



Ministério da Economia
Secretaria Especial de Comércio Exterior e Assuntos Internacionais
Secretaria de Comércio Exterior
Subsecretaria de Inteligência e Estatísticas de Comércio Exterior

Metodologia

Previsão dos Valores Totais das Exportações e Importações

Versão 1.0

Brasília, Setembro de 2021

Conteúdo

1	Listas de Siglas e Abreviaturas	3
2	Introdução	4
3	Técnica Estatística Empregada	4
3.1	Visão Geral	4
3.2	VAR na Forma Reduzida	5
3.3	VECM	5
4	Equações das Exportações e Importações	7
5	Fonte dos Dados	8
6	Resultados	10
6.1	Teste de Raiz Unitária	10
6.2	Ordem do VAR e VECM	11
6.3	Teste de Cointegração Johansen e Estimação do VECM	12
6.4	FEVD Decomposição da Variância do Erro da Previsão	14
6.5	OIR Função ortogonal impulso resposta	15
6.6	Desempenho Preditivo	17
6.6.1	Exportações	17
6.6.2	Importações	19
7	Considerações Finais	21

1 Listas de Siglas e Abreviaturas

- FMI** Fundo Monetário Internacional
SECEX Secretaria de Comércio Exterior
VAR Modelo de Vetores Autorregressivos
VECM Modelo de Vetores de Correção de Erros
OIR Função ortogonal impulso resposta
FEVD Decomposição da variância do erro da previsão
ADF Augmented Dickey-Fuller
SC Schwarz Criterion
HQ Hannan-Quinn Criterion
AIC Akaike's Information Criterion
FPE Final Prediction Error
MAPE Erro Absoluto Percentual Médio
RMSE Raiz do Erro Quadrado Médio
ARIMA Modelo auto-regressivo integrado de médias móveis
BACEN Banco Central do Brasil
IBC-Br Índice de Atividade Econômica do Banco Central
SITEC Subsecretaria de Inteligência e Estatísticas de Comércio Exterior

2 Introdução

Este documento descreve a metodologia adotada para realizar a previsão dos valores totais¹ das exportações e importações do Brasil, divulgada, em regra, trimestralmente pela Secretaria de Comércio Exterior (SECEX). Embora não haja um normativo específico que obrigue a SECEX a realizar e divulgar as previsões dos principais resultados do comércio exterior brasileiro para o ano corrente, esta divulgação tornou-se prática comum e esperada pelos consumidores das referidas estatísticas.

Em um sentido mais amplo, a divulgação das previsões está de acordo com o Decreto nº 9.745, de 08 de abril de 2019, art. 92. “À Subsecretaria de Inteligência e Estatísticas de Comércio Exterior compete: ... IV - elaborar e, quando pertinente, divulgar estudos, indicadores, publicações e informações sobre os fluxos de comércio, produtos, setores e mercados estratégicos para o comércio exterior brasileiro de bens e serviços”. Sendo assim, este documento faz parte do contínuo processo da SECEX de aperfeiçoamento de metodologias aplicadas à produção de dados e de aumento da transparência.

Além disso, a realização da previsão dos valores das exportações e importações brasileiras por parte da SECEX tem como objetivo servir de insumo para delinear uma expectativa em relação ao comportamento dos fluxos de comércio exterior brasileiro no horizonte temporal de 12 meses (ano-calendário). A ideia é construir uma estimativa dos valores totais exportados e importados com base em modelos preditivos com amplo histórico de uso na literatura econômica. Ademais, a modelagem escolhida permite alguma interpretação dos elementos usados na previsão em relação ao resultado previsto, sem, no entanto, descrever relação causal entre as séries utilizadas e os valores de exportação ou importação.

Para cumprir estes objetivos, o documento apresenta na subseção “Visão Geral” a técnica estatística empregada dos modelos VAR, com as subseções “Var na Forma Reduzida” e “VECM” descrevendo o resumo das etapas seguidas para a construção do modelo VECM e determinação da ordem do VAR na forma reduzida. Por sua vez, a especificação considerada nas equações dos valores exportados e importados estão na seção “Equações das Exportações e Importações”. Já na seção “Fonte dos Dados”, são indicadas as fontes de dados utilizadas para representar cada uma das variáveis consideradas nas equações. Todos os resultados encontram-se na seção “Resultados”, dividida em “Teste de Raiz Unitária”; “Ordem do VAR e VECM”; “FEVD Decomposição da Variância do Erro da Previsão”; “OIR Função Ortogonal Impulso Resposta”. Na subseção “Desempenho Preditivo” está a avaliação do desempenho preditivo com aplicação das estatísticas MAPE e RMSE. O resumo de todas as etapas da metodologia se encontra na seção “Considerações Finais”.

3 Técnica Estatística Empregada

3.1 Visão Geral

A técnica estatística usada para realizar as previsões divulgadas pela SECEX é, atualmente, unicamente baseadas em vetores autoregressivos (VAR). Este modelo é considerado muito flexível, provê uma estrutura teórica confiável ([Bańbura Domenico Giannone \(2014\)](#)), capaz de descrever o comportamento dinâmico de séries temporais econômicas e, muitas vezes, fornece previsões superiores às dos modelos de séries temporais univariados ([Zivot \(2006\)](#)).

Assim, considera-se bastante adequado o uso de modelo VAR para prever os principais fluxos de comércio exterior brasileiro. Dentro do conjunto de modelos com vetores autoregressivos, são usados o VAR na forma reduzida e o VECM (correção de erros vetoriais) para adicionar recursos de correção de erro ao modelo multifatorial VAR.

Todas as variáveis selecionadas para o modelo são consideradas endógenas. Isto é, na especificação utilizada, não há terceiras variáveis exógenas. Além disso, as previsões realizadas não são condicionadas a pontos futuros dessas variáveis determinados fora do modelo. Ademais, não é objetivo deste trabalho pesquisar ou avaliar relações de causa e efeito entre as variáveis

¹Ao longo do documento, valores das exportações e importações do Brasil referem-se ao total da pauta.

consideradas no modelo, seja do posto de vista teórico ou estatístico. A metodologia proposta tem como objetivo principal prever as variáveis de interesse: valores exportados e importados. E, de forma acessória, utilizar o modelo estimado para buscar identificar os fatores que podem afetar as previsões. Para alcançar este objetivo secundário, será estimado o modelo de correção de erros vetoriais (VECM), que conforme Pfaff (2008), é capaz de testar as relações entre as variáveis econômicas, levando em conta a técnica de cointegração.

3.2 VAR na Forma Reduzida

Um processo VAR(n) na forma reduzida consiste no conjunto $1, 2, \dots, k$ de $y_t = (y_{1t}, y_{2t}, \dots, y_{kt})$ variáveis endógenas, e pode ser descrito da seguinte forma (Pfaff (2008)):

$$y_t = A_1 y_{t-1} + \dots + A_n y_{t-n} + \varepsilon_t \quad (1)$$

, em que A_i são matrizes de coeficientes ($k \times k$) em $i = 1, 2, \dots, n$, sendo o ε_t um vetor de dimensão k com $E(\varepsilon_t) = 0$, covariância constante e positiva ao longo do tempo (ruído branco).

Assim, na notação matricial detalhada, representa-se desta forma o processo VAR(n) indicado em (1):

$$\begin{bmatrix} y_{1t} \\ y_{2t} \\ \vdots \\ y_{kt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \pi_{11}^1 & \pi_{12}^1 & \dots & \pi_{1k}^1 \\ \pi_{21}^1 & \pi_{22}^1 & \dots & \pi_{2k}^1 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \pi_{k1}^1 & \pi_{k2}^1 & \dots & \pi_{kk}^1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{1t-1} \\ y_{2t-1} \\ \vdots \\ y_{kt-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \pi_{11}^2 & \pi_{12}^2 & \dots & \pi_{1k}^2 \\ \pi_{21}^2 & \pi_{22}^2 & \dots & \pi_{2k}^2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \pi_{k1}^2 & \pi_{k2}^2 & \dots & \pi_{kk}^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{1t-2} \\ y_{2t-2} \\ \vdots \\ y_{kt-2} \end{bmatrix} + \dots \\ + \begin{bmatrix} \pi_{11}^k & \pi_{12}^k & \dots & \pi_{1k}^k \\ \pi_{21}^k & \pi_{22}^k & \dots & \pi_{2k}^k \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \pi_{k1}^k & \pi_{k2}^k & \dots & \pi_{kk}^k \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{1t-n} \\ y_{2t-n} \\ \vdots \\ y_{kt-n} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{1t} \\ \varepsilon_{2t} \\ \vdots \\ \varepsilon_{kt} \end{bmatrix} \quad (2)$$

3.3 VECM

O processo VECM se caracteriza por adicionar recursos de correção de erro ao modelo multifatorial VAR. Ou seja, partindo inicialmente de um processo VAR(n) na forma reduzida (igual ao da subseção acima) e, considerando o Teorema de Granger juntamente com manipulações algébricas, um processo VAR(3) terá o seguinte resultado (Bueno (2018)):

$$y_t = \Phi_1 y_{t-1} + \Phi_2 y_{t-2} + \Phi_3 y_{t-3} + \varepsilon_t \quad (3)$$

A esta equação, soma-se e subtrai $\Phi_3 y_{t-2}$:

$$y_t = \Phi_1 y_{t-1} + \Phi_2 y_{t-2} + \Phi_3 y_{t-2} - \Phi_3 y_{t-2} + \Phi_3 y_{t-3} + \varepsilon_t = \\ \Phi_1 y_{t-1} + (\Phi_2 + \Phi_3) y_{t-2} - \Phi_3 y_{t-2} + \Phi_3 y_{t-3} + \varepsilon_t \quad (4)$$

A este resultado, soma-se e subtrai $(\Phi_2 + \Phi_3) y_{t-1}$:

$$y_t = \Phi_1 y_{t-1} + (\Phi_2 + \Phi_3) y_{t-1} - (\Phi_2 + \Phi_3) y_{t-1} + (\Phi_2 + \Phi_3) y_{t-2} - \Phi_3 \Delta y_{t-2} + \varepsilon_t = (\Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3) y_{t-1} - (\Phi_2 + \Phi_3) \Delta y_{t-1} - \Phi_3 \Delta y_{t-2} + \varepsilon_t \quad (5)$$

Por fim, subtrair y_{t-1} de ambos os lados para se chegar a versão do VAR na forma de VECM:

$$y_t - y_{t-1} = -y_{t-1} + (\Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3) y_{t-1} - (\Phi_2 + \Phi_3) \Delta y_{t-1} - \Phi_3 \Delta y_{t-2} + \varepsilon_t = \Delta y_t = -[I - (\Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3)] y_{t-1} - (\Phi_2 + \Phi_3) \Delta y_{t-1} - \Phi_3 \Delta y_{t-2} + \varepsilon_t = \Phi y_{t-1} + \sum_{i=1}^2 \Lambda_i \Delta y_{t-i} + \varepsilon_t, \quad (6)$$

em que $\Lambda_i = -\sum_{j=1+i}^3 \Phi_j, i = 1, 2$.

O VECM geral é obtido com igual lógica de dedução.

$$\Delta y_t = \Phi y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \Lambda_i \Delta y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (7)$$

em que $\Lambda_i = -\sum_{j=1+i}^p \Phi_j, i = 1, 2, \dots, p-1$.

Se há raiz unitária, $\Phi(I) = 0$, então $\Phi = \alpha\beta$. Nesse sentido, afirma-se que β é a matriz que tem r vetores de cointegração e α é a matriz de ajustamento, com r vetores de ajustamento.

Portanto, considerando que haja cointegração, dois fatores explicam Δy_t :

- fatores de curto prazo: $\sum_{i=1}^{p-1} \Lambda_i \Delta y_{t-i}$
- fatores de longo prazo: Φy_{t-1}

Ainda de acordo com [Bueno \(2018\)](#), considerando o teorema de Granger, sempre é possível associar ao VAR uma correção de erros. Ou seja, sempre é possível construir um VECM, desde que haja cointegração, não havendo exceção.

Assim, baseando-se nestes conceitos teóricos, além do disposto em [Pfaff \(2008\)](#), as seguintes etapas serão realizadas para construção do modelo VECM e previsão:

- Verificar a existência de raiz unitária.
- Testes de diagnóstico, como testes para ausência de autocorrelação, heterocedasticidade ou não normalidade em ε_t , que ajudam a definir a ordem do VAR².
- Verificar a existência de cointegração.
- Derivar o modelo VECM e, depois, transformá-lo no VAR na forma reduzida correspondente.
- Realizar previsão, inferência causal e/ou diagnóstico do comportamento dinâmico do modelo, ou seja, função ortogonal impulso resposta (OIR) e decomposição da variância do erro de previsão (FEVD).

²As ordens do VAR obtida nesta etapa serão também utilizadas no VAR na forma reduzida

Nos diagnósticos serão realizados três testes que têm por objetivo avaliar qual é a ordem do VAR mais adequada:

- Q16: estatística teste para a correlação dos erros.
- JB: testes Jarque-Bera univariados e multivariados e testes multivariados de assimetria e curtose para os resíduos.
- arch: homocedasticidade dos resíduos.

Em relação às funções impulso resposta, um dos principais motivos de se usar a OIR é que não se pode inferir informações diretamente das matrizes de coeficientes do modelo VAR, como se faz usualmente com os coeficientes de modelos univariados. O VAR é essencialmente um sistema de equações com solução simultânea, com variáveis endógenas³, em que uma afeta a outra e “vice-versa” em igual momento.

Por isso, para avaliar os resultados do modelo, é necessário outro método que não seja interpretar diretamente as matrizes de coeficientes. A função ortogonal impulso resposta OIR tem esta finalidade. Os resultados desta função permitem avaliar os impactos de cada variável do modelo em relação à variável prevista contemporaneamente.

De acordo com Pfaff (2008), um etapa importante da OIR é decompor a matriz de variância-covariância ($\Sigma = PP'$), onde P é uma matriz triangular inferior com elementos diagonais positivos, obtida por uma decomposição de Choleski. Com isto, a OIR é assim calculada:

$$\Theta_i = \Phi_i P \quad (8)$$

Onde Φ_i representa a função resposta dos erros da previsão.

4 Equações das Exportações e Importações

Inicialmente, cabe ressaltar novamente que esta metodologia da SECEX tem como objetivo preponderante produzir e divulgar a previsão dos valores exportados e importados pelo Brasil. Embora sejam usadas as equações teóricas tradicionais que determinam as exportações e importações, não é o critério principal de seleção das variáveis estabelecer, pesquisar ou avaliar relações de causa e efeito entre elas.

As equações que determinam as exportações e importações são bem documentadas e amplamente conhecidas na literatura econômica (Padrón (2015), Findley et al. (2009) e Schettini Bernardo Patta e Squeff (2012)). Em geral as exportações são uma função da demanda mundial e preços relativos e as importações são determinadas pela demanda doméstica e preços relativos. Porém a importância relativa de cada determinante pode diferir entre os países, dependendo de sua estrutura econômica (OMC (2021)).

O preço relativo escolhido como uma das variáveis na equação das exportações brasileiras foi o índice de preços das exportações. Tradicionalmente, o preço relativo na equação das exportações é a taxa real de câmbio. No entanto, escolheu-se o índice de preços porque ele é divulgado mais rapidamente, pois é produzido pela própria SECEX, estando disponível em todos os meses anteriores à divulgação da previsão (ver “Fonte dos Dados” para maiores detalhes).

Além disso, é comum que o dólar desvalorizado⁴ no mercado mundial leve à inflação em dólar dos preços das commodities (Akram (2009)). Ou seja, valores altos exportados pelo Brasil, devido ao crescimento dos preços das commodities, pode ser

³ Assim considerado nesta metodologia

⁴ O dólar desvalorizado no mercado mundial favorece a valorização da taxa de câmbio no Brasil.

acompanhado pela valorização da taxa de câmbio. Este fato contraria o resultado esperado⁵ do impacto da taxa de câmbio no valor total exportado. Este é mais um motivo para a escolha do índice de preços como uma das variáveis na equação do valor exportado.

Já nas importações, observando a decomposição das séries de valor nos índices, o índice de preços explica menos a dinâmica dos valores importados, quando comparado com o índice de preços nas exportações. Assim na equação do valor exportado as variáveis selecionadas para a previsão foram a demanda externa e índice de preços das exportações, ao passo que nas importações foram mantidas as variáveis tradicionais demanda interna e taxa de câmbio real (Blanchard (2007)). As equações são assim representadas:

$$E = E(Y_{externa}, IP) \quad (9)$$

$$I = I(Y_{interna}, TX) \quad (10)$$

5 Fonte dos Dados

Optou-se por dados mensais com divulgação mais tempestiva (menos defasada) para representar as variáveis das equações 9 e 10. As fontes de dados escolhidas foram:

- E valor exportado: total mensal do valor exportado pelo Brasil em média diária divulgado pela SECEX.
- $Y_{externa}$ demanda externa: quantum das importações mundiais divulgadas pelo CPB *Netherlands Bureau for Economic Policy Analysis*.
- $IP_{externa}$ índice de preços: índice de preços do total das exportações brasileiras divulgados pela SECEX.
- I valor importado: total mensal do valor importado pelo Brasil em média diária divulgado pela SECEX.
- $Y_{interna}$ demanda interna: índice de atividade econômica divulgado pelo BACEN.
- TX taxa de câmbio: taxa de câmbio real (IPCA) divulgado pelo BACEN.

As séries da equação de exportações começam em janeiro/2000, tendo em vista que este é o primeiro mês disponível das séries divulgadas pelo CPB e as séries da equação de importações começam em janeiro de 2003 por ser o primeiro mês disponível das séries divulgadas pelo BACEN. Os dados são transformados em log, antes de se iniciar os cálculos do modelo. A previsão é feita considerando a última divulgação dos dados disponíveis⁶. Elas podem ser observadas nas figuras (1 e 2) a seguir.

⁵O sentido teórico esperado é que quedas na taxa de câmbio real levem a aumento das exportações.

⁶Os modelos VAR e VECM exigem que todas as séries usadas como fonte dos dados estejam compreendidas no mesmo período. Ou seja, o mês inicial e final em todas as séries devem ser iguais. Como as séries usadas têm diferentes tempestividades de divulgação, os poucos meses faltantes são estimados com os modelos univariados de previsão ETS ou ARIMA.

Figura 1: Variáveis usadas na Equação das Exportações em Log

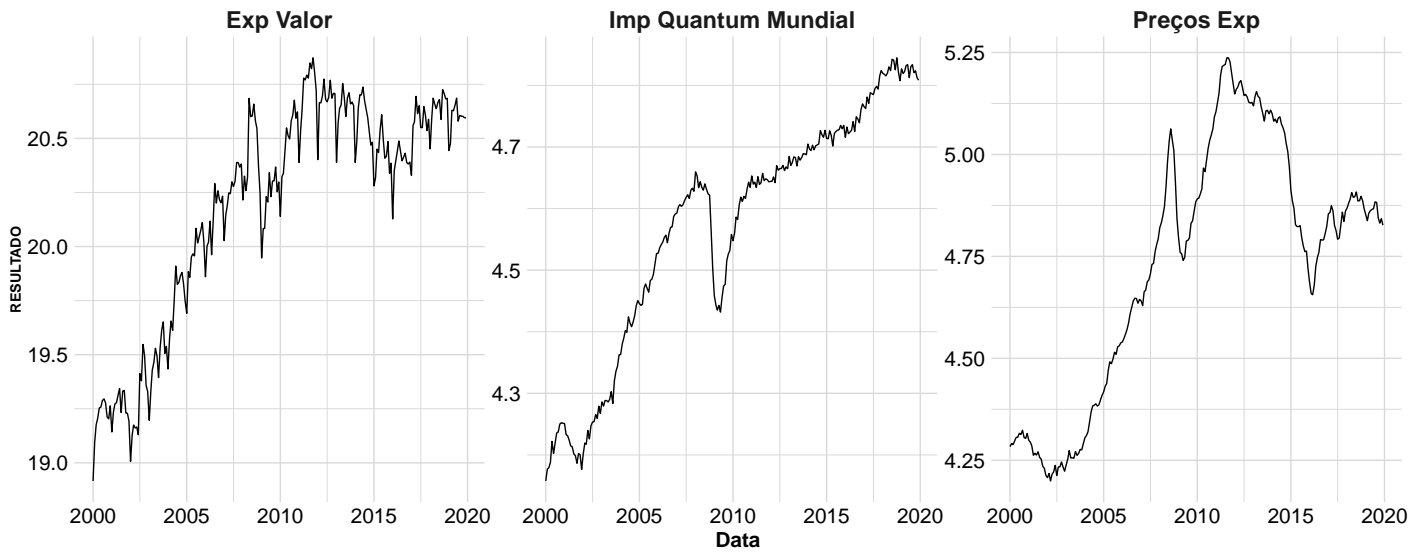
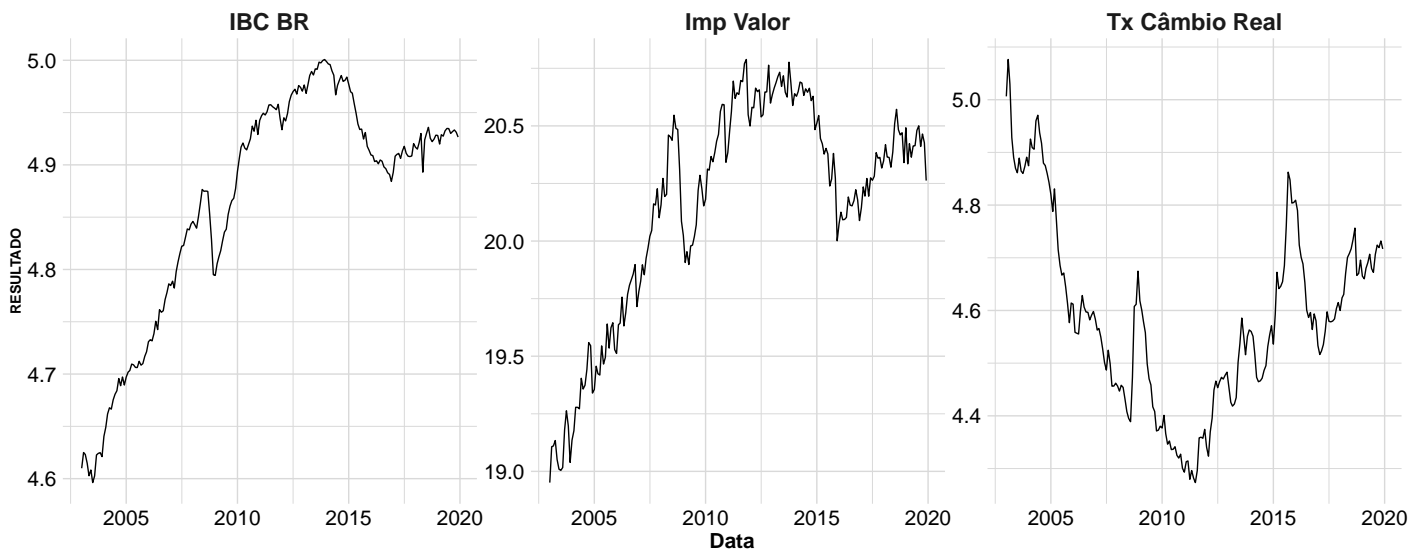


Figura 2: Variáveis usadas na Equação das Importações em Log



6 Resultados

Esta seção descreve os resultados das etapas necessárias para se estimar as equações dos valores das exportações e importações, além de trazer os resultados de desempenho das previsões. As etapas se referem ao modelo VECM, conforme especificado na seção “Técnica Estatística Empregada”. A ordem do modelo VAR na forma reduzida é especificada conforme os resultados obtidos nesta seção. É considerada a presença de sazonalidade de 12 meses, tanto no modelo de valor das exportações quanto nas importações. Os resultados das seções “Teste de Raiz Unitária” a “OIR Função Ortogonal Impulso Resposta” utilizam as séries com início nos meses mencionados na seção “Técnica estatística empregada” e término em dezembro/2019.

Importante observar que foi seguido a metodologia de Pfaff (2008) na implementação das funções FEVD, OIR e previsão do modelo VECM. Ou seja, depois que o modelo VECM é estimado, ele é transformado em um modelo VAR equivalente⁷, para só então se utilizar as funções mencionadas, bem como obter a previsão.

6.1 Teste de Raiz Unitária

Para verificar a existência de raiz unitária será aplicado o teste ADF (Augmented Dickey-Fuller). As tabelas a seguir mostram os resultados com os componentes determinísticos em que a estatística teste de raiz unitária foi mais robusta. Ou seja, são os menores valores, entre os componentes determinísticos possíveis, da estatística teste em primeira diferença. O valor da estatística teste em nível serve como referência básica para se comparar com o teste em primeira diferença e para validar a hipótese de que a série original em nível possui alguma raiz unitária. Observa-se que todas as séries, nos 2 modelos propostos têm raiz unitária de ordem 1.

Tabela 1: Teste de Raiz Unitária ADF - Variáveis do Modelo do Valor Exportado

Variável	Termo Determinístico	Nível	Lag	Valor do Teste	Valor Crítico		
					1 %	5 %	10 %
Exportações	trend	Em Nível	0	-3,12	-3,99	-3,43	-3,13
		Em Diferença	0	-19,08	-3,99	-3,43	-3,13
Índice de Preço das Exportações	drift	Em Nível	2	-1,55	-3,46	-2,88	-2,57
		Em Diferença	0	-8,62	-3,99	-3,43	-3,13
Quantum das Importações Mundiais	trend	Em Nível	3	-2,64	-3,99	-3,43	-3,13
		Em Diferença	0	-15,99	-3,99	-3,43	-3,13

⁷Ver função vec2var (<<https://www.rdocumentation.org/packages/vars/versions/1.5-3/topics/vec2var>>).

Tabela 2: Teste de Raiz Unitária ADF - Variáveis do Modelo do Valor Importado

Variável	Termo Determinístico	Nível	Lag	Valor do Teste	Valor Crítico		
					1 %	5 %	10 %
IBC-BR	drift	Em Nível	4	-2,92	-3,46	-2,88	-2,57
	trend	Em Diferença	0	-13,44	-3,99	-3,43	-3,13
Importações	drift	Em Nível	0	-2,56	-3,46	-2,88	-2,57
	trend	Em Diferença	0	-15,60	-3,99	-3,43	-3,13
Tx Câmbio Real	drift	Em Nível	1	-2,94	-3,46	-2,88	-2,57
	trend	Em Diferença	0	-11,37	-3,99	-3,43	-3,13

6.2 Ordem do VAR e VECM

Os possíveis candidatos à ordem do modelo VECM serão identificados com base nos critérios SC, HQ, AIC e FPE e teste de diagnósticos no modelo VAR na forma reduzida. No modelo de valor das exportações, com base nestes critérios, os resultados foram: AIC (n) ordem 5; HQ (n) ordem 2; SC (n) ordem 2; FPE (n) ordem 5. E no modelo de valor das importações em todos 4 métodos a ordem foi de 1.

Tabela 3: Modelo Valor das Exportações - Resultados dos Critérios de Seleção para o Ordem do Var

Método	Ordem
AIC(n)	5
HQ(n)	2
SC(n)	2
FPE(n)	5

Tabela 4: Modelo Valor das Importações - Resultados dos Critérios de Seleção para o Ordem do Var

Método	Ordem
AIC(n)	1
HQ(n)	1
SC(n)	1
FPE(n)	1

Estes seriam os possíveis candidatos a ordem. Porém o modelo VECM requer ordem de no mínimo de 2. Então, no caso do modelo de valor das importações, serão candidatos aqueles mais próximos de 1, ordem 2 e 3. Assim, os candidatos serão os seguintes:

-Exportações: ordem 2 e 5

-Importações: ordem 2 e 3

Nos resultados dos testes de diagnósticos (5 e 6) feitos com os candidatos a ordem do VAR, as maiores ordens foram as mais indicadas. O teste de cointegração (próxima seção) também confirma este resultado. Observa-se que os testes de diagnósticos foram feitos com o objetivo de identificar a ordem do VAR, por isso, embora estes resultados indicassem desvios da

constância dos parâmetros, a técnica empregada para estimar o modelo não foi desconsiderada, seguindo similar metodologia de Lütkepohl (2004).

Tabela 5: Teste de Diagnóstico - Modelo Valor Exportado

Ordem Var	Q16	JB4	Arch5	p Valor		
				Q16	JB4	Arch5
5	180,10	72,54	289,03	0	0	0
2	265,34	56,23	282,77	0	0	0

Tabela 6: Teste de Diagnóstico - Modelo Valor Importado

Ordem Var	Q16	JB4	Arch5	p Valor		
				Q16	JB4	Arch5
3	146,96	117,24	304,76	0,03	0	0
2	160,54	113,90	292,01	0,02	0	0

6.3 Teste de Cointegração Johansen e Estimação do VECM

Após a definição dos possíveis candidatos a ordem do VAR, começa-se a estimar o modelo VECM. O primeiro passo é identificar se há relação de cointegração e qual é o ranking (r). O teste de cointegração de Johansen permite verificar se há cointegração e estabelece qual é o ranking. Conforme os resultados a seguir observa-se a existência de cointegração $r=1$ tanto no modelo de valor exportado quanto importado.

Tabela 7: Exportações em Valor

H0	Estatística Teste		Valor Crítico		
	Ordem - 2	Ordem - 5	99 %	95 %	90 %
$r = 0$	48,87	30,98	41,07	34,91	32,00
$r \leq 1$	17,49	8,53	24,60	19,96	17,85
$r \leq 2$	1,14	1,37	12,97	9,24	7,52

Tabela 8: Importações em Valor

H0	Estatística Teste		Valor Crítico		
	Ordem - 2	Ordem - 3	99 %	95 %	90 %
$r = 0$	58,73	44,31	41,07	34,91	32,00
$r \leq 1$	21,19	17,83	24,60	19,96	17,85
$r \leq 2$	9,54	7,96	12,97	9,24	7,52

Este teste permite também afirmar que o VAR de ordem 5 para o valor das Exportações é superior e nas importações é o VAR de ordem 3. Confirmando assim os resultados dos testes de diagnóstico. Considerando o resultado do teste de Johansen, o VECM é reestimado com a restrição de cointegração ($r=1$) e com normalização de longo prazo relacionado a variáveis de interesse valor exportado e valor importado.

No curto prazo os preços das exportações e a demanda mundial não tem efeitos relevantes (coeficientes baixos e não significativos ao nível de 1%) sobre o valor exportado. Ele é explicado pelo seu próprio comportamento passado. Já no longo prazo, os preços das exportações e demanda mundial determinam os valores exportados (coeficientes altos e significantes ao nível de 1%).

Tabela 9: Exportações - Coeficientes Alfa - Relação de Curto Prazo - Coeficiente no sentido interpretativo da equação do modelo

Variável	Coeficiente	Estatística t
Exp Valor	0,139	-2,230
Imp Quantum Mundial	-0,031	2,615
Preços Exp	-0,050	3,033

Tabela 10: Exportações - Coeficientes Beta - Relação de Longo Prazo - Coeficiente no sentido interpretativo da equação do modelo

Variável	Coeficiente	Estatística t
Exp Valor	-1,000	
Imp Quantum Mundial	1,278	-10,945
Preços Exp	0,903	-12,302
Constante	10,083	-30,728

Na equação das importações, no curto prazo, a taxa de câmbio real não tem efeito importante (coeficiente baixo e não significativos ao nível de 1%). Porém, além do seu próprio comportamento passado, os valores das importações sofrem influência da atividade econômica no curto prazo. Quanto ao longo prazo, a atividade econômica e taxa de câmbio real determinam os valores importados (coeficientes altos e significantes ao nível de 1%).

No longo prazo, os vetores de correção dos erros mostraram-se no sentido esperado da teoria econômica que relaciona os determinantes das equações de exportações e importações. Os resultados da seção "OIR Função Ortogonal Impulso Resposta" confirmam esta conclusão.

Tabela 11: Importações - Coeficientes Alfa - Relação de Curto Prazo - Coeficiente no sentido interpretativo da equação do modelo

Variável	Coeficiente	Estatística t
Imp Valor	0,201	-4,736
IBC-BR	0,022	-3,685
Tx Câmbio Real	-0,037	1,758

Tabela 12: Importações - Coeficientes Beta - Relação de Longo Prazo - Coeficiente no sentido interpretativo da equação do modelo

Variável	Coeficiente	Estatística t
Imp Valor	-1,000	
IBC-BR	2,921	-13,022
Tx Câmbio Real	-0,787	5,661
Constante	9,596	-6,044

6.4 FEVD Decomposição da Variância do Erro da Previsão

Com a função FEVD é possível avaliar a importância relativa dos choques nos valores exportados e importados. Ela decompõe a variância do erro de previsão de todas as variáveis das equações de exportações e importações. Conforme [Bueno \(2018\)](#) os resultados desta função dizem qual é a porcentagem da variância do erro de previsão que decorre de cada variável endógena ao longo do horizonte de previsão.

Os resultados da função FEVD em relação aos valores exportados dizem que o comportamento passado da série de valor é a fonte principal para explicar seu comportamento futuro. Porém, a sua importância diminui ao longo do tempo. A demanda mundial, embora não seja importante em um horizonte de três meses, torna-se cada vez mais relevante à medida que o horizonte aumenta (a partir do 4º horizonte sua contribuição é elevada). Por outro lado, choques do índice de preços sobre o valor exportado oscilam ao longo do horizonte. Nos 1º e 2º horizontes eles são baixos, mas rapidamente aumentam, chegando-se no maior impacto em curto espaço de tempo no 6º horizonte. A partir de então, a sua importância decai, e no longo prazo o seu impacto é baixo e bem inferior ao efeito do 6º horizonte.

Tabela 13: Valor das Exportações - Decomposição da variância do erro da previsão

Horizonte	Exp Valor	Imp Quantum Mundial	Preços Exp
1	1,00	0,00	0,00
2	0,94	0,01	0,05
3	0,91	0,02	0,07
4	0,80	0,06	0,14
5	0,76	0,09	0,15
6	0,73	0,12	0,15
9	0,70	0,17	0,13
12	0,69	0,19	0,11
18	0,70	0,21	0,09
24	0,71	0,21	0,07
30	0,72	0,21	0,07
36	0,72	0,21	0,06
42	0,73	0,21	0,06
48	0,73	0,22	0,06

Também no modelo dos valores importados, a dinâmica passada da série é a fonte principal para explicar seu comportamento no curto prazo, porém já no 12º horizonte a sua contribuição é praticamente igual às outras variáveis e diminui constantemente a partir de então. No longo prazo, a sua contribuição é baixa relativamente. Choques na atividade econômica são relevantes para explicar o valor importado, tanto no curto quanto no longo prazo. Por fim, choques nas taxas de câmbio real, embora não sejam importantes para explicar os valores importados no curto prazo, tem contribuição crescente a partir do 6º horizonte, sendo a variável mais relevante para explicar o valor importado no longo prazo.

Tabela 14: Valor das Importações - Decomposição da variância do erro da previsão

Horizonte	Imp Valor	IBC-BR	Tx Câmbio Real
1	1,00	0,00	0,00
2	0,94	0,06	0,00
3	0,87	0,13	0,00
4	0,82	0,17	0,02
5	0,75	0,21	0,04
6	0,69	0,24	0,07
9	0,50	0,31	0,19
12	0,35	0,34	0,31
18	0,20	0,34	0,46
24	0,15	0,31	0,54
30	0,13	0,29	0,58
36	0,13	0,28	0,60
42	0,12	0,27	0,61
48	0,13	0,26	0,62

6.5 OIR Função ortogonal impulso resposta

As Figuras 3 e 4 mostram as respostas do valor exportado e importado a um choque de um desvio padrão em cada variável independente das equações (9 e 10) e de seu próprio comportamento passado, além de trazer os intervalos de confiança em 95% com base em 1.000 replicações por *Bootstrap*⁸. Estes resultados complementam entendimento do modelo feito com a função FEVD (subseção anterior), pois permite identificar o sentido do impacto após os choques.

Na equação das exportações, os resultados sugerem que todas variáveis - dinâmica anterior do valor exportado, demanda mundial e índices de preços - levam a um aumento do valor exportado. Os choques têm valores diferentes de impactos até o 24º mês, após este horizonte, o efeito de cada um sobre o valor exportado tende a ser constante. Ou seja, os choques em regra impactam permanentemente o nível dos valores exportados (não tendem a zero depois de algum horizonte de tempo). Além disso, o índice de preços exportados é o que tem maior certeza quanto à magnitude de seu impacto (menor intervalo de confiança).

Já na equação dos valores importados, o sentido do impacto das variáveis é diferente. Como era esperado pela teoria econômica, maior desvalorização da taxa de câmbio real diminui os valores importados. Interessante observar o sentido do impacto em relação ao comportamento passado do valor importado. Aproximadamente até o 12º horizonte, ela é a variável com maior efeito e que leva ao maior aumento do valor importado. Porém, a partir deste horizonte, o impacto passa a ser negativo.

Por sua vez, a atividade econômica impacta positivamente o valor importado. Todos os choques têm valores diferentes de impactos até aproximadamente o 30º horizonte, após este horizonte o efeito tende a ser constante.

⁸O método bootstrap é uma técnica de reamostragem usada para estimar estatísticas em uma população.

Figura 3: OIR - Resposta do Valor das Exportações a choque de 1 Desvio Padrão em Cada Variável da Equação

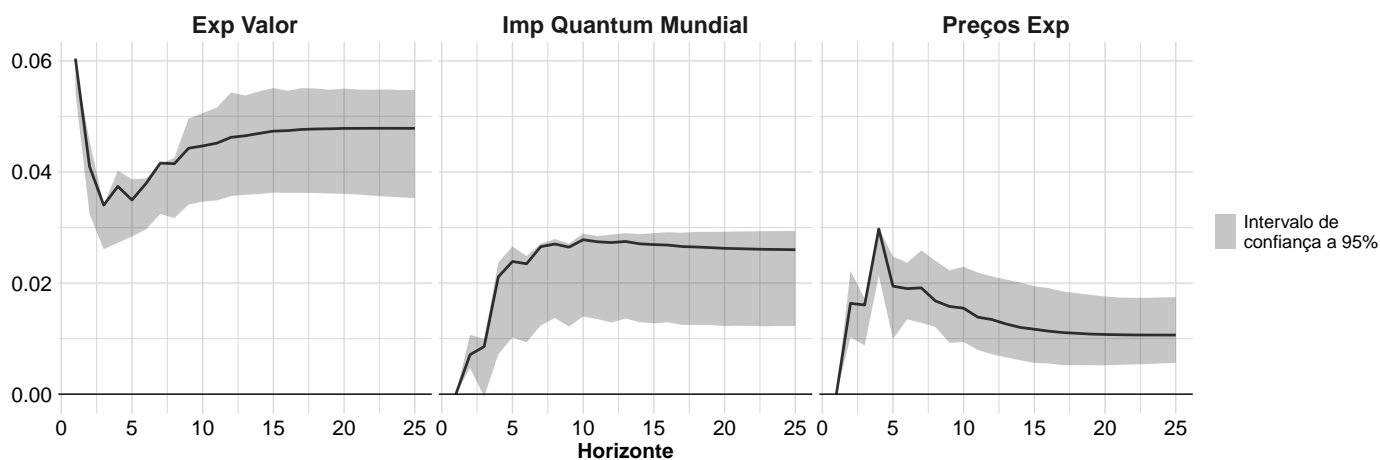
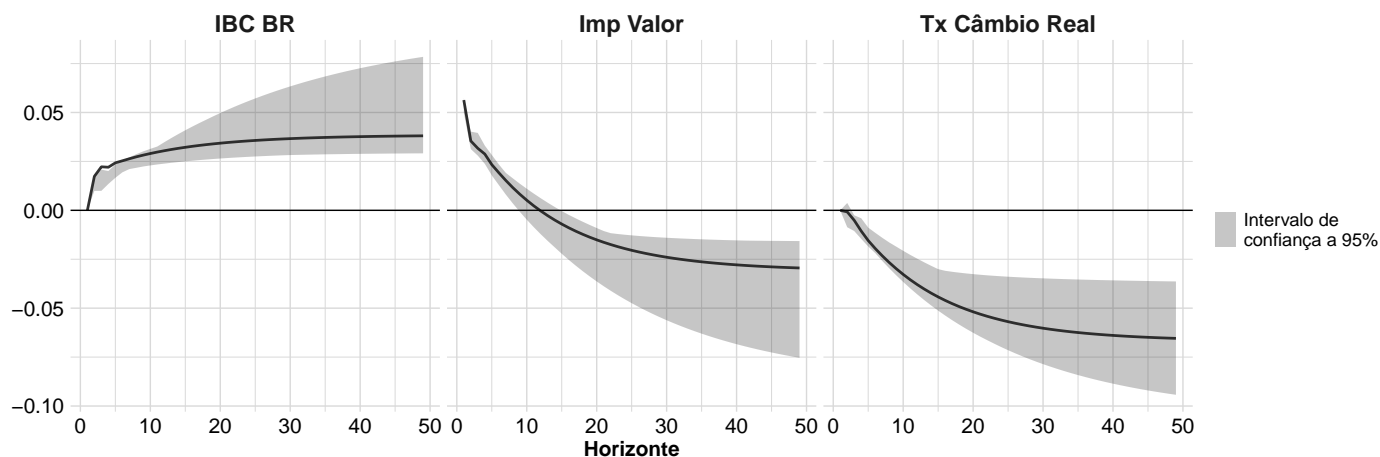


Figura 4: OIR - Resposta do Valor das Exportações a choque de 1 Desvio Padrão em Cada Variável da Equação



Ressalta-se, ainda, que existem diferenças entre as probabilidades de impactos, quando se comparam os intervalos de confiança dos efeitos das variáveis do modelo de valores exportados e importados. Nos dois modelos, até aproximadamente o 6º horizonte, o intervalo de confiança é relativamente baixo para todas variáveis. Porém, ainda menor nas importações. Entre o 6º e 12º horizonte, o intervalo de confiança do impacto das variáveis sobe de nível tanto nas importações quanto nas exportações.

Já por volta do 12º horizonte, os intervalos de confiança novamente mudam de patamar. No modelo de valores exportados, o máximo é atingindo rapidamente a partir do 12º horizonte, no de valores importados aumenta continuamente até o longo prazo. Como se verá mais adiante na seção 4.5, a consequência de o modelo de valores importados ter menor incerteza quanto à magnitude do efeito das variáveis, em comparação ao modelo de valores exportados, será um desempenho preditivo superior no curto prazo (até o horizonte 6).

6.6 Desempenho Preditivo

Para se avaliar o desempenho preditivo das previsões realizadas, conforme metodologia descrita nas seções acima, serão computadas as estatísticas MAPE (Erro Absoluto Percentual Médio) e RMSE (Raiz do Erro Quadrado Médio):

- MAPE: calcula o tamanho em módulo do erro percentual médio.

$$MAPE = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n \frac{|Realizado_i - Previsto_i|}{|Realizado_i|} \times 100 \quad (11)$$

- RMSE: é uma estatística que se caracteriza por dar maior peso às previsões mais divergentes dos valores realizados, em virtude do cálculo da média ao quadrado. Assim, valores muito superiores à média, mesmo que pouco frequentes, são capazes de elevar sensivelmente o indicador.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Previsto_i - Realizado_i)^2}{n}} \quad (12)$$

Para o cálculo destas estatísticas utilizou-se um período móvel de treino, tendo início em jan/2003 e o final no mês imediatamente anterior ao início da previsão. O período de teste, intervalo para o qual irá ser feita a comparação dos dados previstos pelos modelos utilizados e os dados efetivamente realizados, foi de jan/2010 a dez/2019. Exemplificando, em um mês qualquer do período de testes, como abril/2015, o período de treino corresponde ao intervalo de jan/2003 a mar/2015.

Inicialmente, em cada mês do período de teste foram realizadas previsões com horizonte igual a 3 meses. Ou seja, para jan/2014 faz-se a previsão para os meses de fevereiro a abril de 2014. Por sua vez, para fev/2014 prevê-se os dados para o período de março a maio de 2014. Como ao final tem-se mais de uma previsão para cada mês devido à sobreposição dos horizontes de meses próximos, optou-se por considerar a previsão como a média das previsões obtidas. Ao final do processo, em cada mês do período de teste, há um valor previsto e outro realizado, a partir do qual são feitos os cálculos de MAPE e RMSE.

O mesmo procedimento descrito acima foi feito separadamente considerando os horizontes de 6, 9 e 12 meses. O objetivo de realizar as previsões com esses horizontes acima foi simular o desempenho preditivo do modelo em cada divulgação feita pela SECEX. As previsões são divulgadas trimestralmente no início dos meses de janeiro, abril, julho e outubro, alcançando todos os meses do ano vigente. Ou seja, os horizontes previstos em cada um destes meses são respectivamente 12, 9, 6 e 3.

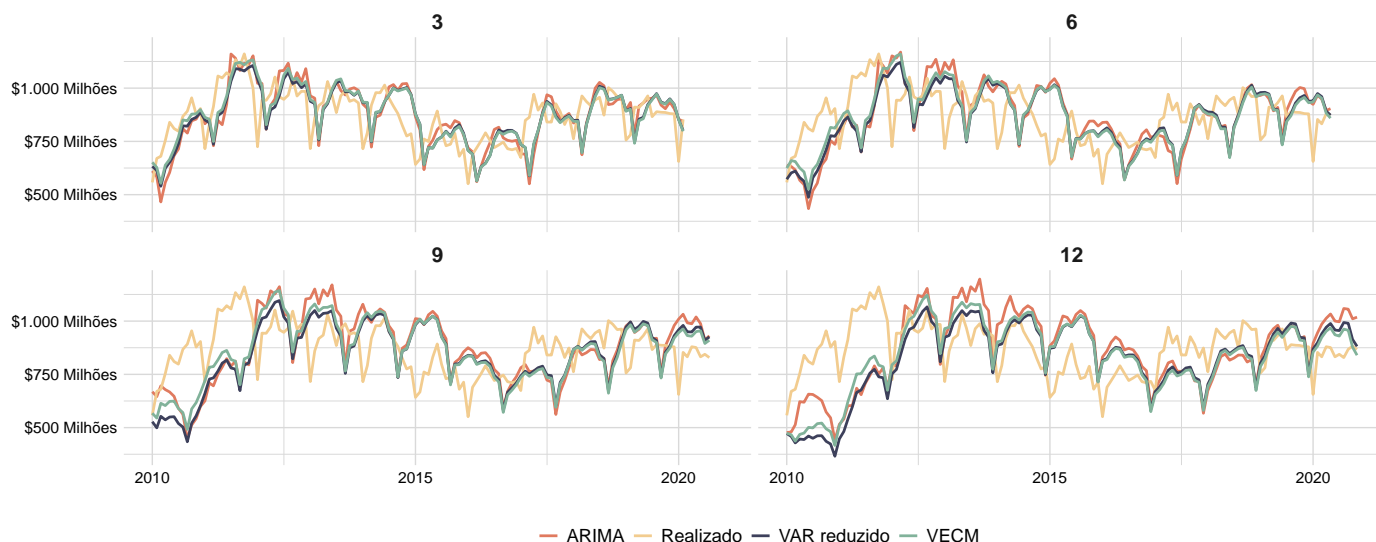
Além dos modelos VAR, serão apresentados os resultados da previsão realizados com o modelo ARIMA. Este método utiliza apenas os resultados passados da própria série, sem incluir terceiras variáveis. O objetivo foi servir de referência mínima ao desempenho preditivo dos modelos VAR. Ressalta-se que o modelo ARIMA não é utilizado nos resultados da previsão divulgados.

6.6.1 Exportações

A figura 5 apresenta, mês a mês, qual foi o valor previsto e realizado em cada horizonte. A partir destes valores que as estatísticas de desempenho preditivo são calculadas. É possível observar, como esperado, que no horizonte maior os valores previstos mais se distanciam dos valores realizados.

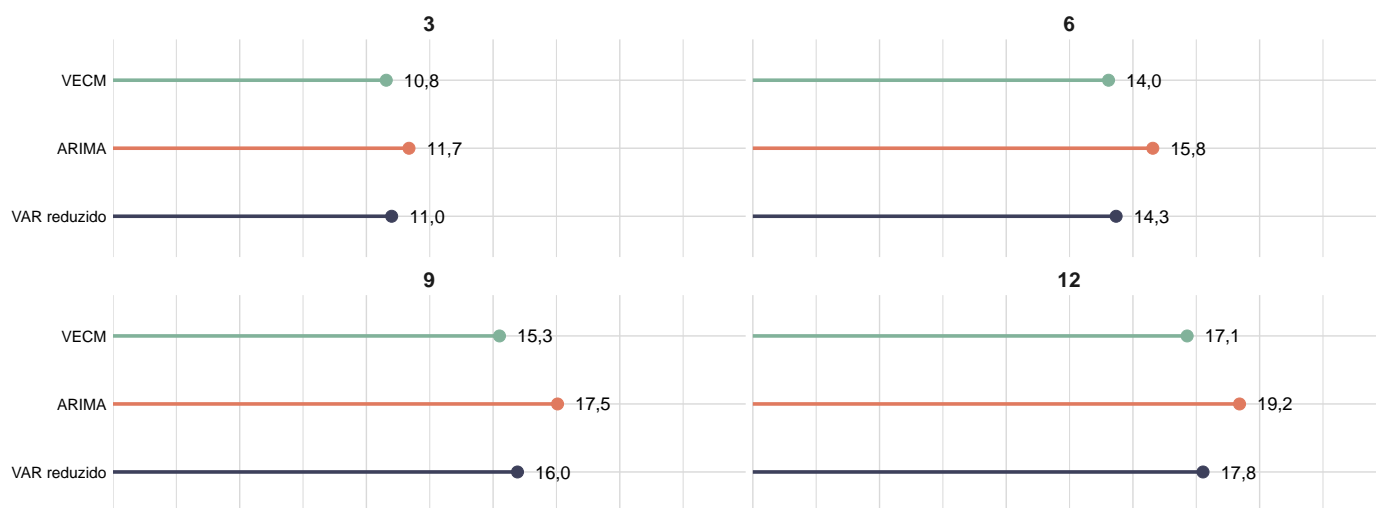
A estatística MAPE mostra que os modelos VAR são superiores em desempenho preditivo em relação aos ARIMA em todos os horizontes. Além disso, tendem a ter desempenho cada vez melhor em relação aos ARIMA quanto maior o número de

Figura 5: Exportações em média diária mensal - valor previsto e realizado por horizonte



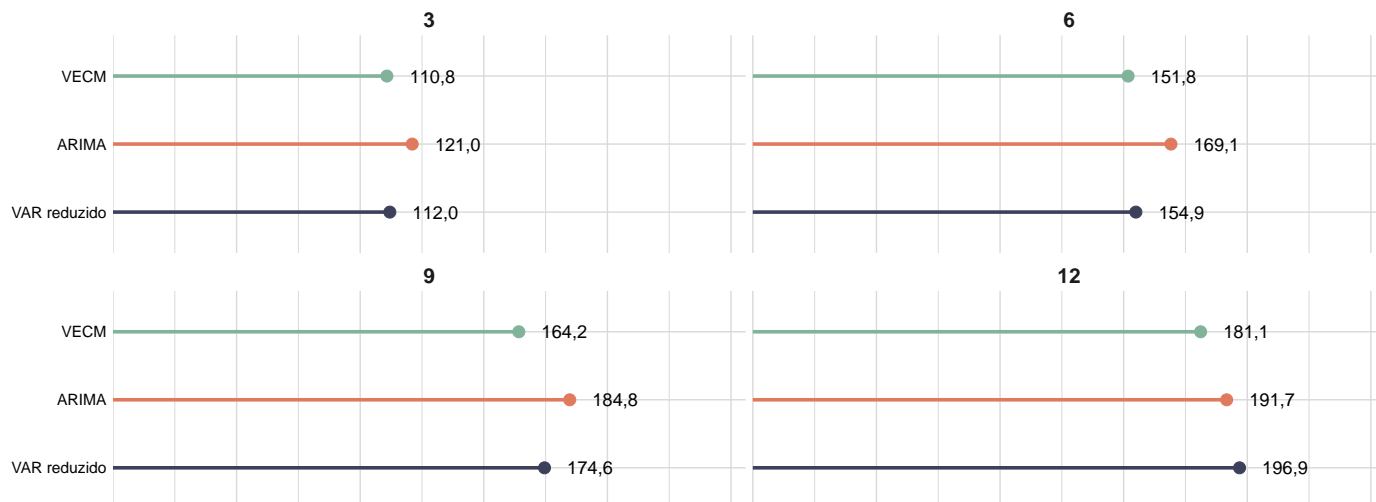
horizontes. Ou seja, confirmando os resultados das FEVD, no curto prazo, em um horizonte de três meses, por exemplo, o próprio comportamento passado da série é quem mais determina a previsão. Por isso, os VAR, por usar terceiras variáveis, têm desempenho cada vez melhor com aumento do horizonte em relação aos ARIMA, que só usa a própria série. Ademais, dentro dos modelos VAR, o VECM mostrou ter desempenho preditivo um pouco superior.

Figura 6: Exportações - MAPE (%) por horizonte e modelo



O RMSE na figura 7 permite identificar se algum modelo está prevendo valores muito superiores ou inferiores em relação ao realizado. Com exceção do horizonte 12, os VAR preveem menores valores extremos que o ARIMA. No horizonte 12, o VAR na forma reduzida é o que mais prevê valores extremos, o VECM novamente se mostrou melhor, pois além de ter um erro percentual médio menor (MAPE) também prevê menores valores extremos.

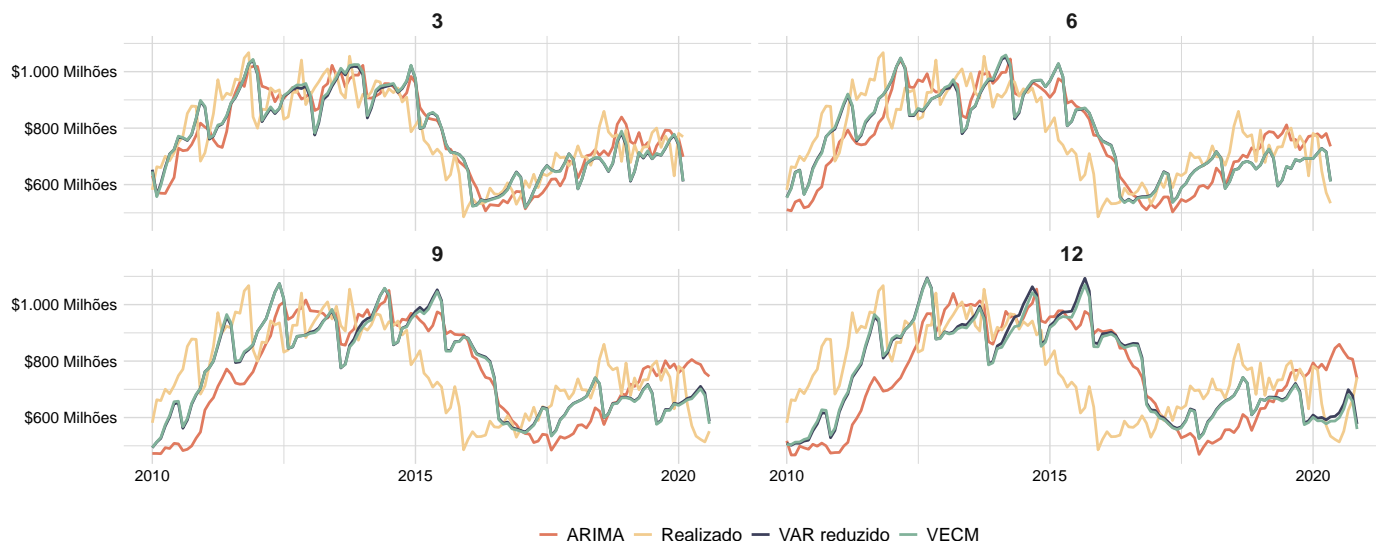
Figura 7: Exportações - RMSE por horizonte e modelo



6.6.2 Importações

A figura 8 apresenta, mês a mês, qual foi o valor previsto e realizado das importações em cada horizonte. Novamente, é possível observar, como esperado, que os valores previstos se distanciam mais dos valores realizados nos horizontes maiores.

Figura 8: Importações em média diária mensal - valor previsto e realizado por horizonte

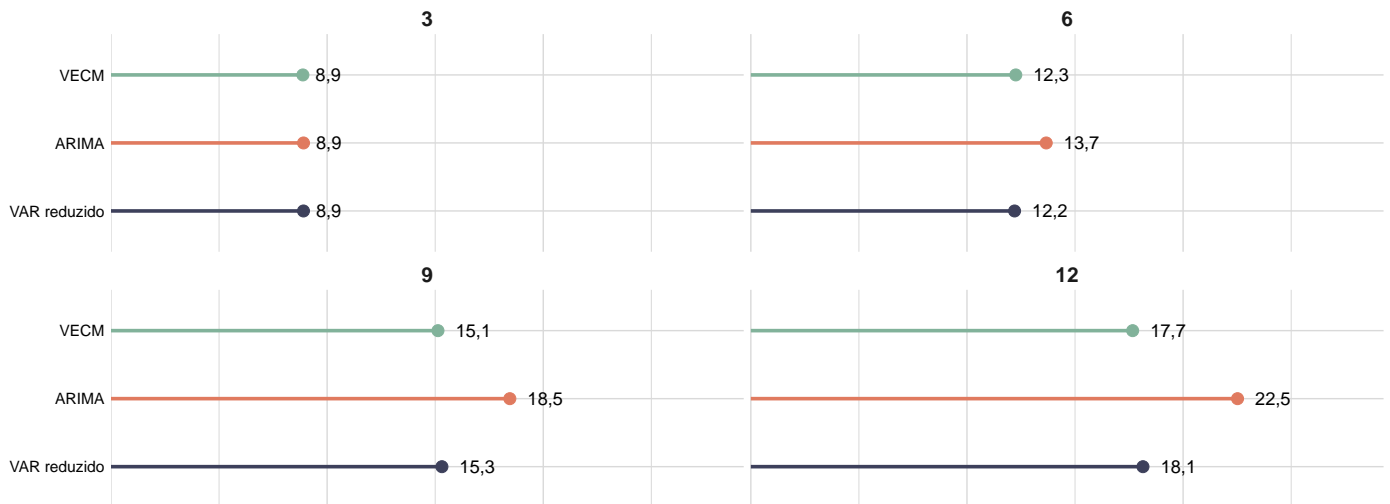


A estatística MAPE mostra que os modelos VAR são superiores em desempenho preditivo que os ARIMA em todos os horizontes. No horizonte menor, igual a três, por depender muito dos valores passados da própria série, o desempenho preditivo é praticamente igual entre todos os modelos. Também nas importações, entre os modelos VAR, o VECM apresentou melhor desempenho.

Comparando com o modelo das exportações (figura 6), os erros das previsões são menores nas importações, principal-

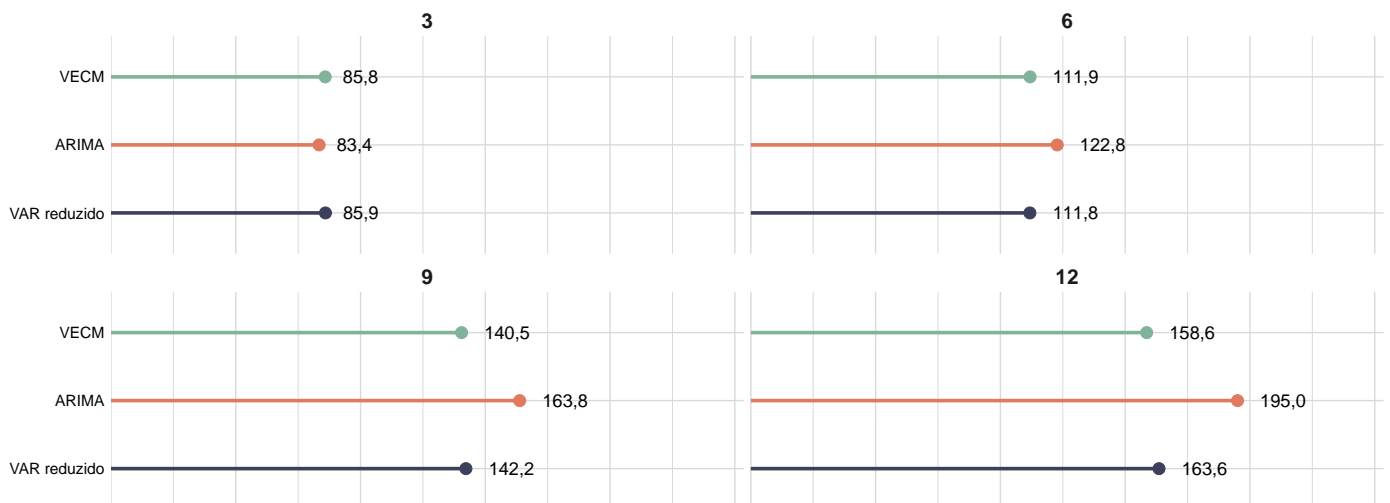
mente nos horizontes menores (3 e 6). Nos horizontes maiores, 9 e 12, o desempenho preditivo dos modelos dos dois fluxos são similares.

Figura 9: Importações - MAPE (%) por horizonte e modelo



Nas importações, os valores extremos são menos frequentes em qualquer um dos modelos VAR (figura 10). O VECM, mais uma vez, teve desempenho melhor nos horizontes maiores para esta estatística. Ou seja, menor números de previsões distantes dos valores realizados.

Figura 10: Importações - RMSE por horizonte e modelo



7 Considerações Finais

Em continuidade ao processo de incremento da transparência dos métodos e informações prestadas pela SITEC/SECEX, este documento descreve a metodologia utilizada para a construção da previsão anual, divulgada trimestralmente na publicação mensal preliminar dos resultados da balança comercial brasileira.

A técnica estatística usada para realizar as previsões dos valores totais exportados e importados pelo Brasil, divulgadas pela SECEX, é baseada em um modelo de vetores autoregressivos (VAR). Este modelo é considerado muito flexível, provê uma estrutura teórica confiável, capaz de descrever o comportamento dinâmico de séries temporais econômicas. Todas as variáveis consideradas são endógenas. Para o modelo relativo à exportação foram considerados o valor exportado pelo Brasil, o volume das importações mundiais, para representar a demanda externa, e o índice de preços das exportações. Para a importação foram considerados o valor importado, o IBC-BR, para representar a demanda interna, e a taxa de câmbio real.

Ressalta-se que a metodologia adotada não tem por objetivo determinar todas as variáveis que afetam a dinâmica das exportações e importações, bem como pesquisar ou avaliar relações de causa e efeito entre as variáveis consideradas nas equações. O seu objetivo principal é realizar a previsão. E entender, em um segundo momento, por meio de funções estatísticas, quais são as influências de cada variável sobre o resultado previsto, considerando a atual especificação (modelo) das equações de exportações e importações.

Os testes mostraram que, no curto prazo (horizontes de 1 a 3, por exemplo), os preços das exportações e a demanda mundial não tem efeitos relevantes sobre o valor exportado. Ele é explicado principalmente pelo seu próprio comportamento passado. Já no longo prazo, os preços das exportações e demanda mundial determinam os valores exportados. Na equação das importações, no curto prazo, a taxa de câmbio real não tem efeito elevado. Porém, além do seu próprio comportamento passado, os valores das importações sofrem influência da atividade econômica no curto prazo. Quanto ao longo prazo, a atividade econômica e taxa de câmbio real determinam os valores importados. Os resultados da função ortogonal impulso resposta mostram que as variáveis do modelo de exportação têm uma relação diretamente proporcional com o valor exportado. Já para a importação, a taxa de câmbio real é inversamente proporcional ao valor importado, como esperado.

Quanto ao desempenho preditivo do modelo, foram feitos testes considerando os horizontes de 3, 6, 9 e 12 meses. Além das comparações de resultados entre os modelos VAR, foi utilizado um modelo ARIMA para servir de referência mínima ao desempenho preditivo. Como esperado, os valores previstos se distanciam mais dos valores realizados no horizonte maior. Os modelos VAR são superiores em desempenho preditivo em relação aos ARIMA em todos os horizontes. Além disso, tendem a ter desempenho cada vez melhor em relação aos ARIMA quanto maior o número de horizontes.

Por fim, importante mencionar que as informações que compõem as previsões econométricas são feitas com dados mais atualizados possíveis. Também vale ressaltar que quaisquer projeções baseadas em modelos, por construção, estão sujeitas a erro. O que se busca é utilizar as técnicas com alto desempenho preditivo que tenha métodos transparentes e seja capaz de permitir a interpretação dos resultados previstos. Cabe ainda apontar que a técnica estatística empregada não considera quaisquer juízos de valor subjetivos em relação à cenários futuros. Ou seja, as variáveis selecionadas são consideradas endógenas, não havendo terceiras variáveis exógenas e, portanto, as previsões realizadas não são condicionadas a pontos futuros dessas variáveis determinados fora do modelo.

Referências

- AKRAM, Q. F. Commodity prices, interest rates and the dollar. *Energy Economics*, v. 31, n. 6, p. 838–851, 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140988309000917>>.
- BAÑBURA DOMENICO GIANNONE, M. L. M. *Working Paper Series*. European Central Bank (ECB)., 2014. Disponível em: <<https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/scpwps/ecbwp1733.pdf>>.
- BLANCHARD, O. *Macroeconomia*. 4nd. ed. [S.l.]: Pearson Prentice Hall, 2007.
- BUENO, R. D. L. d. S. *Econometria de séries temporais*. 2nd. ed. [S.l.]: Cengage Learning, 2018.
- FINDLEY, D. F. et al. Modelling global trade flows: results from a gvar model. *European Central Bank - European Central Bank*, 2009. Disponível em: <<https://ideas.repec.org/p/ecb/ecbwps/20091087.html>>.
- LÜTKEPOHL, M. K. H. *Applied Time Series Econometrics - chapter 4*. [S.l.]: Cambridge University, 2004.
- OMC. *Previsões da OMC*. 2021. Disponível em: <https://www.wto.org/english/news_e/pres20_e/methodpr855_e.pdf>. Acesso em: Setembro. 2021.
- PADRÓN, C. H. M. d. S. e. o. Alejandro da R. S. *Por que a Elasticidade-Preço das Exportações é Baixa no Brasil? Novas Evidências Desagregadas*. [s.n.], 2015. Disponível em: <<http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/5862>>.
- PFAFF, B. Var, svar and svec models: Implementation within r package vars. *Journal of Statistical Software, Articles*, v. 27, n. 4, p. 1–32, 2008. ISSN 1548-7660. Disponível em: <<https://www.jstatsoft.org/v027/i04>>.
- SCHETTINI BERNARDO PATTA E SQUEFF, G. C. e. R. R. Estimativas da função exportações brasileiras agregadas com dados das contas nacionais trimestrais (1995 a 2009). *Economia Aplicada*, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-80502012000100007&nrm=iso>.
- ZIVOT, E. *Vector Autoregressive Models for Multivariate Time Series*. In: *Modeling Financial Time Series with S-PLUS*. Springer, New York, NY, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-0-387-32348-0_11>.