940	44,3270	<2e-16
SWAP	0,0218	0,0022	9,8980	<2e-16
REV	-0,0004	0,0002	-2,0220	0,0440
ROL	-0,0015	0,0007	-2,1060	0,0361
PC1_DDI_CDS1Y	-29,5500	2,9150	-10,1380	<2e-16

R² 0,5295 R² Aj. 0,5233

Tabela 14.14 – Resultado da regressão para 180 DC na série de Spread semanal

Na série de Spread semanal para o vértice de 180 dias corridos, temos todas as variáveis estatisticamente significantes a um nível de significância de 5%.

Notamos um impacto maior de cada um dos estimadores sobre o nível do vértice em questão na análise da série semanal.

$$\begin{aligned} \text{Cupom}_{D360_t} &= \alpha + \beta_1 \text{Swap}_t + \beta_2 \text{Reverso}_t + \beta_3 \text{Rolagem}_t \\ &+ \beta_4 \text{CP1_CDI_Est}_t + \varepsilon_t \end{aligned}$$

CUPOM DIÁRIO	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	234,4000	1,9150	122,4210	<2e-16
SWAP	0,0006	0,0002	2,7670	0,0057
REV	-0,0002	0,0001	-2,1800	0,0294
ROL	-0,0001	0,0002	-0,5830	0,5603
PC1_DDI_CDS1Y	-49,7400	1,2100	-41,0940	<2e-16

R² 0,5387 R² Aj. 0,5374

Tabela 15.15 – Resultado da regressão para 360 DC na série de Cupom diário

Na série de Cupom diário para o vértice de 360 dias corridos, temos o intercepto, Swap_t, Reverso_t e a variável de aversão ao risco estatisticamente significantes a um nível de significância de 5%.

CUPOM SEMANAL	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	240,3000	4,4730	53,7200	<2e-16
SWAP	0,0178	0,0026	6,9850	0,0000
REV	-0,0006	0,0003	-2,0590	0,0404
ROL	-0,0021	0,0007	-2,9130	0,0038
PC1_DDI_CDS1Y	-43,2500	2,6410	-16,3770	<2e-16

R² 0,6376 R² Aj. 0,6328

Tabela 16.16 – Resultado da regressão para 360 DC na série de Cupom semanal

Na série de Cupom semanal para o vértice de 360 dias corridos, temos todas as variáveis estatisticamente significantes a um nível de significância de 5%.

Notamos um impacto maior de cada um dos estimadores sobre o nível do vértice em questão na análise da série semanal.

$$\begin{aligned} \text{Spread}_{D360_t} &= \alpha + \beta_1 \text{Swap}_t + \beta_2 \text{Reverso}_t + \beta_3 \text{Rolagem}_t \\ &+ \beta_4 \text{CP1_CDI_Est}_t + \varepsilon_t \end{aligned}$$

SPREAD DIÁRIO	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	134,1000	2,2020	60,8690	<2e-16
SWAP	-0,0009	0,0002	-5,1050	0,0000
REV	0,0003	0,0001	3,6040	0,0003
ROL	-0,0007	0,0002	-3,3820	0,0007
PC1_DDI_CDS1Y	-40,0500	2,0100	-19,9210	<2e-16

R² 0,5454 R² Aj. 0,5441

Tabela 17.17 – Resultado da regressão para 360 DC na série de Spread diário

Na série de Spread diário para o vértice de 360 dias corridos, temos todas as variáveis estatisticamente significantes a um nível de significância de 5%.

SPREAD SEMANAL	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	240,3000	4,4730	53,7200	<2e-16
SWAP	0,0178	0,0026	6,9850	0,0000
REV	-0,0006	0,0003	-2,0590	0,0404
ROL	-0,0021	0,0007	-2,9130	0,0038
PC1_DDI_CDS1Y	-43,2500	2,6410	-16,3770	<2e-16

R² 0,6376 R² Aj. 0,6328

Tabela 18.18 – Resultado da regressão para 360 DC na série de Spread semanal

Na série de Spread semanal para o vértice de 360 dias corridos, temos todas as variáveis estatisticamente significantes a um nível de significância de 5%.

Notamos um impacto maior de cada um dos estimadores sobre o nível do vértice em questão na análise da série semanal.

$$\begin{aligned} \text{Cupom}_{D540_t} &= \alpha + \beta_1 \text{Swap}_t + \beta_2 \text{Reverso}_t + \beta_3 \text{Rolagem}_t \\ &+ \beta_4 \text{CP1_CDI_Est}_t + \varepsilon_t \end{aligned}$$

CUPOM DIÁRIO	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	251,3000	1,8780	133,8300	<2e-16
SWAP	0,0007	0,0002	4,0180	0,0001
REV	-0,0003	0,0001	-3,3430	0,0008
ROL	-0,0002	0,0002	-1,1260	0,2605
PC1_DDI_CDS1Y	-51,3700	1,1820	-43,4590	<2e-16

R² 0,6051 R² Aj. 0,604

Tabela 19.19 – Resultado da regressão para 540 DC na série de Cupom diário

Na série de Cupom diário para o vértice de 540 dias corridos, temos o intercepto, Swap_t, Reverso_t e a variável de aversão ao risco estatisticamente significantes a um nível de significância de 5%.

CUPOM SEMANAL	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	256,2000	4,3450	58,9500	<2e-16
SWAP	0,0158	0,0025	6,3990	0,0000
REV	-0,0006	0,0003	-2,1620	0,0314
ROL	-0,0021	0,0007	-2,9810	0,0031
PC1_DDI_CDS1Y	-44,9100	2,7310	-16,4470	<2e-16

R² 0,6636 R² Aj. 0,6591

Tabela 20.20 – Resultado da regressão para 540 DC na série de Cupom semanal

Na série de Cupom semanal para o vértice de 540 dias corridos, temos todas as variáveis estatisticamente significantes a um nível de significância de 5%.

Notamos um impacto maior de cada um dos estimadores sobre o nível do vértice em questão na análise da série semanal.

$$\begin{aligned} \text{Spread}_{D540_t} &= \alpha + \beta_1 \text{Swap}_t + \beta_2 \text{Reverso}_t + \beta_3 \text{Rolagem}_t \\ &+ \beta_4 \text{CP1_CDI_Est}_t + \varepsilon_t \end{aligned}$$

SPREAD DIÁRIO	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	143,4000	1,9960	71,8330	<2e-16
SWAP	-0,0007	0,0002	-4,4460	0,0000
VER	0,0003	0,0001	3,0560	0,0023
ROL	-0,0007	0,0002	-3,5270	0,0004
PC1_DDI_CDS1Y	-40,9700	1,5560	-26,3290	<2e-16

R² 0,5537 R² Aj. 0,5525

Tabela 21.21 – Resultado da regressão para 540 DC na série de Spread diário

Na série de Spread diário para o vértice de 540 dias corridos, temos o intercepto, Swap_t, Reverso_t e a variável de aversão ao risco estatisticamente significantes a um nível de significância de 5%.

SPREAD SEMANAL	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	252,3000	4,1900	60,2140	<2e-16
SWAP	0,0010	0,0003	3,3850	0,0008
VER	-0,0006	0,0003	-2,3100	0,0216
ROL	-0,0004	0,0005	-0,7060	0,4807
PC1_DDI_CDS1Y	-50,8900	2,4740	-20,5690	<2e-16

R² 0,6079 R² Aj. 0,6027

Tabela 22.22 – Resultado da regressão para 540 DC na série de Spread semanal

Na série de Spread semanal para o vértice de 540 dias corridos, temos o intercepto, $Swap_t$, $Reverso_t$ e a variável de aversão ao risco estatisticamente significantes a um nível de significância de 5%.

Notamos um impacto maior de cada um dos estimadores sobre o nível do vértice em questão na análise da série semanal.

$$\begin{aligned} Cupom_D720_t & \\ &= \alpha + \beta_1 Swap_t + \beta_2 Reverso_t + \beta_3 Rolagem_t \\ &+ \beta_4 CP1_CDI_Est_t + \varepsilon_t \end{aligned}$$

CUPOM DIÁRIO	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	264,0000	1,7820	148,1000	<2e-16
SWAP	0,0009	0,0002	4,5410	0,0000
VER	-0,0003	0,0001	-3,9260	0,0001
ROL	-0,0001	0,0002	-0,3880	0,6980
PC1_DDI_CDS1Y	-48,4100	1,1440	-42,3240	<2e-16

R^2 0,6063 R^2 Aj. 0,6052

Tabela 23.23 – Resultado da regressão para 720 DC na série de Cupom diário

Na série de Cupom diário para o vértice de 720 dias corridos, temos o intercepto, $Swap_t$, $Reverso_t$ e a variável de aversão ao risco estatisticamente significantes a um nível de significância de 5%.

CUPOM SEMANAL	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	268,1000	4,2080	63,7130	<2e-16
SWAP	0,0143	0,0029	4,9320	0,0000
VER	-0,0006	0,0003	-2,2120	0,0277
ROL	-0,0018	0,0007	-2,4690	0,0141
PC1_DDI_CDS1Y	-42,3500	2,9420	-14,3950	<2e-16

R^2 0,6588 R^2 Aj. 0,6542

Tabela 24.24 – Resultado da regressão para 720 DC na série de Cupom semanal

Na série de Cupom semanal para o vértice de 720 dias corridos, temos todas as variáveis estatisticamente significantes a um nível de significância de 5%.

Notamos um impacto maior de cada um dos estimadores sobre o nível do vértice em questão na análise da série semanal.

$$Spread_D720_t$$

$$= \alpha + \beta_1 Swap_t + \beta_2 Reverso_t + \beta_3 Rolagem_t + \beta_4 CP1_CDI_Est_t + \varepsilon_t$$

SPREAD DIÁRIO	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	146,4000	1,8840	77,6790	<2e-16
SWAP	-0,0006	0,0001	-4,4800	0,0000
REV	0,0004	0,0001	2,7030	0,0070
ROL	-0,0004	0,0002	-2,2620	0,0239
PC1_DDI_CDS1Y	-36,4700	1,3470	-27,0660	<2e-16

R² 0,5332

R² Aj. 0,5319

Tabela 25.25 – Resultado da regressão para 720 DC na série de Spread diário

Na série de Spread diário para o vértice de 720 dias corridos, temos todas as variáveis estatisticamente significantes a um nível de significância de 5%.

SPREAD SEMANAL	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	268,1000	4,2080	63,7130	<2e-16
SWAP	0,0143	0,0029	4,9320	0,0000
REV	-0,0006	0,0003	-2,2120	0,0277
ROL	-0,0018	0,0007	-2,4690	0,0141
PC1_DDI_CDS1Y	-42,3500	2,9420	-14,3950	<2e-16

R² 0,6588

R² Aj. 0,6542

Tabela 26.26 – Resultado da regressão para 720 DC na série de Spread semanal

Na série de Spread semanal para o vértice de 720 dias corridos, temos todas as variáveis estatisticamente significantes a um nível de significância de 5%.

Notamos um impacto maior de cada um dos estimadores sobre o nível do vértice em questão na análise da série semanal.

$$\begin{aligned} \text{Cupom_D1080}_t & \\ &= \alpha + \beta_1 \text{Swap}_t + \beta_2 \text{Reverso}_t + \beta_3 \text{Rolagem}_t \\ &+ \beta_4 \text{CP1_CDI_Est}_t + \varepsilon_t \end{aligned}$$

CUPOM DIÁRIO	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	290,3000	1,6340	177,6160	< 2e-16
SWAP	0,0010	0,0002	5,6280	0,0000
REV	-0,0002	0,0001	-4,0890	0,0000
ROL	-0,0001	0,0002	-0,3530	0,7240
PC1_DDI_CDS1Y	-40,4000	1,0940	-36,9290	< 2e-16

R² 0,5585 R² Aj. 0,5573

Tabela 27.27 – Resultado da regressão para 1080 DC na série de Cupom diário

Na série de Cupom diário para o vértice de 1080 dias corridos, temos o intercepto, Swap_t, Reverso_t e a variável de aversão ao risco estatisticamente significantes a um nível de significância de 5%.

CUPOM SEMANAL	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	289,9000	3,6640	79,1220	<2e-16
SWAP	0,0011	0,0002	4,4600	0,0000
REV	-0,0005	0,0002	-2,5690	0,0107
ROL	-0,0003	0,0005	-0,6040	0,5463
PC1_DDI_CDS1Y	-40,0400	2,3960	-16,7110	<2e-16

R² 0,5571 R² Aj. 0,5512

Tabela 28.28 – Resultado da regressão para 1080 DC na série de Cupom semanal

Na série de Cupom semanal para o vértice de 1080 dias corridos, temos o intercepto, Swap_t, Reverso_t e a variável de aversão ao risco estatisticamente significantes a um nível de significância de 5%.

Notamos um impacto maior de cada um dos estimadores sobre o nível do vértice em questão na análise da série semanal.

$$\begin{aligned} \text{Spread}_{D1080_t} &= \alpha + \beta_1 \text{Swap}_t + \beta_2 \text{Reverso}_t + \beta_3 \text{Rolagem}_t \\ &+ \beta_4 \text{CP1_CDI_Est}_t + \varepsilon_t \end{aligned}$$

SPREAD DIÁRIO	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	148,3000	1,9820	74,8290	<2e-16
SWAP	-0,0003	0,0001	-3,8310	0,0001
REV	0,0031	0,0006	4,9710	0,0000
ROL	-0,0001	0,0002	-0,5600	0,5756
PC1_DDI_CDS1Y	-28,4200	1,2010	-23,6700	<2e-16

$$R^2 \text{ 0,4743} \quad R^2 \text{ Aj. 0,4729}$$

Tabela 29.28 – Resultado da regressão para 1080 DC na série de Spread diário

Na série de Spread diário para o vértice de 1080 dias corridos, temos o intercepto, Swap_t , Reverso_t e a variável de aversão ao risco estatisticamente significantes a um nível de significância de 5%.

SPREAD SEMANAL	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	289,9000	3,6930	78,4980	<2e-16
SWAP	0,0011	0,0002	4,4430	0,0000
REV	-0,0005	0,0002	-2,5660	0,0108
ROL	-0,0003	0,0005	-0,6000	0,5490
PC1_DDI_CDS1Y	-40,0500	2,3940	-16,7260	<2e-16

$$R^2 \text{ 0,5577} \quad R^2 \text{ Aj. 0,5518}$$

Tabela 30.29 – Resultado da regressão para 1080 DC na série de Spread semanal

Na série de Spread semanal para o vértice de 1080 dias corridos, temos o intercepto, Swap_t , Reverso_t e a variável de aversão ao risco estatisticamente significantes a um nível de significância de 5%.

Notamos um impacto maior de cada um dos estimadores sobre o nível do vértice em questão na análise da série semanal.

$$\begin{aligned} \text{Cupom_D1800}_t &= \alpha + \beta_1 \text{Swap}_t + \beta_2 \text{Reverso}_t + \beta_3 \text{Rolagem}_t \\ &+ \beta_4 \text{CP1_CDI_Est}_t + \varepsilon_t \end{aligned}$$

CUPOM DIÁRIO	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	339,0000	1,5220	222,7500	< 2e-16
SWAP	-0,0001	0,0004	-0,1350	0,8927
REV	-0,0002	0,0001	-2,8680	0,0042
ROL	-0,0001	0,0001	-0,5360	0,5919
PC1_DDI_CDS1Y	-24,8300	1,1280	-22,0240	< 2e-16

R² 0,3591 R² Aj. 0,3573

Tabela 31.30 – Resultado da regressão para 1800 DC na série de Cupom diário

Na série de Cupom diário para o vértice de 1800 dias corridos, temos o intercepto, Reverso_t e a variável de aversão ao risco estatisticamente significantes a um nível de significância de 5%.

CUPOM SEMANAL	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	337,2000	3,3690	100,1050	<2e-16
SWAP	-0,0003	0,0004	-0,7290	0,4663
REV	-0,0006	0,0002	-2,9310	0,0036
ROL	-0,0004	0,0004	-0,9490	0,3432
PC1_DDI_CDS1Y	-23,9000	2,2790	-10,4840	<2e-16

R² 0,358 R² Aj. 0,3495

Tabela 32.31 – Resultado da regressão para 1800 DC na série de Cupom semanal

Na série de Cupom semanal para o vértice de 1800 dias corridos, temos o intercepto, Reverso_t e a variável de aversão ao risco estatisticamente significantes a um nível de significância de 5%.

Notamos um impacto maior de cada um dos estimadores sobre o nível do vértice em questão na análise da série semanal.

$$\begin{aligned} \text{Spread}_{D1800_t} &= \alpha + \beta_1 \text{Swap}_t + \beta_2 \text{Reverso}_t + \beta_3 \text{Rolagem}_t \\ &+ \beta_4 \text{CP1_CDI_Est}_t + \varepsilon_t \end{aligned}$$

SPREAD DIÁRIO	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	153,8000	1,6700	92,0590	<2e-16
SWAP	-0,0001	0,0000	-1,6780	0,0936
VER	0,0079	0,0005	14,9360	<2e-16
ROL	0,0005	0,0002	2,8350	0,0046
PC1_DDI_CDS1Y	-18,0200	1,0980	-16,4140	<2e-16

R² 0,4173 R² Aj. 0,4157

Tabela 33.32 – Resultado da regressão para 1800 DC na série de Spread diário

Na série de Spread diário para o vértice de 1800 dias corridos, temos o intercepto, Reverso_t e a variável de aversão ao risco estatisticamente significantes a um nível de significância de 5%. Já a variável Swap_t é estatisticamente significativa a um nível de significância de 10%.

SPREAD SEMANAL	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	154,4000	3,6010	42,8810	<2e-16
SWAP	0,0000	0,0001	-0,6000	0,5490
VER	0,0082	0,0007	11,4090	<2e-16
ROL	0,0005	0,0004	1,2010	0,2310
PC1_DDI_CDS1Y	-18,9400	2,1370	-8,8690	<2e-16

R² 0,3927 R² Aj. 0,3846

Tabela 34.33 – Resultado da regressão para 1800 DC na série de Spread semanal

Na série de Spread semanal para o vértice de 1800 dias corridos, temos o intercepto, Reverso_t e a variável de aversão ao risco estatisticamente significantes a um nível de significância de 5%.

Notamos um impacto maior de cada um dos estimadores sobre o nível do vértice em questão na análise da série semanal.

O resultado das regressões baseadas nas séries semanais de Cupom Cambial e Spread Over Libor apresentaram estimadores com impacto maior na variável explicada do que os estimadores das séries diárias. Isso se deve ao fato das variáveis independentes $Swap_t$, $Reverso_t$ e $Rolagem_t$ estarem somadas semanalmente. Conseqüentemente, o volume financeiro de Swap Cambial, Swap Reverso e Rolagem é maior em cada observação dessa série semanal, justificando assim o estimador mais impactante sobre o nível da variável dependente $Cupom_t$ e $Spread_t$.

Notamos também que a variável explicativa $Rolagem_t$ não é estatisticamente significativa na maioria das regressões com séries diárias, tanto para a série de Cupom Cambial, quanto para a série de Spread Over Libor. No entanto, ao analisarmos as séries semanais, vemos que a variável $Rolagem_t$ é significativa para explicar $Cupom_t$ e $Spread_t$. Essa evidência estatística vai de encontro ao apreciado anteriormente, onde o volume de rolagens feitas diariamente por parte do Banco Central gerou um movimento tomador em ambas as curvas. Logo, o impacto da Rolagem não é relevante para explicar mudanças diárias no $Cupom_t$ e $Spread_t$, mas o somatório semanal desse volume de Rolagem parece ser impactante no nível dessas curvas.

Outro resultado que corrobora o exposto anteriormente sobre os vértices impactados pela Rolagem é a não significância estatística dos estimadores de $Rolagem_t$ para explicar vértices da curva de longo período (1080 e 1800 dias corridos, por exemplo) para as séries semanais de $Cupom_t$ e $Spread_t$. Como já mencionado, houve uma preferência por parte do BCB de emissão de contratos de Rolagem de vencimento em torno de 1 a 2 anos. Dessa forma, espera-se que o maior impacto da emissão de Rolagem seja em torno dos vértices de 1 a 2 anos e não na parte longa 3 a 5 anos.

Assim como no caso das emissões de Rolagem, os contratos de Swap Cambial foram emitidos com vencimentos entre 1 e 2 anos. A não significância dos estimadores de Swap para os vértices de 5 anos corrobora o baixo impacto da emissão nos vértices curtos sobre os vértices mais longos.

Dado o resultado das regressões acima, podemos analisar o impacto de uma emissão diária de Swap Cambial no período em que a estratégia do BCB era de montagem do estoque de 110 bilhões de dólares, o que foi chamado à época de Ração Diária do BC, ao longo de 2014. Nesse momento, diariamente a autoridade monetária emitia 4 mil contratos de Swap Cambial. Abaixo vemos uma estimativa do impacto em *bps* nas curvas de Cupom Cambial.

$$D360 \sim \text{SWAP} + \text{REV} + \text{ROL} + \text{PC1_DDI_CDS1Y}$$

CUPOM DIÁRIO	Estimate	Impacto (bps)
SWAP	0,0006	2,5096
REV	-0,0002	-0,7916

Tabela 35.34 – Impacto de emissão de Swap e Reverso sobre o nível do Cupom de 360 DC

Vemos então que ao emitir 4 mil contratos de Swap Cambial diariamente, equivalente a um montante de 200 milhões de USD, gera um aumento do Cupom de 360 dias corridos na ordem de 2,5 *bps*. Em caso de emissão de montante equivalente de Swap Reverso, veríamos uma pressão diminuidora do nível do Cupom Cambial em 0,80 *bps*.

A partir dessa estimativa, podemos quantificar o efeito de uma nova emissão de Swap Cambial ou de Swap Reverso sobre o restante dos contratos em estoque do BCB. Parte da perda de 41 milhões de reais acumulada ao longo do período analisado (2011 a 2018.1), conforme a tabela 1, provém da emissão de Swap Cambial nos leilões e seu impacto direto no estoque, gerando perdas ao Banco Central.

7. Conclusão

O objetivo desse trabalho é verificar se há evidência estatística que corrobore as expectativas teóricas do impacto das emissões de Swaps Cambiais e Swaps reversos por parte do BCB, além do efeito da rolagem desses contratos, sobre a curva de Cupom Cambial e a curva de Spread Over Libor de Cupom Cambial.

Dentre todas as séries e seus recortes analisados, o modelo apresentou melhor capacidade preditiva para a série de Cupom Cambial e Spread Over Libor de CC de curto prazo (2 anos e meio de vencimentos). Essa evidência estatística corrobora a expectativa teórica de que a emissão de swaps por parte do BCB tem um efeito maior nos vencimentos de curto prazo, especialmente pelo fato do Banco Central escolher vencimentos curtos tanto para novas emissões, quanto para vencimentos a serem rolados.

A análise do resultado das regressões nos mostra que a variável independente de Swap Cambial é estaticamente significativa para explicar as 3 componentes principais analisadas nas duas séries de curto prazo.

Já no caso do Swap Reverso, vemos que a variável apresenta significância apenas para a componente PC2 (inclinação) quando se trata da série de Cupom Cambial de curto prazo.

Analisando a série do Spread Over Libor de Cupom Cambial, a variável independente Swap Reverso apresenta significância estatística nas 3 componentes, com destaque para o coeficiente negativo na regressão de PC1 (nível), o que denota o caráter aplicador da curva na emissão desse tipo de swap.

Para as duas séries em questão, a variável independente da Rolagem tem significância estatística nas componentes de inclinação (PC2) e curvatura (PC3), o que corrobora o efeito da pressão tomadora na curva de cupom onde o BCB eventualmente coloca seus contratos rolados. Sendo assim, o ato de rolar os contratos a vencer impactaria a inclinação e a curvatura da curva.

O fato de a variável de aversão ao risco ser estatisticamente significativa apenas nas regressões de PC1 e PC2, para a série de Cupom Cambial, seria esperado

em teoria pois se trata de uma métrica que injeta mais prêmio de risco na curva, tanto em nível, quanto em inclinação apenas. É de se esperar que os vencimentos mais longos sejam afetados de forma mais intensa por conta da sua menor liquidez, aumentando a inclinação da curva.

Já no caso da série de Spread Over Libor de Cupom Cambial, a variável de aversão ao risco é significativa para as três regressões. O fato de ocorrer significância para PC1, PC2 e PC3 na série de Spread Over pode ser explicada na própria composição dessa série. Por ser construída excetuando-se as oscilações do juro americano, a série por construção é impactada em nível, inclinação e curvatura por alterações na percepção de risco do mercado, já que a curva americana de juros se move quando há mudanças no apetite por risco.

Concluimos então que, para o recorte temporal analisado, há impacto tomador da Curva de Cupom Cambial e de Spread Over Libor quando há emissão de Swaps Cambiais e de novas rolagens, principalmente em vencimentos de até 2 anos e meio. Olhando para os Swaps Reversos, observamos o efeito contrário, onde há pressão aplicadora das duas curvas com a emissão desse tipo de derivativo por parte do Banco Central.

Outra conclusão relevante e que pode ajudar na operacionalização do uso do instrumento de swaps cambiais na condução da política monetária e cambial é o seu impacto em bps (*basis points*) nas duas curvas por dólares emitidos pelo BCB desse tipo de contrato.

8. Referências Bibliográficas

CHAMON, M.; GARCIA, M. **Capital controls in Brazil: Effective?** 2016.

CHAMON; GARCIA; SOUZA. **FX interventions in Brazil: a synthetic control approach**, 2017.

DOMANSKI; DIETRICH; KOHLSCHEEN; MORENO. **Foreign exchange market intervention in EMEs: what has changed?** 2016.

FRANÇA. **Derivativos cambiais do mercado brasileiro: precificação e administração de riscos**, 2010.

GARCIA, M. G. P. **Banks Make Sterilized FX Purchases Expansionary**, 2017.

GONZALEZ; KHAMETSHIN; PEYDRÓ; POLO. **Hedger of Last Resort: Evidence from Brazilian FX Interventions, Local Credit and Global Financial Cycles**, 2018.

HERICOURT, J.; PONCET, S. **Exchange rate volatility, financial constraints, and trade: empirical evidence from Chinese firms**. World Bank Economic Review, 29.3, 550–578, 2015.

JANOT; MACEDO. **Efeitos das Intervenções Cambiais sobre a Taxa de Câmbio Futura no Brasil**, Banco Central do Brasil, Trabalhos para Discussão, ed. 413, 2016.

LITTERMAN, R. B.; SCHEINKMAN, J. **Common Factors Affecting Bond Returns**. The Journal of Fixed Income, 1: 54–61, 1991.

LORD, R.; PELSSER, A. **Level-Slope-Curvature - Fact or Artefact?** Applied Mathematical Finance, 14(2), 105–130, 2007.

MERLIN, C. E. **Uma avaliação da taxa de câmbio real de equilíbrio para o Brasil: 1984-2000**. 2002

OLIVEIRA, F. N. D.; PLAGA, A. **Eficácia das intervenções do Banco Central do Brasil sobre a volatilidade condicional da taxa de câmbio nominal**, 2011.

VIOLA; GUTIERREZ; LION; BARBEDO. **Impacto dos Swaps Cambiais na Curva de Cupom Cambial: uma análise segundo a regressão de componentes principais**, Banco Central do Brasil, Trabalhos para Discussão, ed. 198, 2009.