



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

Instituto de Economía

Dumar Miguel Vargas Reyes

**Efeitos Assimétricos dos Choques do Preço do
Petróleo na Economia Colombiana: uma
abordagem agregada e setorial**

**The asymmetric effect of oil prices shocks on the
Colombian economy: an aggregated and sectorial
approach**

Campinas

2023



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

Instituto de Economia

Dumar Miguel Vargas Reyes

Efeitos Assimétricos dos Choques do Preço do Petróleo na Economia Colombiana: uma abordagem agregada e setorial

Tese apresentada ao Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Doutor em Desenvolvimento Econômico, na Área de Economia Agrícola e Meio Ambiente

Orientador: Prof^ª Dr^ª: Rosângela Ballini

Este exemplar corresponde à versão final da tese defendida pela aluno Dumar Miguel Vargas Reyes, e orientada pela Prof^ª Dr^ª: Rosângela Ballini

Campinas

2023

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca do Instituto de Economia
Luana Araujo de Lima - CRB 8/9706

V426e Vargas, Dumar Miguel, 1991-
Efeitos assimétricos dos choques do preço do petróleo na economia colombiana : uma abordagem agregada e setorial / Dumar Miguel Vargas Reyes. – Campinas, SP : [s.n.], 2023.

Orientador: Rosangela Ballini.
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Economia.

1. Petróleo - Preços. 2. Petróleo - Colômbia - Aspectos econômicos. 3. Modelos matemáticos. I. Ballini, Rosangela, 1969-. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Economia. III. Título.

Informações Complementares

Título em outro idioma: The asymmetric effect of oil price shocks on the colombian economy : an aggregated and sectorial approach

Palavras-chave em inglês:

Petroleum - Prices

Petroleum - Colombia - Economic aspects

Mathematical models

Área de concentração: Economia Agrícola e do Meio Ambiente

Titulação: Doutor em Desenvolvimento Econômico

Banca examinadora:

Rosangela Ballini [Orientador]

Carolina Troncoso Baltar

Rodrigo Lanna Franco da Silveira

Cassio Garcia Ribeiro Soares da Silva

Rafael Saulo Marquez Ribeiro

Data de defesa: 10-11-2023

Programa de Pós-Graduação: Desenvolvimento Econômico

Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)

- ORCID do autor: <https://orcid.org/0000-0002-1129-5727>

- Currículo Lattes do autor: <http://lattes.cnpq.br/5974952393947923>

Este exemplar corresponde à redação final da Tese de Doutorado defendida por Dumar Miguel Vargas Reyes, aprovada pela Comissão Julgadora em 10 de novembro de 2023, no Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas.

Banca Examinadora

Prof(a). Dr(a). – Rosângela Ballini- Presidente e Orientadora

Profa. Dra. Carolina Troncoso Baltar - Membro Titular

Prof Dr. Rodrigo Lanna Franco da Silveria- Membro Titular

Prof Dr. Rafael Saulo Marquez Ribeiro - Membro Titular

Prof Dr. Cássio Garcia Ribeiro Soares da Silva - Membro Titular

A Ata da Defesa, assinada pelos membros da Comissão Examinadora, consta no SIGA/Sistema de Fluxo de Dissertação/Tese e na Secretaria do Programa da Unidade.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente aos meus pais, por todo o apoio que sempre me deram e cuja convicção e fé em mim me ensinaram a ter fé em mim mesmo e em Deus. A minha irmã Alexandra por me incentivar a ir na procura dos meus sonhos e por ser minha amiga incondicional de toda a vida, a minha esposa Maria Martinez por todo seu apoio e amor.

Agradeço a minha orientadora, Rosangela Ballini, por todo o suporte e empenho que foram fundamentais no desenvolvimento desta tese assim como pelo apoio incondicional durante a pandemia.

Agradeço aos professores, Rafael Ribeiro, Cássio Garcia, Carolina Troncoso Baltar, Célio Hiratuka e Rodrigo Lanna por formarem parte da minha banca e pelas sugestões que foram fundamentais no aprimoramento desta tese.

Agradeço aos docentes do Instituto de Economia, que atuaram de forma direta ou indireta na minha formação.

Agradeço pelo apoio a todos os funcionários do Instituto de Economia da Unicamp, especialmente aos funcionários da secretaria da pós-graduação.

Agradeço aos meus amigos, Edwin Forero, Juan Manzur e Fabian Alvarez, por fazerem me sentir como na minha terra, mesmo estando tão longe dela.

Por fim, o presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior- Brasil(CAPES)- Código de Financiamento 001, pelo que agradeço pela bolsa concedida.

Resumo

Variações nos preços do petróleo impactam economias de países desenvolvidos e em desenvolvimento. Em relação à dimensão econômica, variações nos preços do petróleo podem produzir efeitos econômicos diversos. Esses impactos dependem, por exemplo, se o país é exportador ou importador de petróleo, bem como a relevância desse insumo na cadeia produtiva e no mercado de bens finais da economia em análise. Existe uma extensa literatura, teórica e empírica, que procura determinar os canais de transmissão pelos quais os preços do petróleo impactam direta e indiretamente a economia.

Esta tese contribui com essa discussão, a partir da análise dos impactos assimétricos dos choques do preço do petróleo na economia colombiana de forma agregada e setorial. A partir desta análise é possível determinar os principais canais de transmissão, assim como as assimetrias de choques positivos e negativos do preço do petróleo sobre a economia. Para atingir tal objetivo, foi ajustado um modelo vetor autorregressivo com mudança de regime no período 2000-2019. Esta abordagem possibilitou analisar as assimetrias das variações dos preços do petróleo e seus impactos sobre as variáveis macroeconômicas como nível de atividade econômica, exportações, investimento estrangeiro direto, inflação e desemprego.

Na análise setorial, verificou-se o efeito assimétrico e de intensidades distintas dependendo do setor analisado. De modo geral, setores mais dependentes desta commodity, como os setores primário e secundário, tiveram impactos diretos e indiretos, frente os choques de valorização e desvalorização dos preços. O setor terciário teve um impacto menor, dado que este setor é composto majoritariamente por serviços, indicando que os preços do petróleo têm um efeito indireto sobre a atividade deste setor.

Palavras-chaves: Petróleo-Preços, Petróleo Colômbia, Aspectos econômicos, Modelos Matemáticos.

Abstract

Changes in oil prices impact economies in developed and developing countries. Regarding the economic dimension, variations in oil prices can produce different economic effects. These impacts depend, for example, on whether the country is an exporter or importer of oil, as well as the relevance of this input in the production chain and in the market for final goods in the economy under analysis. There is an extensive literature, theoretical and empirical, that seeks to determine the transmission channels through which oil prices, directly and indirectly, impact the economy.

This thesis contributes to this discussion, by analyzing the asymmetric impacts of oil price shocks on the Colombian economy on an aggregate and sectoral basis. From this analysis, it is possible to determine the main transmission channels and the asymmetries of positive and negative impacts of oil price shocks on the economy. To achieve this objective, an autoregressive vector model was adjusted with regime change in the period 2000-2019. This approach made it possible to analyze the asymmetries in oil price variations and their impacts on macroeconomic variables such as the level of economic activity, exports, foreign direct investment, inflation, and unemployment.

In the sectoral analysis, an asymmetrical effect and different intensities were verified depending on the sector analyzed. In general, sectors more dependent on this commodity, such as the primary and secondary sectors, had direct and indirect impacts, due to price appreciation and devaluation shocks. The tertiary sector had a smaller impact, given that this sector is mainly composed of services, indicating that oil prices have an indirect effect on the activity of this sector.

Keywords: Petroleum-Prices, Petroleum-Colombia, Economic aspects, Mathematical models.

Resumen

Las variaciones en los precios del petróleo impactan las economías de los países desarrollados y en desarrollo. En cuanto a la dimensión económica, las variaciones en los precios del petróleo pueden producir diferentes efectos económicos. Estos impactos dependen, por ejemplo, de si el país es exportador o importador de petróleo, así como de la relevancia de este insumo en la cadena productiva y en el mercado de bienes finales de la economía analizada. Existe una extensa literatura, teórica y empírica, que busca determinar los canales de transmisión a través de los cuales los precios del petróleo impactan directa e indirectamente en la economía.

Esta tesis contribuye a esta discusión, a partir del análisis de los impactos asimétricos de los shocks del precio del petróleo en la economía colombiana de manera agregada y sectorial. A partir de este análisis es posible determinar los principales canales de transmisión, así como las asimetrías de los shocks positivos y negativos del precio del petróleo en la economía. Para lograr este objetivo se ajustó un modelo vectorial autorregresivo con cambio de régimen en el período 2000-2019. Este enfoque permitió analizar las asimetrías de las variaciones de los precios del petróleo y sus impactos en variables macroeconómicas como el nivel de actividad económica, las exportaciones, la inversión extranjera directa, la inflación y el desempleo.

En el análisis sectorial, el efecto fue asimétrico y de diferente intensidad según el sector analizado. En general, los sectores más dependientes de este producto básico, como el primario y el secundario, tuvieron impactos directos e indirectos, debido a shocks de apreciación y devaluación de precios. El sector terciario tuvo un impacto menor, dado que este sector está compuesto principalmente por servicios, lo que indica que los precios del petróleo tienen un efecto indirecto sobre la actividad de este sector.

Keywords: Petroleo-Precios, Petroleo-Colombia, Aspectos economicos, Modelos Matematicos.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Evolução do Preço do Petróleo Brent e WTI	19
Figura 2 – Reservas de Petróleo por Região 2021	21
Figura 3 – Produção de Petróleo por Região 2021	21
Figura 4 – Consumo de Petróleo por Região	23
Figura 5 – Extração de Energia Primária Colômbia	24
Figura 6 – Participação das receitas do petróleo no PIB	25
Figura 7 – Exportações por Setores da Atividade Econômica 2022	26
Figura 8 – Fluxo de Investimento Estrangeiro Direto no Setor de Petróleo em milhões de dólares	27
Figura 9 – Produção de Petróleo na Colômbia	29
Figura 10 – Evolução do Barril de Petróleo	44
Figura 11 – Evolução do Índice de Atividade Econômica	46
Figura 12 – Evolução do PIB	46
Figura 13 – Evolução da Inflação	48
Figura 14 – Evolução do Índice da Taxa de Câmbio Real	49
Figura 15 – Evolução da Taxa de Juros	50
Figura 16 – Evolução da Taxa de Desemprego	52
Figura 17 – Evolução das Exportações	53
Figura 18 – Evolução do Investimento Estrangeiro Direto	54
Figura 19 – Inverso das Raízes Unitária do Polinômio Característico	66
Figura 20 – Função Resposta ao Impulso do Preço do Petróleo.	68
Figura 21 – Função Resposta Acumulada ao Impulso do Preço do Petróleo.	71
Figura 22 – Função de Transição dos Preços do Petróleo	73
Figura 23 – Função Resposta ao Impulso do Preço do Petróleo.	76
Figura 24 – Evolução do Setor Primário	90
Figura 25 – Evolução do Setor Secundário	91
Figura 26 – Evolução do Setor Terciário	92
Figura 27 – Participação no Emprego dos Setores da Economia Colombiana 2022	93
Figura 28 – Resposta do Setor Primário ao Impulso do Preço do Petróleo	94
Figura 29 – Respostas do Setor Secundário ao Impulso do Preço do Petróleo	95
Figura 30 – Resposta do Setor Terciário ao Impulso do Preço do Petróleo	96

Lista de tabelas

Tabela 1 – Resultados dos Testes de Raiz Unitária ADF e PP	64
Tabela 2 – Resultados dos Testes de Raiz Unitária DF-GLS e KPSS	64
Tabela 3 – Resultados do Teste de Raiz Unitária Zivot e Andrews	65
Tabela 4 – Escolha do Número de Defasagens	65
Tabela 5 – Testes de Autocorrelação	66
Tabela 6 – Coeficientes de Repasses dos Preços de Petróleo	72
Tabela 7 – Coeficientes de Repasses dos Preços de Petróleo em cada um dos Regimes	79
Tabela 8 – Revisão da Literatura Teórica	83
Tabela 9 – Revisão da Literatura Empírica	88
Tabela 10 – Decomposição do PIB por setores econômicos	89
Tabela 11 – Coeficientes de Repasses dos Preços de Petróleo em cada um dos Regimes	97
Tabela 12 – Causalidade de Granger Preço do Petróleo	110
Tabela 13 – Causalidade de Granger Juros	111
Tabela 14 – Causalidade de Granger Inflação	111
Tabela 15 – Causalidade de Granger Taxa de Câmbio	112
Tabela 16 – Causalidade Desemprego	112
Tabela 17 – Causalidade de Granger Exportação	113
Tabela 18 – Causalidade de IED	113
Tabela 19 – Causalidade de Granger IAE	114
Tabela 20 – Decomposição da variância do preço do petróleo	114
Tabela 21 – Decomposição da variância da taxa do câmbio	115
Tabela 22 – Decomposição da variância da taxa de juros	116
Tabela 23 – Decomposição da variância da inflação	116
Tabela 24 – Decomposição da variância da taxa de desemprego	117
Tabela 25 – Decomposição da variância das exportações	117
Tabela 26 – Decomposição da variância do IAE	118
Tabela 27 – Decomposição da variância do IED	118

Sumário

1	Introdução	13
1.1	Estrutura da Tese	16
2	Características da Indústria do Petróleo	17
2.1	Contexto Internacional da Indústria do Petróleo	17
2.1.1	Características do Petróleo	17
2.1.2	Reservas de Petróleo	20
2.1.3	Produção de Petróleo	21
2.1.4	Consumo de Petróleo	23
2.2	Contexto da Indústria do Petróleo na Colômbia	23
2.2.1	Ecopetrol e Legislação Petrolífera na Colômbia	27
2.2.2	Contrato de Avaliação Técnica (TEA)	30
2.2.3	Contrato de Exploração e Produção (E&P)	30
2.2.4	Reforma ao Sistema de Royalties 2011	32
2.2.5	Recursos da Ecopetrol	33
2.2.6	Formação do preço dos combustíveis na Colômbia	33
2.3	Conclusões	34
3	Canais de Transmissão dos Choques do Preço do Petróleo na Economia Colombiana	36
3.1	Revisão Bibliográfica	36
3.1.1	Inflação	38
3.1.2	Taxa de Câmbio	39
3.1.3	Taxa de Juros	40
3.1.4	Evidência empírica para o caso da Colômbia	41
3.2	Descrição das Variáveis	43
3.2.1	Preço do Petróleo	43
3.2.2	Índice de Atividade Econômica	45
3.2.3	Inflação	47
3.2.4	Índice da Taxa de Câmbio Real	49
3.2.5	Taxa de Juros	50
3.2.6	Taxa de Desemprego	51
3.2.7	Exportações	52
3.2.8	Investimento Estrangeiro Direto	53
3.3	Modelagem	54

3.3.1	Abordagem Não Linear	57
3.3.2	Testes de Raiz Unitária	59
3.4	Ajuste do Modelo	62
3.4.1	Resultados dos Testes de Raiz Unitária	63
3.5	Resultados do Ajuste do Modelo	65
3.6	Resultados das Aplicações da Modelagem	67
3.6.1	Resultados do Modelo VAR	67
3.6.2	Resultados da Abordagem Não Linear	72
3.6.3	Resultados das Funções Resposta ao Impulso Não Linear	74
3.7	Conclusões	79
4	Impacto dos Choques dos Preços do Petróleo a Nível Setorial na Colômbia .	81
4.1	Revisão Bibliográfica	81
4.1.1	Países Importadores de Petróleo	83
4.1.2	Países Exportadores de Petróleo	86
4.2	Contexto e Características dos Setores Produtivos da Economia Colombiana	88
4.3	Resultados das Funções Resposta ao Impulso	93
4.4	Conclusões	97
5	Conclusões	99
	Referências	103
6	Anexos	110
6.0.1	Causalidade de Granger	110
6.0.2	Decomposição da variância do erro de previsão	114

1 Introdução

O petróleo responde por cerca de um terço do suprimento total de energia a nível global constituindo-se na principal fonte da matriz energética mundial. Diferentemente de outras commodities, o petróleo desempenha um papel fundamental na economia, sendo um insumo essencial na cadeia produtiva e de distribuição. A partir do petróleo são obtidas diversas matérias-primas imprescindíveis em setores como o industrial e de transporte, assim como no consumo doméstico (CLO, 2000), fazendo com que variações nos preços do petróleo tenham impactos diversos sobre a atividade econômica ¹.

Diversos choques no preço do petróleo tem ocasionado impactos relevantes sobre a economia mundial. O primeiro choque relevante no preço do petróleo ocorreu durante o período de 1970 a 1973 com o início do choque entre os estados petrolíferos da região do Meio Oriente e as multinacionais de origem ocidental. Além disso, o apoio do ocidente a Israel na guerra Árabe-Israelense de Yom Kippur em 1973, impulsionou aumentos significativos nos preços do petróleo por parte dos membros árabes na Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP) (COOPER; ADELMAN, 1996) ². No final da década de 1970 ocorre o segundo choque do petróleo sob os efeitos combinados da revolução iraniana e da guerra Irã-Iraque, que impulsionou outro salto nos preços que passaram de US\$ 35 por barril para cerca de US\$ 50.

Durante os anos setenta, os preços do petróleo sofreram o maior aumento na história secular: vinte vezes nominalmente e nove vezes em termos reais (GEORGELLIS, 1994). Os choques nos preços do petróleo impactaram negativamente a economia mundial, assim como o equilíbrio político internacional, com destaque à centralidade que tinha assumido a energia no processo de crescimento econômico e a elevada dependência do petróleo importado provenientes de áreas com forte instabilidade política e de crescente oposição ao controle ocidental no seu território (BINDER; MAKRIDIS, 2022). Pela primeira vez, variações nos preços do petróleo, tornaram-se uma questão crítica e prioritária para a agenda econômica e política das potências econômicas.

Outro choque nos preços do petróleo de relevância mundial ocorreu entre 2003 e 2014. Este choque caracterizado por sua magnitude, abrangência e duração foi denominado como superciclo do petróleo. Entre janeiro de 2003 e julho de 2008 o preço médio do barril de

¹ Variações no preço do petróleo bruto são influenciadas por diversos fatores como, por exemplo, o clima, as reservas disponíveis, o crescimento econômico, mudanças na produção industrial, aspectos políticos ou geopolíticos, variações cambiais, especulação financeira, entre outros.

² Durante a primeiro choque o preço nominal subiu de US\$ 2,5 por barril para cerca de US\$ 11,5.

petróleo situou-se na faixa de US\$ 60, preço consideravelmente superior ao visto na década de noventa quando o preço médio ficou em torno de US\$ 22 (SERRANO, 2014). Em junho de 2008, o preço do barril atingiu o recorde de US\$ 134. No entanto, os preços recuaram com a crise financeira global daquele ano, embora em meados de 2009, recuperaram sua trajetória crescente, retomando ao patamar de US\$ 100 por barril, a partir de 2011.

O superciclo do petróleo em conjunto com o aumento no preço de outras commodities alavancaram um crescimento econômico expressivo das economias emergentes, exportadoras líquidas de matérias-primas, por meio de choques positivos nos termos de troca derivados daquele superciclo (BREDOW et al., 2018). No entanto, entre 2014 e 2015, o preço do petróleo apresentou o maior declínio já registrado em termos de dólares e a maior queda percentual desde 1986 (RIBEIRO; NETO; SENE, 2018). O contra choque dos preços do petróleo foi uma consequência do aumento na produção da oferta de petróleo caracterizada pela competição entre os principais produtores como Estados Unidos, Arábia Saudita e Rússia ³. Esta competição representou um excedente de pelo menos um milhão de barris por dia em relação ao consumo mundial de petróleo (GRIFFIN; TEECE, 2016). Com o fim do superciclo em 2014, diversas economias exportadoras tiveram uma desaceleração no ritmo do seu crescimento econômico

Em geral, choques nos preços do petróleo têm uma série de impactos desde econômicos, geopolíticos e ambientais. Em relação à dimensão econômica, variações nos preços do petróleo podem produzir efeitos econômicos diversos. Esses impactos dependem, por exemplo, se o país é exportador ou importador de petróleo, bem como a relevância desse insumo na cadeia produtiva e no mercado de bens finais da economia em análise. De fato, existe uma extensa literatura, teórica e empírica, que procura determinar os canais de transmissão pelos quais os preços do petróleo impactam direta e indiretamente o crescimento econômico. De acordo com a literatura, os impactos variam dependendo das características macroeconômicas de cada país (KILIAN, 2008). Entre os canais amplamente pesquisados na literatura, destacam-se variáveis como a inflação e taxa de juros, por tratar-se de um insumo fundamental dentro do processo produtivo (DOĞRUL; SOYTAS, 2010). Dessa forma, espera-se que aumentos no preço de petróleo tendem a aumentar os custos de produção e, portanto, possam ter efeitos inflacionários que, por sua vez, podem ter impactos sobre a política monetária (COLOGNI; MANERA, 2008).

Outros canais de transmissão amplamente debatidos na literatura são a taxa de câmbio e seu impacto na produção industrial assim como em outros setores da economia. Para países exportadores de petróleo, aumentos no preço geram uma maior entrada de dólares o que pode

³ O aumento da oferta de petróleo a fins de 2014 tem sido associada a exploração e produção de petróleo não convencional, principalmente de Estados Unidos e o Canadá (RIBEIRO et al., 2015)

causar uma apreciação cambial; o contrário espera-se que aconteça para países importadores (AMANO; NORDEN, 1998).

Por sua vez, aumentos no preço do petróleo tendem a impactar de forma assimétrica os diversos setores da economia. Segundo, Hammoudeh, Dibooglu e Aleisa (2004), os setores mais impactados são aqueles relacionados diretamente à mineração, extração e refino de petróleo, indústria de transporte e indústrias de manufatura altamente intensivas em petróleo como petroquímica, alumínio, aço, entre outras. De forma geral, os resultados da literatura empírica são inconclusos, pois os impactos dos choques nos preços do petróleo sobre a economia dependem das características macroeconômicas, energéticas e geopolíticas do país em questão.

Diante desse cenário, a Colômbia é um caso interessante a ser analisado, por ser uma economia exportadora de petróleo, ficando sujeita às oscilações no mercado mundial de petróleo. Apesar de ser um player pequeno no mercado de petróleo com 0,1% das reservas e 0,9% da produção mundial, o petróleo constitui-se no maior produto exportado do país. Segundo dados do Departamento Administrativo Nacional de Estatística (DANE), para 2022 o petróleo representou 33% de todas as exportações da Colômbia, sendo as receitas do petróleo as principais contribuintes das finanças do governo central. Segundo Martínez (2016), na última década a atividade petrolífera contribuiu em média com 15,6% das receitas do governo. Portanto, choques no preço do petróleo impactam a economia colombiana por diversos canais de transmissão como taxas de câmbio, juros, inflação, entre outros. Em termos setoriais, pode ser esperado que choques no preço do petróleo impactem assimetricamente os setores produtivos da economia colombiana. De acordo com a literatura, aumentos no preços do petróleo tendem a aumentar os custos de produção afetando em maior medida setores nos quais o petróleo e seus derivados são matérias-primas fundamentais no processo de produção. Por outro lado, variações nos preços do petróleo tenderiam a impactar indiretamente os setores produtivos por meio da sua influência sobre variáveis macroeconômicas como taxas de câmbio e de juros.

Portanto, determinar como os diversos choques do preço do petróleo impactam a economia colombiana torna-se fundamental. Embora, exista uma crescente literatura que procura analisar como variações no preço do petróleo impactam a economia colombiana, não há estudos que levem em consideração características do preço do petróleo como as variações associadas a choques prolongados de oferta ou demanda. Um exemplo deste tipo de choque foi o superciclo ou “boom” das commodities, o qual iniciou-se em 2003 e perdurou até meados de 2014. O superciclo foi associado a fatores como o aumento na demanda da China por estes insumos, assim como a chamada financeirização das commodities, ocasionaram um aumento nos preços das commodities incluindo o petróleo que experimentou um crescimento no preço

superior a 100%⁴.

Com o fim do superciclo, o preço do petróleo teve uma queda prolongada que afetou a maioria das economias exportadoras desta commodity que afrontaram um declínio significativo no ritmo do crescimento econômico. Portanto, determinar e analisar possíveis assimetrias, em termos de impacto e duração, entre choques negativos e positivos do preço do petróleo sobre a economia torna-se fundamental.

Assim, esta tese tem como contribuição analisar os impactos assimétricos dos choques do preço do petróleo na economia colombiana a nível macroeconômico e setorial no período 2000 a 2019⁵, a partir de um modelo vetor autorregressivo com mudança de regime. Nesta abordagem, considera-se uma função de transição para a mudança de regime e dessa forma obtém funções resposta ao impulso não linear. Com esta análise é possível determinar os principais canais de transmissão, assim como as assimetrias de choques positivos e negativos no preço do petróleo sobre a economia.

A nível macroeconômico, dada a elevada participação do petróleo nas exportações colombianas espera-se que a taxa de câmbio seja uma das principais variáveis impactadas ante choques do petróleo, assim como o próprio índice de atividade da economia. Por sua vez, dada a estrutura produtiva e o consumo energético setorial, pode ser esperado que os setores primário e secundário sejam mais sensíveis ante choques no preço do petróleo, pois este constitui-se matéria prima em diversas cadeias produtivas como a petroquímica ou a agrícola.

1.1 Estrutura da Tese

Após esta introdução a tese encontra-se estruturada da seguinte forma: No Capítulo 2 são apresentadas as características do mercado do petróleo a nível internacional, com ênfase da sua influência na economia colombiana. Por meio de uma abordagem de projeções locais com mudança de regime, no Capítulo 3 é analisado o impacto assimétrico dos choques do preço do petróleo sobre diversas variáveis macroeconômicas na Colômbia durante o período 2000-2019. No Capítulo 4 determina-se empiricamente como os choques no preço do petróleo impactam assimetricamente os setores produtivos da economia colombiana durante o período 2005-2019. Por fim, são apresentadas as conclusões da tese e trabalhos futuros.

⁴ Entre janeiro de 2003 e julho de 2008 o preço médio do barril de petróleo situou-se na faixa de US\$ 60, preço consideravelmente superior ao visto na década de noventa quando o preço médio ficou em torno de US\$ 22 (SERRANO, 2014).

⁵ Dada a queda no nível de atividade econômica causada pela pandemia COVID-19, optou-se por não incluir os anos 2020 a 2022 devido à dificuldade de isolar o efeito do choque do preço do petróleo sobre os impactos na economia.

2 Características da Indústria do Petróleo

Desde a primeira revolução industrial, alavancada pelo uso intensivo do carvão mineral na máquina a vapor, até o petróleo na segunda revolução industrial, a competitividade econômica e a qualidade de vida das pessoas têm sido amplamente influenciadas pela disponibilidade e a exploração dos recursos energéticos. De fato, durante a primeira revolução industrial o uso do carvão mineral foi fundamental no desenvolvimento da indústria moderna, constituindo-se na principal fonte de energia da época. Por sua vez, o uso intensivo do petróleo aconteceu muito posterior ao carvão pois, durante um longo período, não houve usos para este tipo de fonte líquida. O petróleo era usado somente em pequenas quantidades para fins medicinais e de iluminação (MAUGERI, 2006).

O uso intensivo de petróleo foi assentado durante a segunda revolução industrial, alavancando diversos setores industriais como o petroquímico e o automotivo. Por suas características não apenas energéticas mas também pela sua versatilidade em diversos setores, o petróleo sobrepassou ao carvão mineral constituindo-se na principal fonte de energia na matriz energética mundial.

Neste contexto, este capítulo tem por intuito discutir as principais características do mercado do petróleo, tanto no contexto internacional como na Colômbia, com o destaque para a influência do setor petrolífero na economia colombiana.

2.1 Contexto Internacional da Indústria do Petróleo

Para analisar o contexto da indústria do petróleo a nível internacional é importante considerar pelo menos quatro aspectos: características do mercado do petróleo, as reservas disponíveis, os principais países produtores e o consumo mundial de petróleo. Destes aspectos é possível determinar a estrutura do mercado, os principais players, assim como a origem dos choques nos preços do petróleo.

2.1.1 Características do Petróleo

Segundo Clo (2000), para entender a dinâmica do mercado, políticas e tendências dos preços do petróleo, é necessário considerar uma série de características e condições básicas. A primeira está relacionada à sequência de etapas que formam coletivamente a indústria do petróleo, desde a parte de extração até a comercialização, que podem ser descritas como:

- Mineração, incluindo todas as atividades desde a primeira prospecção geofísica até a produção.
- Captação e armazenamento de petróleo, comercialização do petróleo ou os produtos derivados do petróleo.
- Transporte das áreas de produção para as refinarias de petróleo e depois para as áreas de consumo.
- Refino de petróleo e distribuição de seus produtos e derivados.

Em termos de características químicas, o petróleo é uma mistura densa e viscosa de hidrocarbonetos, variando consideravelmente sua composição. Portanto, o petróleo contém tantos componentes que é difícil encontrar dois tipos idênticos. Daí a importância do chamado *marcador*¹, por terem características de referência e assim valorizá-los economicamente. Além disso, existem parâmetros internacionais, como os do *American Petroleum Institute* (API), que diferenciam suas qualidades e, portanto, seu valor². Quanto maior API um barril de petróleo tem, menos refino é necessário para obter os produtos mais caros, chamados “brancos” incluindo a gasolina. O petróleo com maior API é considerado de melhor qualidade.

Segundo Jiménez (2010a), petróleos de melhor qualidade podem ser considerados aqueles com mais de 26 graus API, os quais entram na categoria de “leves”. Por sua vez, os “intermediários” estão entre 20 e 26 graus API e os “pesados” abaixo de 20 graus API.

As petroleiras comercializam seu petróleo no mercado mundial de commodities, no mercado à vista e nas bolsas de valores. Fora e dentro das bolsas de valores, os preços do petróleo são calculados com referência a alguns marcadores, sendo que os principais são o WTI (West Texas Intermediate) e o Brent (SCHEITRUM; CARTER; REVOREDO-GIHA, 2018).

O barril de petróleo Brent é obtido pela mistura de quatro tipos de petróleo bruto: Brent, Forties, Osberg e Ekofisk, todos localizados no Mar do Norte. Trata-se de um óleo de alta qualidade (38°API), leve, considerado petróleo doce (0,37% de enxofre) que, por sua característica de bruto leve, permite a produção de gasolina. Para negociação, o Brent é uma das referências de petróleo no mercado mundial, como no Oriente Médio, Europa e África. Por sua vez, o WTI é o barril de referência nos EUA e é extraído, principalmente, dos estados do Texas, Louisiana e Dakota do Norte, considerado de elevada qualidade. A sua

¹ Um marcador de petróleo é aquele que serve de referência (benchmark) para definir o preço dos diversos tipos de petróleo bruto.

² A medida universal do petróleo é o barril. Para fins de medição comercial, cada barril equivale a 42 galões e cada galão equivale a 3,785 litros. Ou seja, um barril tem cerca de 160 litros de petróleo.

característica de 39,6 °API e 0,24% de enxofre implica propriedades melhores que o Brent. Para negociação, o WTI é a principal referência para o mercado de petróleo dos EUA.

Embora existam algumas correlações entre composição e uso, nem todos os tipos de petróleos brutos têm o mesmo preço. A diferença entre o preço à vista do petróleo bruto Brent e do WTI é chamada de spread Brent/WTI. Fatores relacionados à oferta e demanda, incluindo interrupções na produção e influências geopolíticas, podem aumentar a dispersão dos preços.

Por exemplo, o status político dos países produtores de petróleo tem um impacto significativo na produção e no preço da matéria-prima. Quando se trata de petróleos como Brent e WTI, a geopolítica tem uma influência considerável no preço. Mudanças, ou alterações políticas e econômicas em regiões da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP) ou nos Estados Unidos tem influência sobre as cotações do Brent e do WTI. Uma grande mudança política na América do Norte, por exemplo, afetaria mais o WTI do que o petróleo Brent e, provavelmente, aumentaria a diferença entre o WTI e o Brent. A Figura 1 apresenta a evolução dos preços do petróleo de referências Brent e WTI.

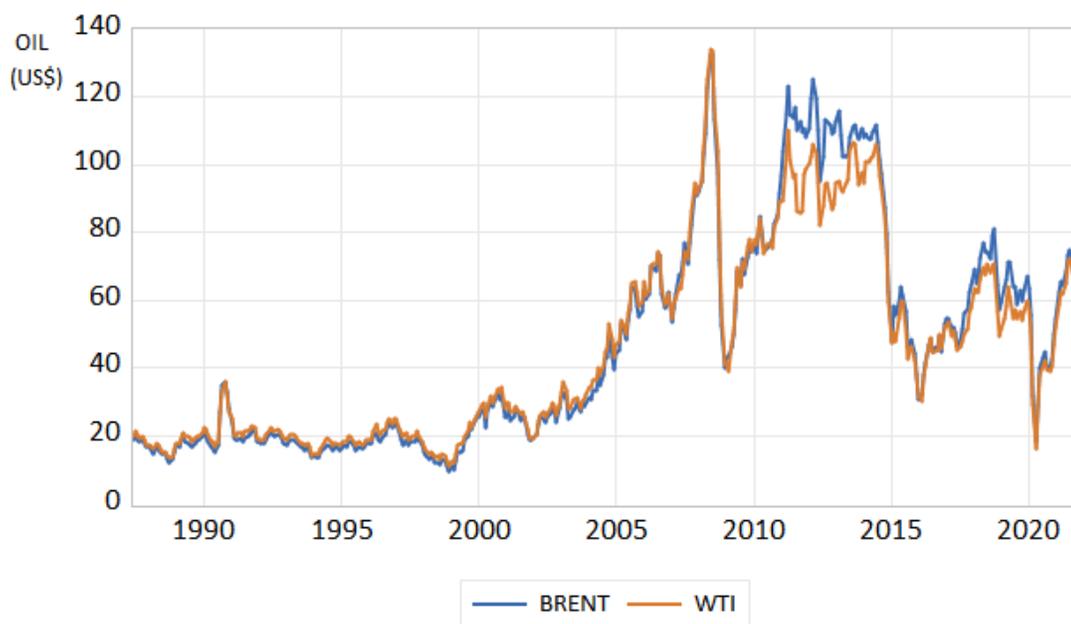


Figura 1 – Evolução do Preço do Petróleo Brent e WTI

Fonte de dados: Federal Reserve Bank of St. Louis

Na Figura 1, nota-se que os preços do petróleo de referências WTI e Brent apresentam trajetórias similares. De fato, o diferencial de preço entre os dois foi de apenas alguns dólares

a favor do Brent. No entanto, esta diferença aumentou no período 2011-2014, quando o preço médio do barril de petróleo Brent foi US\$12,5 maior do que o WTI. Esta diferença tem sido associada a fatores geopolíticos como é o caso da *Primavera Árabe*, a qual levantou temores de que a oferta de petróleo Brent fosse reduzida, o que ocasionou um aumento no preço do barril. De fato, por não ser determinado apenas por fatores de oferta e demanda, e por ser muito sensível a choques externos de natureza geopolítica, uma das características do preço do petróleo bruto é sua volatilidade.

2.1.2 Reservas de Petróleo

Em termos das reservas mundiais de petróleo, os maiores depósitos ou campos estão no Oriente Médio, Rússia, América do Norte, África, Europa Oriental e América Latina. O maior grupo petrolífero é a Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP), fundada por meio do chamado “Pacto de Bagdá” em 14 de setembro de 1960 por cinco países: Irã, Iraque, Kuwait, Arábia Saudita e Venezuela. Nos anos seguintes se juntariam a OPEP outros membros, como Catar (1961), Indonésia (1962), Líbia (1962), Emirados Árabes Unidos (1967), Argélia (1969), Nigéria (1971), Equador (1973) (FATTOUH, 2007).

Os demais países produtores são chamados de “independentes” e entre os principais estão Reino Unido, Estados Unidos, Noruega, México e Rússia, sendo que, Estados Unidos é o maior consumidor de petróleo e ao mesmo tempo um dos principais produtores. Os países com maior crescimento de consumo nos últimos anos são China e Índia. A Colômbia faz parte do grupo dos produtores independentes, embora sua participação seja considerada marginal tanto nas reservas como na produção e nos volumes de exportação (JIMÉNEZ, 2010a).

Como apresentado na Figura 2, a região do Oriente Médio apresenta as maiores reservas de petróleo (48,65%), sendo Arábia Saudita um dos países com maior reserva comprovada de petróleo a nível mundial, em torno de 17,2%. Nesta região, Irã e Iraque também apresentam reservas consideráveis em torno de 9,1% e 8,4%, respectivamente. Por sua vez, a América do Sul e América Central dispõem de 19% das reservas mundiais, sendo a Venezuela o país com maior reserva de petróleo comprovada, em torno de 17,5%, o Brasil tem em torno de 0,7% e Colômbia 0,1%. Na região da América do Norte, destaca-se o Canadá que possui em torno de 9,7% das reservas mundiais, seguido pelos Estados Unidos com 4,0%. No total os países membros da OPEP possuem 70,1% das reservas mundiais de petróleo.

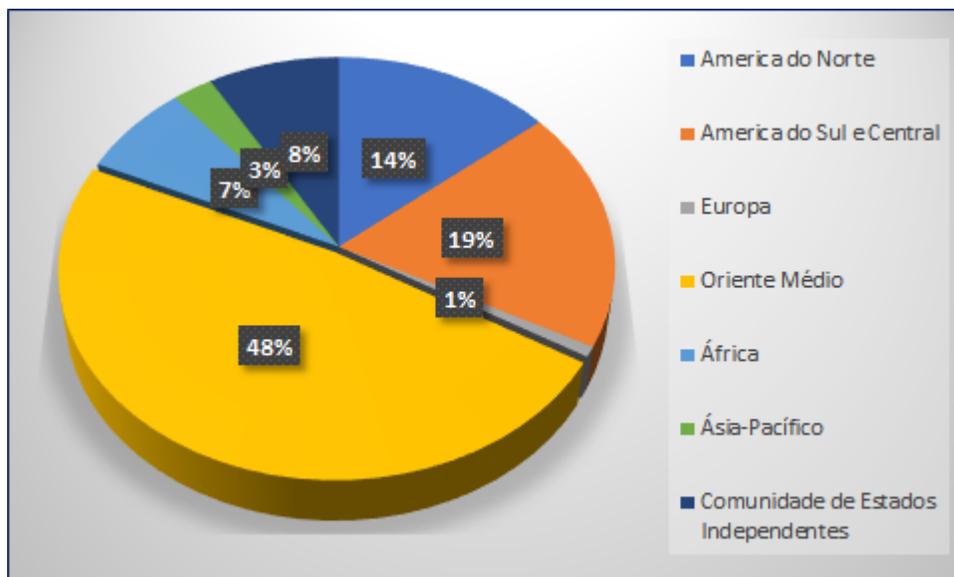


Figura 2 – Reservas de Petróleo por Região 2021

Fonte de dados: Statistical Review of World Energy (BP, 2021)

2.1.3 Produção de Petróleo

A principal região produtora de petróleo é o Oriente Médio com 31,6%, a qual tem uma influência significativa sobre os preços do petróleo. A Figura 3 apresenta a produção de petróleo por região em 2020.

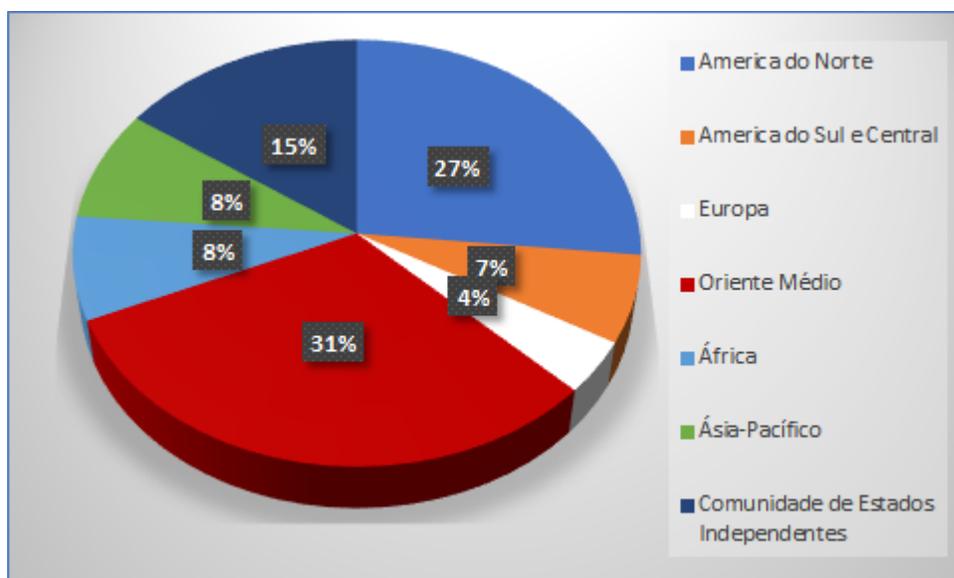


Figura 3 – Produção de Petróleo por Região 2021

Fonte de dados: Statistical Review of World Energy (BP, 2021)

A região do Oriente Médio representa 31% da produção de petróleo, sendo Arábia Saudita e Iraque os maiores produtores desta região, com 15,5% e 4,7% da produção mundial, respectivamente. Na região da América do Norte, os Estados Unidos destaca-se como o maior produtor a nível mundial com uma participação em torno de 18,6%. De fato, a consolidação dos Estados Unidos como um dos principais produtores a nível mundial consolidou-se na década de 2009-2019 quando a produção cresceu em uma média anual de 8,9%. Por sua vez, Canadá também tem apresentado um crescimento médio de 5,3% na sua produção de petróleo na década de 2009-2019, e uma participação de 5,3% na produção mundial. Uma das razões que ajuda a explicar o crescimento da produção nos Estados Unidos e o Canadá é o aumento a exploração e produção de petróleo não convencional. Este tipo de petróleo é mais complexo de ser extraído já que encontram-se armazenados em rochas de baixa permeabilidade, chamadas de “reservatórios não convencionais”. No entanto, Ribeiro, Neto e Sene (2018), indica que devido a alta do preço do petróleo entre 2010 e 2014 foi estimulada a produção de petróleo não convencional que a pesar de ter maiores custos de produção em cenários de altas do preço do petróleo torna-se competitivo.

A América do Sul e América Central apesar de dispor em torno de 20% das reservas mundiais, somente representa 6,6% da produção mundial. De fato, a região tem apresentado uma queda na sua participação em média de 1,7% anual. Isto deve-se em grande medida à queda na produção da Venezuela que, na década de 2009-2019, apresentou uma diminuição em torno de 11,3% na média anual. Somente em 2020 o recuo da produção na Venezuela foi em torno de 40%. Países como Brasil e Colômbia apresentaram crescimentos de 3,6% e 2,8%, respectivamente, na década de 2009-2019, tendo uma participação na produção mundial de 3,4% e 0,9%, respectivamente. A Rússia constitui-se no terceiro maior produtor, com uma participação de 12,1%, ficando somente atrás dos Estados Unidos e da Arábia Saudita. Por sua vez, os países membros da OPEP, em conjunto, representam 34,7% da produção mundial de petróleo.

Além dos países, as petroleiras, as quais podem ser estatais ou privadas, são outros grandes players do mercado de petróleo. Algumas das petroleiras são chamadas de “integradas” por estarem presentes em toda a cadeia de valor do negócio, desde a exploração até a comercialização de produtos refinados, estando a companhia estatal da Colômbia (Ecopetrol) nesta categoria. Outras petroleiras são exclusivas de cada uma das fases do negócio. Ainda existem algumas com operações locais ou em diferentes nações, chamadas de multinacionais. Finalmente, existem as empresas de “serviços de petróleo” que se dedicam a atividades muito específicas dentro de cada uma das fases da produção.

2.1.4 Consumo de Petróleo

Por ser um insumo fundamental no processo produtivo e a principal fonte energética no setor de transportes a nível mundial, o consumo de petróleo tem uma relação estreita com o crescimento econômico. Em termos de consumo, as principais regiões são de fato aquelas economias com um elevado PIB. A Figura 4, apresenta o consumo de petróleo por região em 2020.

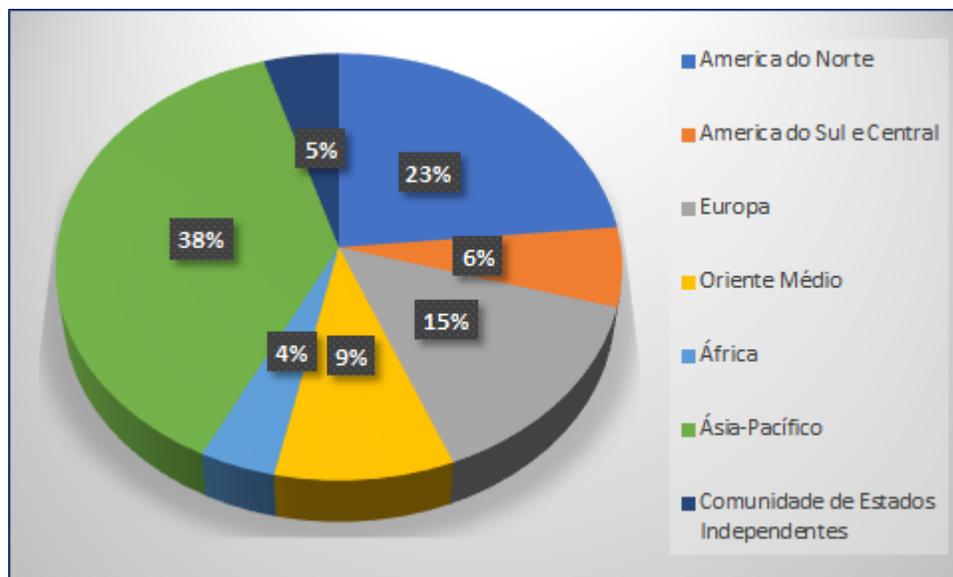


Figura 4 – Consumo de Petróleo por Região

Fonte de dados: Statistical Review of World Energy (BP, 2021)

Da Figura 4 tem-se que a região da Ásia-Pacífico é a maior consumidora de petróleo, com 38% do consumo mundial. Os principais países consumidores desta região são China, Índia, Japão e Coreia do Sul. Por sua vez, a América do Norte é a segunda maior consumidora com 23% do consumo mundial. Nesta região destaca-se os Estados Unidos, o maior consumidor de petróleo a nível mundial.

2.2 Contexto da Indústria do Petróleo na Colômbia

O petróleo constitui-se na principal fonte de energia da matriz energética colombiana. De fato, o petróleo representa em torno de 41% de toda a energia extraída na Colômbia. A Figura 5, apresenta as principais fontes de energia da matriz energética colombiana em 2020.

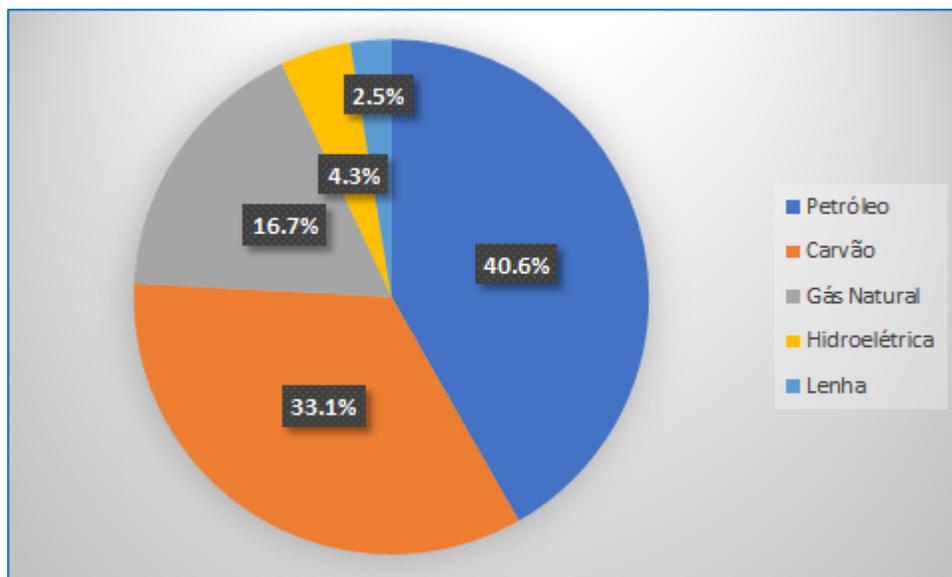


Figura 5 – Extração de Energia Primária Colômbia

Fonte de dados: Balance Energético Colombiano, 2020

Da Figura 5, as energias fósseis representam em torno de 90,5% da energia explorada na Colômbia, sendo o petróleo a principal fonte de energia, seguida pelo carvão e o gás natural. Além da sua importância energética, o petróleo é relevante na economia colombiana. Segundo dados do Banco Mundial, no período 2010-2019 a participação das receitas do petróleo no PIB foi em média de 4,4% (Figura 6).

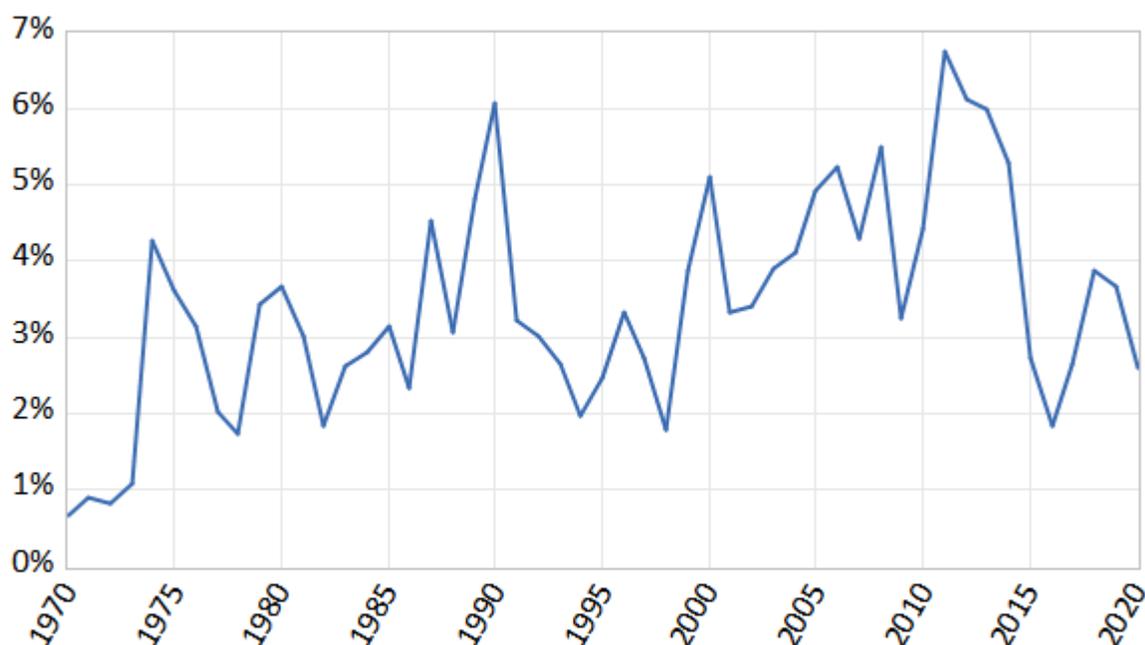


Figura 6 – Participação das receitas do petróleo no PIB

Fonte de dados: Banco Mundial, 2020

Da Figura 6, nota-se que durante o período 1970-2020, a participação das receitas do petróleo no PIB representou, em média, 3,41% do PIB ³. Além disso, nota-se que no período 2000-2014, há sucessivos aumentos como em 2008 (5,50%), 2011 (6,76%) e 2012 (6,12%), atingindo uma média no período de 4,77%. Este aumento pode estar associado com o superciclo no preço do petróleo além de outros fatores. De fato, nota-se a queda considerável da participação no PIB com o fim do superciclo, atingindo uma média de 2,90% no período 2015-2020.

Ainda, o setor petrolífero também teve uma elevada participação nas exportações totais do país. Conforme a Figura 7, em 2022, os combustíveis constituíram 56% das exportações no país, sendo que somente o petróleo representou em torno de 33,3% das exportações do país em 2022.

³ Segundo a metodologia do Banco Mundial, as rendas do petróleo são calculadas como a diferença entre o valor da produção de petróleo bruto a preços regionais e os custos totais de produção.

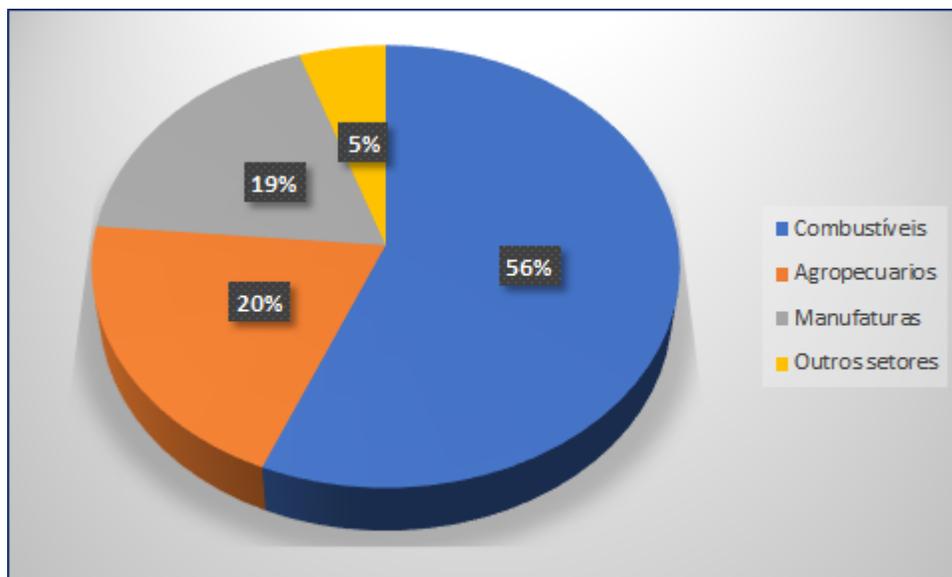


Figura 7 – Exportações por Setores da Atividade Econômica 2022

Fonte dos dados: DANE, 2022

Outro fator de destaque do petróleo na economia colombiana, refere-se a sua importância na captação de investimento estrangeiro (IED). Segundo Jiménez (2010a), no contexto nacional, um dos fatores que mais tem influenciado o crescimento do setor é o aumento da participação privada na atividade petrolífera (Figura 8).

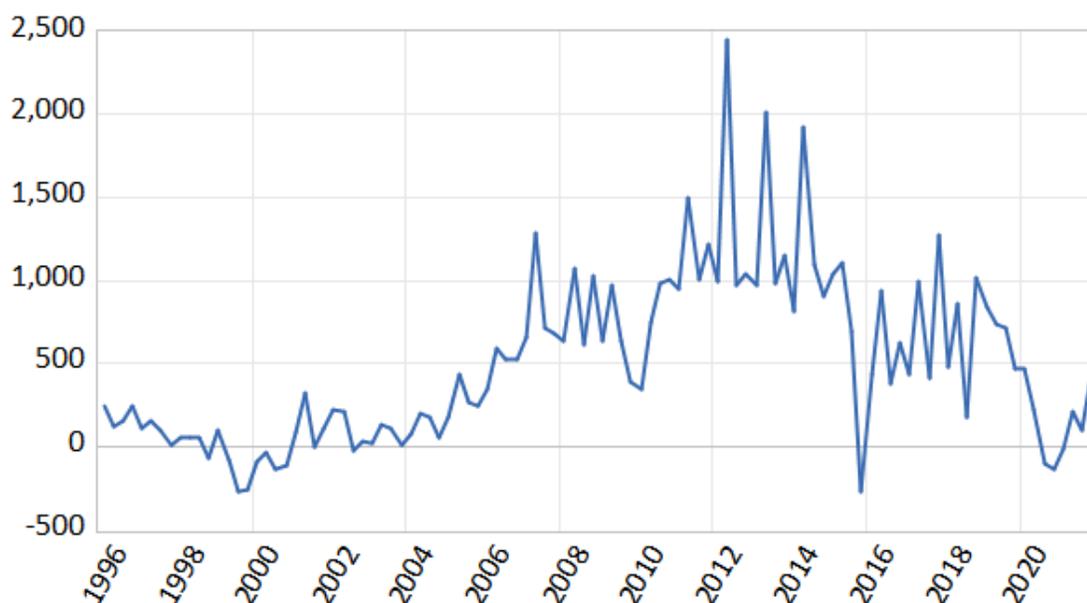


Figura 8 – Fluxo de Investimento Estrangeiro Direto no Setor de Petróleo em milhões de dólares

Fonte de dados: Banco da Republica, 2021

Como apresentado na Figura 8, durante o superciclo do petróleo nota-se um aumento considerável no fluxo do IED. O contexto de preços elevados do petróleo teve um impacto positivo sobre as atividades exploração e produção de hidrocarbonetos. No que se refere às reservas, o aumento da atividade exploratória foi complementado com reavaliações de campos e adição de novas reservas certificadas, levando a aumentar as reservas de petróleo em cerca de 63%, passando de 1.550 para 2.500 milhões de barris no período 2003-2013 (JIMÉNEZ, 2010a).

2.2.1 Ecopetrol e Legislação Petrolífera na Colômbia

Em 25 de agosto de 1951, foi fundada a Empresa Colombiana de Petróleos S.A, vinculada ao Ministério de Minas e Energia da Colômbia, atualmente denominada Ecopetrol. A empresa assumiu os ativos revertidos da *Tropical Oil Company*, que em 1921 iniciou a atividade petrolífera na Colômbia com a produção do campo *La Cira-Infantas*⁴.

⁴ Segundo Reyes (2019), La Cira-Infantas é considerado o campo petrolífero mais antigo do país. Sua descoberta em 1918 foi dada através da Concessão de Mares, com a perfuração do poço Infantas 2. Em 1939 atingiu a maior produção de sua história com 64.971 barris de óleo por dia. Em 25 de agosto de 1951, a Concessão de Mares foi encerrada, dando lugar ao nascimento da Ecopetrol.

Segundo Serje e Steiner (2011), desde sua origem em 1951 a Ecopetrol atuou na cadeia do petróleo como empresa industrial e comercial do estado, responsável pela gestão dos recursos hidrocarbonetos do país, e cresceu na medida em que outras concessões reverteram e incorporavam-se à sua operação.

A base da legislação petrolífera da Colômbia foi estabelecida em 1974 por meio do Decreto Legislativo 2310. Por meio deste decreto, a exploração de petróleo na Colômbia realizava-se, principalmente, através da companhia estatal Ecopetrol e por meio dos contratos de associação celebrados entre a Ecopetrol e empresas estrangeiras. Segundo a legislação dos contratos de associação, a Ecopetrol tornava-se sócia da empresa que tinha sucesso na exploração de petróleo, com a obrigação da Ecopetrol participar com 50,0% dos investimentos necessários para o desenvolvimento da produção (SÁNCHEZ, 2004).

No entanto, no final da década de 1990, as atividades de exploração e produção de petróleo apresentaram quedas consideráveis (Figura 9), além de diminuição das reservas de petróleo. Em resposta à situação crítica da atividade petrolífera, a partir do Decreto 1.760, de 26 de junho de 2003, o governo colombiano reestruturou a Ecopetrol e foi criada a Agência Nacional de Hidrocarbonetos (ANH).

A ANH passou a exercer as funções de regulação e administração dos recursos petrolíferos da Colômbia. Dessa forma, procurava-se tornar competitiva a Ecopetrol, já que passava a atuar exclusivamente no negócio petrolífero em todas as fases da cadeia, concorrendo em igualdade de condições com outras empresas do setor. Além disso, foi substituído o contrato de associação pelos contratos de exploração e produção (E&P) e de avaliação técnica (TEA). Este novo sistema de contratos, regulados e administrados pela ANH, procuram fornecer maior autonomia às empresas estrangeiras para realizarem atividades de exploração e produção do petróleo na Colômbia, procurando-se com isto aumentar o investimento estrangeiro no setor.

Com a reestruturação da Ecopetrol e a criação da ANH, a exploração de petróleo mais que triplicou, passando de 28 poços exploratórios em 2003 para 96 em 2008 (Figura 9).

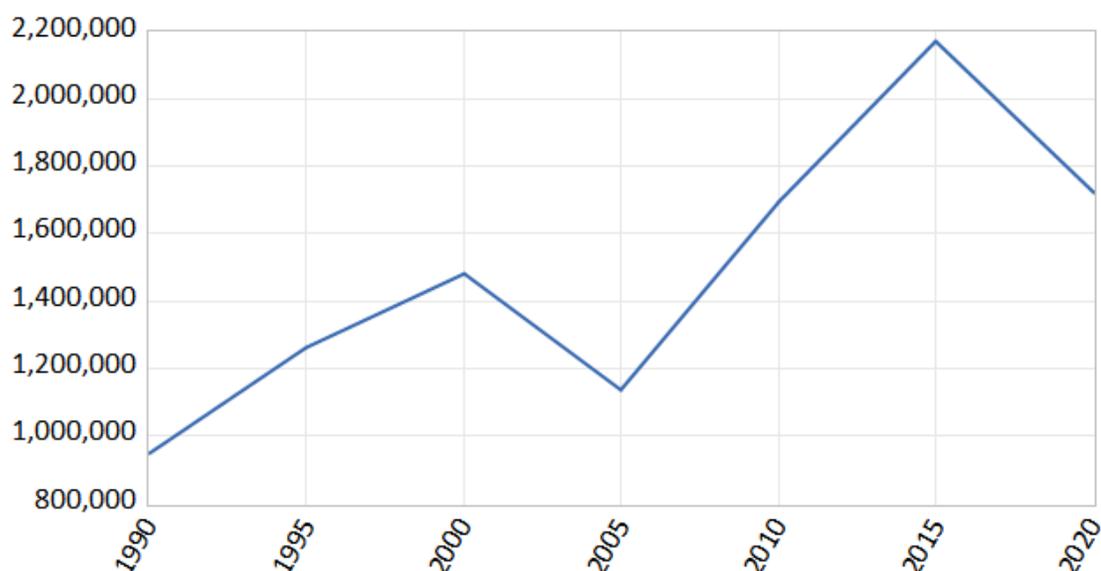


Figura 9 – Produção de Petróleo na Colômbia

Fonte dos dados: EIA, 2022

Como pode ser observado na Figura 9, a produção de petróleo na Colômbia, aumentou significativamente a partir de 2005, mantendo um ritmo crescente até finais de 2015, período onde finaliza o superciclo desta commodity.

A Lei 1.118 de 2006 permitiu a capitalização da Ecopetrol em torno de 10% com recursos privados em 2005⁵. Segundo Aguilar, Cortés e Olivera (2013), as mudanças registradas na última década aumentaram significativamente a importância do petróleo na economia colombiana, o que se reflete nas receitas públicas tanto no nível central quanto no territorial. Da receita do governo, a atividade petrolífera contribuiu em média com 15,6% entre 2011 e 2014, enquanto os royalties do petróleo aumentaram sua participação na receita dos entes territoriais de um patamar de 7,5% em 2005 para 18,7% em 2012. Por sua vez, a participação da atividade petrolífera no PIB total aumentou de 3,9% para 5,2% entre 2005 e 2014 (TORO et al., 2015).

De fato, os recursos derivados das atividades petrolíferas na Colômbia vêm abastecendo as finanças públicas por meio dos recursos gerados pela ANH e a Ecopetrol. Esses recursos são provenientes da produção de petróleo bruto e das atividades de refino e comercialização de combustíveis derivados do petróleo. Em termos de produção, na etapa de contratação são gerados recursos por meio dos contratos de avaliação técnica, exploração e

⁵ Em 2011 foi realizada uma segunda capitalização da empresa de 10% adicional.

produção e dos royalties. Na etapa de produção e refino são gerados recursos através das receitas da Ecopetrol e dos impostos. Nas seções apresentadas a seguir, são detalhados o sistema de contratação petroleira atual da Colômbia e a forma como geram receitas.

2.2.2 Contrato de Avaliação Técnica (TEA)

O contrato TEA tem como principal objetivo avaliar o potencial hidrocarboneto de uma área e identificar perspectivas de celebração de eventual contrato E&P sobre parte ou toda a área contratada. Este tipo de contrato aplica-se às áreas livres e especiais, para processos competitivos ou contratações diretas.

Com este tipo de contrato, a empresa pode realizar atividades de exploração de superfície de geologia, poços estratigráficos, aerofísica, entre outras, com duração máxima de 36 meses em áreas continentais e 36 meses em áreas offshore, conforme programa de trabalho. Além disso, pode realizar suas atividades de exploração de forma autônoma sob sua exclusiva responsabilidade operacional, com direito prioritário à assinatura de um contrato de E&P.

Nos contratos TEA, a empresa reconhecerá e pagará à ANH um único direito econômico em dólares, para cada um dos 240.000 hectares da área desde que sua duração seja inferior a vinte meses. Caso a duração do contrato seja superior a vinte meses, o valor desse direito econômico será proporcional ao número de meses adicionais para cada um dos 240.000 hectares nos polígonos A e B.

2.2.3 Contrato de Exploração e Produção (E&P)

Segundo este tipo de contrato, a empresa tem a autonomia de construir e ser a proprietária das instalações nas quais são realizadas as atividades de exploração e produção. Além disso, a empresa tem os direitos de produção, após fazer pagamentos de royalties e impostos, e a ANH por receitas adicionais, quando o preço internacional do petróleo de referência exceder um determinado nível.

A partir do contrato de E&P, é concedido a empresa o direito de explorar a área contratada e de produzir os hidrocarbonetos convencionais de propriedade do estado que sejam descobertos na referida área. Segundo o Decreto 1.760, o período de exploração terá a duração de seis anos com extensões de até quatro anos.

Os contratos de exploração e produção estabelecem direitos em favor da ANH decorrentes do uso do subsolo e dos altos preços de mercado. Sobre o uso do subsolo, para cada fase do período de exploração, a empresa deve pagar à ANH uma taxa em dólares, que resulta da multiplicação do número de hectares da área contratada e período de concessão (Para

maiores detalhes ver Aguilar, Cortés e Olivera (2013).

Por sua vez, a receita recebida pela ANH por altos preços de mercado é estabelecida conforme a produção acumulada de hidrocarbonetos líquidos na área contratada, e caso o preço do petróleo bruto WTI ultrapasse o preço base P_0 . Além disso, dependendo do grau API do petróleo bruto, a contratada deverá entregar à ANH uma participação na produção líquida de royalties de acordo com:

$$R = [(P - P_0)/P] * L \quad (2.1)$$

em que R= Receita a entregar a ANH, P= Preço do barril de petróleo WTI, P_0 = Preço de referência, L= Percentual de participação.

O preço base P_0 , é classificado da seguinte forma:

- Para graus API > de 29° , $P_0 = \text{US } \$ 31,29$.
- Para graus API > que 22° e \leq a 29°, $P_0 = \text{US\$ } 32,50$.
- Para graus API com descobertas localizadas a mais de 300 metros de profundidade marinha, $P_0 = \text{US\$ } 38,52$.
- Para graus API > que 10° e \leq a 15°, $P_0 = \text{US\$ } 48,14$.
- Para graus API > 29°, $P_0 = \text{US\$ } 31,29$.

O percentual de participação L depende da faixa de preço e é classificado da seguinte forma:

- Para $P_0 \leq P < 2 P_0$ o percentual de participação é 30.
- Para $2 P_0 \leq P < 3P_0$ o percentual de participação é 35.
- Para $3P_0 \leq P < 4P_0$ a porcentagem de compartilhamento é 40.
- Para $4P_0 \leq P < 5P_0$ o percentual de participação é 45.
- Para $P \geq 5P_0$ o percentual de participação é 50.

Adicionalmente, nos processos de atribuição de áreas para exploração e produção, os futuros contratantes devem oferecer à ANH uma participação na produção. Conforme a Associação Colombiana de Petróleo os contratos cedidos oferecem uma participação média na produção entre 30% e 40%.

2.2.4 Reforma ao Sistema de Royalties 2011

Até 2011, havia dois tipos de regime de royalties: os diretos e os indiretos. Os diretos eram aqueles atribuídos entre municípios e departamentos em que eram explorados recursos naturais não renováveis (80%), e esses fundos tinham que ser utilizados para atingir as metas de cobertura para financiar os projetos priorizados incluídos nos planos de desenvolvimento dos municípios produtores. Por sua vez, os indiretos eram aqueles não atribuídos diretamente aos municípios e departamentos produtores, cuja administração correspondia ao Fundo Nacional de Royalties (20%). Esses recursos eram utilizados para promover a mineração, o meio ambiente e financiar projetos de investimento regional definidos como prioritários nos planos de desenvolvimento.

Segundo o Ministério de Minas e Energia (2014), o antigo esquema de royalties apresentava uma série de ineficiências que levaram o governo central a modificá-lo, sendo as mais importantes as seguintes:

- Aprofundamento da desigualdade e pobreza: a distribuição dos recursos de royalties gerou a concentração de 80% desses recursos em entidades territoriais que representam 17% da população.
- Ineficiência: Das entidades territoriais que se beneficiaram de royalties e recursos de compensação, nenhuma conseguiu atender a todas as coberturas mínimas nos setores de educação, saúde, mortalidade infantil, água potável e esgoto.
- Uso incorreto de recursos de royalties: de 2005 a 2010, o Departamento Nacional de Planejamento (DNP) reportou 21.681 supostas irregularidades aos órgãos de controle.

Com o Ato Legislativo 005 de 2011, foi implementado um novo sistema geral de royalties (SGR). O novo SGR organizou uma distribuição de recursos tendo em conta um maior impacto em toda a população do país. Assim, os recursos do SGR são distribuídos da seguinte forma: i) 10% para o Fundo de Ciência, Tecnologia e Inovação; ii) 10% para a poupança-reforma regional; iii) até 30% para o Fundo de Poupança e Estabilização. Os demais recursos são distribuídos 20% para alocações diretas e 80% para os fundos de compensação regional e de desenvolvimento regional. Além disso, é destinado 2% ao controle da exploração e aproveitamento das jazidas e ao conhecimento e mapeamento geológico do subsolo.

2.2.5 Recursos da Ecopetrol

A Ecopetrol tem uma contribuição relevante para as finanças públicas da Colômbia. Essa contribuição é dada principalmente pelos impostos diretos via imposto de renda ⁶.

Para o ano de 2013, a contribuição de imposto de renda por conta da Ecopetrol foi de US\$ 6,8 bilhões, a maior dos últimos 7 anos, pois em 2013 foram pagos os impostos devidos em 2012, ano particularmente bom para o petróleo, superando um preço médio anual de US\$ 111 por barril. Segundo a Controladoria Geral da República (2016), as empresas do setor pagaram US\$ 9,1 bilhões em imposto de renda, ou seja, do total do setor, a Ecopetrol pagou 75%. Contrariamente à elevada contribuição do imposto sobre o rendimento evidenciada no ano de 2013, observa-se que em 2018 foi dada a menor contribuição, com US\$272 milhões onde o preço médio anual do petróleo bruto para o ano de 2017 foi de US \$55,7 por barril, um valor que certamente não é favorável para a renda da economia colombiana (FRANCO, 2021).

Por outro lado, devido à entrada em vigor da reforma tributária (Lei 1.819 de 2016), a auto-retenção de rendimentos, que substituiu o imposto sobre patrimônio *CREE* ⁷, equiparou a arrecadação. No entanto, observa-se que a receita que a Ecopetrol contribui para a nação por meio de impostos não tem um crescimento sustentado e, ao contrário, tende a diminuir, pois a soma dos impostos pagos em 2013 foi de US\$ 9,1 bilhões e em 2019 de US\$ 6,08 bilhões, apresentando um decréscimo de 33% (FRANCO, 2021).

2.2.6 Formação do preço dos combustíveis na Colômbia

A partir dos decretos 2104 de 1974 e 1736 de 1975, a regulação do preço dos combustíveis na Colômbia é realizada pelo Ministério de Minas e Energia (MME). Desde a década de setenta até finais dos anos noventa, a regulação do preço dos combustíveis estava sujeita a políticas econômicas que procuravam o controle da inflação e aumentos escalonados eram feitos em uma média de duas a três intervenções por ano, sendo a aplicação de subsídios aos combustíveis o método mais utilizado pelo MME (RINCÓN, 2012). No entanto, foi somente a partir de 1998 com as resoluções 82438 e 82439 que o MME estabeleceu uma estrutura de fixação de preços de produção, importação e distribuição de combustíveis no país como apresentado na Equação 2.2

⁶ O imposto de renda na Colômbia é um imposto de cobertura nacional que é gerado quando a soma da renda de uma pessoa ou empresa produz um aumento líquido em sua riqueza (enriquecimento) durante um ano ou período tributável.

⁷ O Imposto sobre o patrimônio para equidade *CREE* era um tributo que todas as empresas pagavam sobre seus lucros, renda que pode aumentar o patrimônio.

$$PFC = RP + IMP + TP + MCDA + CT + CP \quad (2.2)$$

em que PFC representa o preço final ao consumidor, RP é a renda do produtor que é dada por o preço de venda ao consumidor. Por sua vez, IMP são os impostos aos combustíveis, que para o caso colombiano são três impostos, sendo o primeiro o imposto de valor agregado IVA, o qual é um imposto nacional de 19% ao preço do produtor. O segundo imposto é da *sobretaxa* a gasolina o qual é um imposto departamental e por fim existe um imposto global o qual também é de caráter nacional.

Por sua vez, o TP é a taxa ao transporte dos portos de importação ou refinarias as plantas de abastecimento, $MCDA$ representam as margens de comercialização dos distribuidores atacadistas e varejistas respectivamente, CT são os custos de transporte das plantas de abastecimento até o posto de serviço e CP são os custos de perda por evaporação.

Segundo Rincón-Castro (2011), o principal intuito desta reforma foi de incentivar a entrada de novos concorrentes no mercado de combustíveis, já que assim o preço para o produtor oscilava mensalmente de acordo com as variações dos preços internacionais e da taxa de câmbio. Além disso, por meio desta reforma foi desmantelado o subsídio aos combustíveis eliminando assim importantes custos fiscais e favorecendo a competitividade da Ecopetrol.

Tem sido diversos os ajustes feitos a fixação dos preços dos combustíveis no país, desde a aplicação de subsídios de produção e importação até o aumento nos impostos, mas a estrutura segue mantendo o mesmo padrão apresentado na equação 2.2.

2.3 Conclusões

Neste capítulo, foram analisadas as principais características do mercado do petróleo, tanto no contexto internacional como na Colômbia, com o destaque para a influência do setor petrolífero na economia colombiana. Apesar de ser um player pequeno no mercado internacional do petróleo com 0,1% das reservas e 0,9% da produção mundial, o petróleo constitui-se no maior produto exportado do país representando em torno 33% de todas as exportações da Colômbia.

Além disso, foram destacadas as principais características da produção petrolífera na Colômbia, sendo a Ecopetrol empresa do estado, a principal produtora de petróleo no país. Por outro lado, a Agência Nacional de Hidrocarbonetos (ANH) é a encarregada de regular a exploração e produção do petróleo por parte de empresas estrangeiras no país. Sendo que para isso dispõe de contratos de Exploração e Produção (E&P). As royalties da atividade petrolífera e das rendas da Ecopetrol são as principais contribuintes das finanças do governo

central. Dessa forma, a análise dos efeitos do preço do petróleo sobre a economia colombiana é fundamental.

3 Canais de Transmissão dos Choques do Preço do Petróleo na Economia Colombiana

Este capítulo tem por intuito analisar o impacto assimétrico dos choques do preço do petróleo sobre diversas variáveis macroeconômicas na Colômbia durante o período 2000-2019. O uso de uma abordagem que permita analisar esta assimetria é fundamental dado que ao longo do período analisado ocorreram diversos eventos como o superciclo do preço do petróleo, as reformas na Ecopetrol, a crise econômica de 2008, entre outros.

Por meio de projeções locais proposta por Jordà (2005), e expandida por Ahmed e Wadud (2011) e Gupta et al. (2021), para modelos com mudança de regime¹, esta pesquisa propõe uma abordagem não linear que permite diferenciar entre regimes de aumento ou queda dos preços do petróleo, denominados aqui como choques positivos e negativos, respectivamente, sobre a economia colombiana e como mudanças significativas nos preços do petróleo são transmitidas à variáveis macroeconômicas como inflação, taxas de juros e de câmbio.

Dessa forma, este capítulo está organizado da seguinte forma: na Seção 3.1 é apresentada uma breve revisão da literatura empírica sobre o tema. Na Seção 3.2, são descritos os dados utilizados e suas principais características. Na Seção 3.3, apresenta-se a abordagem econométrica. Por sua vez, na Seção 3.4 são apresentados os resultados das aplicações do modelo.

3.1 Revisão Bibliográfica

Existe uma extensa literatura teórica e empírica, que procura analisar os impactos de choques dos preços do petróleo sobre o crescimento econômico. Esta literatura tem suas origens com o trabalho *“Oil and the Macroeconomy since World War II”* de Hamilton (1983). Segundo aponta Hamilton (1983), todas as recessões econômicas nos Estados Unidos, após a Segunda Guerra Mundial até a década de 1980, foram precedidas por aumentos consideráveis dos preços do petróleo. A partir desse fato, o autor analisa empiricamente, como os impactos das variações dos preços do petróleo influenciaram o crescimento econômico nos Estados Unidos durante o período 1948-1972. Utilizando uma análise de causalidade de Gran-

¹ Este tipo de abordagem permite considerar a natureza volátil dos preços do petróleo e os impactos assimétricos que isto pode causar sobre a economia.

ger, Hamilton (1983) conclui que as recessões nos Estados Unidos anteriores a 1973 foram influenciadas por um aumento exógeno no preço do petróleo bruto².

A partir do trabalho de Hamilton (1983), a literatura tem procurado determinar os principais canais de transmissão pelos quais choques dos preços do petróleo podem impactar de forma direta ou indireta a atividade econômica. Segundo Herrera, Karaki e Rangaraju (2019), existe um amplo arcabouço da literatura que procura determinar, empiricamente, os principais canais de transmissão das variações dos preços do petróleo sobre a economia. Entre os diversos canais, o autor destaca os de carácter macroeconômico: crescimento econômico, inflação, taxa de juros, taxa de câmbio, investimento e consumo agregado. Além disso, o autor coloca a existência de um arcabouço crescente que procura determinar o impacto de aumentos dos preços do petróleo a nível industrial.

Uma das discussões da literatura é que os resultados empíricos têm sido diversos em relação as características dos países analisados. Nesse sentido, Brown, Yucel e Thompson (2003), salienta a importância de diferenciar os impactos das variações dos preços do petróleo para países importadores e exportadores dessa matéria prima. Segundo o autor, aumento dos preços do petróleo pode ser considerado semelhante a um imposto cobrado a países importadores pelos exportadores, pois um aumento dos preços do petróleo reduz o poder de compra nas nações importadoras. Por sua vez, para países exportadores, aumentos dos preços do petróleo geram uma maior entrada de dólares, o que tenderá a melhorar o balanço de pagamentos.

Portanto, espera-se que aumentos dos preços do petróleo tendam a ter um efeito positivo sobre o crescimento econômico nos países exportadores e o contrário ocorra nos importadores. Embora existam assimetrias como as encontradas por Jiménez e Sánchez (2005), que analisam o caso dos países membros da OCDE para o período 1972-2001, a partir de um modelo vetor auto-regressivo (VAR), os autores estimam que entre os países importadores de petróleo, os aumentos do preço deste insumo fundamental tiveram um impacto negativo sobre o crescimento econômico, com exceção do Japão. Além disso, o efeito dos choques de preços do petróleo sobre o crescimento econômico difere entre os dois países exportadores desta matéria prima, com o Reino Unido sendo afetado negativamente por um aumento dos preços do petróleo e a Noruega beneficiando-se dele. Portanto, os autores sinalizam a importância na determinação dos canais de transmissão a nível macroeconômico para entender como aumentos dos preços do petróleo impactam o crescimento econômico.

Sendo a Colômbia exportadora de petróleo supõe-se que aumentos no preço deste insumo fundamental tenham um impacto positivo sobre o crescimento econômico, embora

² O teste de causalidade de Wiener-Granger, ou causalidade de Granger, é um teste estatístico usado para determinar se as defasagens de uma variável ajuda a prever outra (GRANGER, 1969).

seja necessário determinar os principais canais de transmissão destes choques.

3.1.1 Inflação

Asghar e Naveed (2015) indicam que teoricamente espera-se que um aumento nos preços do petróleo afete a inflação por meio de diferentes canais. O impacto direto é explicado pelos efeitos do lado da demanda: uma alta nos preços mundiais do petróleo é considerada um choque inflacionário exógeno porque a energia faz parte da cesta básica das famílias. Por outro lado, existe um efeito indireto atuando pelo lado da oferta, observado pelos preços ao produtor. Um aumento nos preços do petróleo, exerce um impacto negativo sobre a oferta de bens e serviços que leva a um aumento no custo da energia causando a redução dos insumos básicos necessários à produção de bens e serviços e, em última instância, leva a um aumento da inflação. Além disso, aumentos dos preços do petróleo podem ser traduzidos em expectativas mais altas de preços ao consumidor. Em resposta a isso, os trabalhadores podem exigir salários mais altos para compensar o declínio na renda real, o que pode levar a um aumento na inflação.

Cunado e Perez de Gracia (2005) determinam como as variações nos preços do petróleo afetaram o crescimento econômico e a inflação para os países asiáticos Singapura, Coreia do Sul, Japão, Filipinas, Tailândia e Malásia, durante o período 1971–2002. Os resultados indicam que os aumentos no preço do petróleo têm um efeito significativo sobre os índices de preços e a atividade econômica. Além disso, os autores encontraram evidências de assimetrias na relação para alguns destes países. Os autores atribuem as assimetrias encontradas ao fato de que um choque do petróleo pode ter um impacto distinto em cada um dos países devido a fatores como a estrutura tributária diferenciada.

Por sua vez, Ahmed e Wadud (2011) analisam o impacto da volatilidade do preço do petróleo nas atividades macroeconômicas e respostas monetárias da Malásia para o período 1986-2009. Por meio de um modelo SVAR (*Structural Vector Autoregressive*), os autores estimaram que os níveis do Índice de Preços ao Consumidor (IPC) diminuem com um choque positivo da volatilidade do preço do petróleo. Os autores atribuem esse resultado a incerteza gerada por aumentos da volatilidade nos preços do petróleo ser assumida como choques negativos de demanda. Isto tende à postergar o consumo de bens de capitais por parte das empresas assim como o investimento por parte das famílias.

Cavalcanti e Jalles (2013) analisam o impacto dos preços do petróleo sobre a inflação e o crescimento econômico comparando o caso dos Estados Unidos e do Brasil para o período 1975-2008. Os resultados encontrados indicam que aumentos no petróleo têm um impacto positivo sobre a inflação e uma influência negativa sobre o crescimento econômico nos Estados

Unidos. Para o Brasil esses impactos não foram significativos.

Ono (2014) analisa como o aumento de preços das commodities no período 2004-2013 impactou a inflação no Brasil. Segundo o autor choques nos preços das commodities tenderam aumentar a inflação, uma vez que o aumento destes preços elevará os custos das empresas e, conseqüentemente, pode ser repassado ao produto final. Portanto, o aumento do nível de preços diminuirá o salário real líquido, gerando uma pressão por aumento de salários por parte da classe sindical. Com o reajuste do novo salário, o custo das empresas aumentará, forçando um novo reajuste de preços por parte das empresas.

Além disso, o autor aponta a taxa de câmbio como outro canal de transmissão pelo qual o aumento nos preços das commodities impacta a inflação. Um aumento dos preços das commodities gera uma apreciação do câmbio local. Sendo o Brasil um país exportador de commodities, este irá se beneficiar do aumento dos preços externos, aumentando seu saldo exportador, e criando uma pressão para apreciação do real. A apreciação da moeda local pode gerar um pass-through do câmbio para os preços, principalmente dos bens comercializáveis, no sentido de redução da inflação.

Por meio de um modelo VAR, Ono (2014) estimou que, durante o período 2004-2013, o aumento dos preços das commodities gerou um impacto líquido positivo sobre a inflação no Brasil, embora o impacto estimado é relativamente pequeno. O autor coloca que o efeito pass-through da apreciação do câmbio sobre a inflação como uma das causas pelas quais o impacto estimado seja relativamente pequeno.

Bala e Chin (2018) pesquisam o impacto das mudanças nos preços do petróleo sobre a inflação nos países africanos membros da OPEP para o período 1995-2014. Por meio de um Painel VAR, os autores estimaram que as variações positivas e negativas do preço do petróleo estimulam a inflação, mas o impacto sobre a inflação é maior quando o preço do petróleo decresce. Além disso, os autores determinaram que a política monetária expansionista e a desvalorização da moeda reforçaram os efeitos inflacionários.

3.1.2 Taxa de Câmbio

A literatura empírica das relações do petróleo bruto com a taxa de câmbio baseia-se nas primeiras previsões teóricas encontradas por Krugman (1983) e Golub (1983), segundo as quais os preços do petróleo, após as crises de 1970, têm o poder explicativo para prever o comportamento das taxas de câmbio (JAMMAZI; LAHIANI; NGUYEN, 2015).

Krugman (1983) indica que embora seja esperado que para um país importador de petróleo, um aumento no preço leve à depreciação da moeda e a piora no balanço de pagamentos, existem fatores que devem ser levados em consideração tais como as participações

dos países nas importações e exportações para a OPEP e a elasticidade da demanda por petróleo. Por sua vez, Cuaresma e Breitenfellner (2008) sugerem que existem cinco canais possíveis através dos quais os preços do petróleo e as taxas de câmbio podem interagir: poder de compra, canal de preço local, canal de investimento, canal de política monetária e canal do mercado de moedas.

Entre a literatura empírica Amano e Norden (1998), determinam a relação entre os choques nos preços do petróleo e a taxa de câmbio nos Estados Unidos durante o período 1972-1993. Os resultados da modelagem indicam que os preços do petróleo podem ter sido a fonte dominante de choques persistentes na taxa de câmbio real nos Estados Unidos no período pós-Bretton Woods.

Brahmasrene, Huang e Sissoko (2014) examinam a relação dinâmica de curto e longo prazo entre os preços do petróleo bruto importado dos EUA e a taxa de câmbio, por meio de uma análise de causalidade de Granger, durante o período 1996-2009. Os resultados empíricos indicam que as taxas de câmbio Granger causam os preços do petróleo bruto no curto prazo, enquanto os preços do petróleo bruto Granger causam as taxas de câmbio no longo prazo. Segundo os autores, quando os preços mundiais do petróleo estão estabilizados, as flutuações cambiais e a incerteza tendem a serem mínimas.

Por sua vez, Volkov e Yuhn (2016) analisam o impacto de variações nos preços do petróleo sobre a taxa de câmbio para um painel de países exportadores composto por Rússia, Brasil, México, Canadá e Noruega no período 1998-2012. Entre os resultados encontrados, destaca-se que a volatilidade das taxas de câmbio associadas aos choques no preço do petróleo é significativa na Rússia, Brasil e México, mas é fraca na Noruega e no Canadá. Para os autores, o comportamento assimétrico da volatilidade na taxa de câmbio entre os países parece estar mais associado com a eficiência dos mercados financeiros do que com a importância das receitas do petróleo na economia.

3.1.3 Taxa de Juros

Segundo Wu e Ni (2011), aumentos sucessivos nos preços do petróleo podem impactar a taxa de juros por meio da sua influência sobre a inflação. Como apontado anteriormente, aumentos nos preços do petróleo tendem a gerar efeitos inflacionários que, dependendo da sua magnitude, devem ser contidos via política monetária. Os autores analisam empiricamente os impactos de variações nos preços do petróleo sobre a política monetária nos Estados Unidos para o período 1995-2005. Por meio de uma análise de causalidade de Granger, encontram que aumentos dos preços do petróleo Granger causam a taxa de juros. Lowinger, Wihlborg e Willman (1985) indicam que apenas aumentos significativos e extensos dos preços do petróleo

teriam um impacto significativo sobre a taxa de juros.

Cogni e Manera (2008) analisam os impactos de variações nos preços do petróleo sobre as taxas de juros para os países do G7, por meio de um modelo VAR. Os resultados empíricos mostram que há um impacto de choques inesperados dos preços do petróleo sobre as taxas de juros, sugerindo que uma resposta contracionista da política monetária é direcionada para combater a inflação e, dessa forma, os preços do petróleo poderão afetar a taxa de juros.

Kocaarslan, Soytaş e Soytaş (2020) destacam que além da influência dos preços do petróleo via inflação, há um efeito de equilíbrio real através do qual o aumento dos preços do petróleo causa um aumento na demanda por moeda. O não atendimento a essa demanda pelas autoridades monetárias leva ao aumento das taxas de juros, o que pode ter impactos negativos sobre a atividade econômica. Por sua vez, Doğrul e Soytaş (2010) verificam que existe um efeito de transferência de riqueza enfatizando a mudança no poder de compra das nações importadoras de petróleo para as nações exportadoras de petróleo. A mudança na paridade do poder de compra leva a uma redução na demanda do consumidor para as nações importadoras de petróleo e aumenta a demanda do consumidor nas nações exportadoras de petróleo. Conseqüentemente, a demanda mundial do consumidor por bens produzidos nas nações importadoras de petróleo é reduzida e a oferta mundial de poupança aumenta. O aumento da oferta de poupança faz com que as taxas de juros reais diminuam.

3.1.4 Evidência empírica para o caso da Colômbia

Dada a importância do petróleo na economia Colombiana, existe uma ampla literatura que procura analisar os impactos assim como os canais de transmissão pelos quais os choques dos preços do petróleo afetam a economia.

Jiménez (2010a) estima um modelo VAR estrutural que inclui o preço do petróleo, o índice da taxa de câmbio real e outras variáveis macroeconômicas setoriais (produção, exportações, importações e emprego) durante o período 1993-2009. Por meio da estimação de modelos VAR independentes para cada setor, substituindo a série de produção agregada pela correspondente do setor de interesse, os resultados encontrados pelos autores revelam que um aumento do preço do petróleo não tem efeitos específicos no valor agregado setorial, no emprego e nem nas decisões de exportação e importação.

Tique (2015) encontra uma relação positiva entre as variações dos preços do petróleo e atividade industrial na Colômbia para o período 1982-2013. Para o autor, aumentos no preço do petróleo podem afetar de forma significativa os custos dos insumos industriais. No entanto, esse efeito tende a ser assimétrico entre os setores, pois depende do peso dos combustíveis na estrutura de custos e da facilidade de substituí-los por outro tipo de fonte

energética. Portanto, para setores que têm essa capacidade de substituição, os efeitos indiretos das variações nos preços do petróleo, assim como o efeito no balanço de pagamentos e o aumento nas receitas tributárias do governo, acabam sendo maiores do que o aumento nos custos de produção.

Toro et al. (2015) analisam as implicações do choque negativo no preço do petróleo, a partir do segundo semestre de 2014, para a economia colombiana. Os autores determinaram que o colapso dos preços do petróleo afetou os termos de troca do país, impactando também a renda nacional, a conta corrente, a taxa de câmbio, as finanças públicas, a confiança do mercado e o risco-país, gerando uma desaceleração significativa da atividade econômica.

Melo, Ramos e Zarate (2016) analisaram como os choques positivos e negativos dos preços do petróleo impactam a economia colombiana, por meio de um modelo VAR com parâmetros variantes no tempo para o período 1987-2015. Especificamente, os autores analisaram variáveis macroeconômicas como a dívida pública, a taxa de câmbio real e a atividade econômica. Para a taxa de câmbio, o autor verificou que choques positivos no preço do petróleo não tem efeitos estatisticamente significantes para a maior parte do período analisado, a exceção de 2004 onde foi estimada uma valorização do câmbio. Para o caso dos choques negativos, o modelo indicou que para janeiro de 2015, um choque negativo no preço de 10% gerou uma desvalorização cambial de aproximadamente 8%. Para o caso da dívida pública, choques positivos não tiveram um impacto significativo. No entanto, um choque de preços negativo em janeiro de 2015 de 10% refletiria um aumento da dívida anual de até 8,9%.

Por sua vez, Francis e Restrepo-Ángel (2018) primeiro estimam um SVAR usando séries agregadas para a economia com intuito de identificar como os choques do preço do petróleo afetaram a economia colombiana durante o período 2000–2017. Em seguida, os autores utilizam o método de projeção local para estimar as respostas ao impulso dos setores de mineração, indústria e agricultura a esse choque, obtendo efeitos mistos em nível setorial. Os resultados indicaram que a produção nos setores de agricultura e mineração não é afetada pelo choque, enquanto a produção da indústria cai entre o segundo e o quinto trimestre após o choque.

Otero (2020) estima os efeitos diretos e indiretos de mudanças inesperadas nos preços do petróleo sobre os nove grandes setores em que o PIB da Colômbia pode ser dividido para o período 1994-2017. Nesta pesquisa, o autor divide os choques dos preços do petróleo entre choques de demanda e oferta. Por meio do uso de um modelo VAR estrutural, o autor encontra que apenas os choques de demanda agregada afetam significativamente a produção total da Colômbia, embora não em todos os setores. Apenas a indústria transformação e os setores de eletricidade, gás e água são significativamente afetados por ambos choques de

oferta e de demanda.

No entanto, ao considerar os efeitos indiretos, transmitidos pelas inter-relações entre setores, verificou-se que os impactos totais desses dois tipos de choques afetam os setores de construção, transporte e comércio, restaurantes e hotéis. Como o efeito é positivo, a economia colombiana se beneficia de aumentos nos preços do petróleo devido a fatores de demanda, mas responde negativamente quando ocorre a situação oposta Otero (2020).

3.2 Descrição das Variáveis

Com base nos estudos empíricos relatados anteriormente, definiu-se as variáveis a serem analisadas na modelagem. Dessa forma, nesta tese foram consideradas as variáveis preço internacional do petróleo de referência Brent (OIL) obtido do Federal Reserve Bank of St. Louis, além das variáveis macroeconômicas: índice de atividade econômica (IAE)³, taxa de câmbio (Câmbio), taxa de juros (Juros), índice nacional de preços ao consumidor (IPC), exportações (Expo), investimento estrangeiro direto (IED) e taxa de desemprego (Desemprego), obtidas do Departamento Administrativo Nacional de Estatística (DANE), e do Banco da República da Colômbia (Banrep).

Para a construção do modelo VAR, considerou-se o período de janeiro 2001 a dezembro de 2019, totalizando 228 observações, com frequência mensal⁴. Durante o período analisado ocorreu o superciclo e o contra-choque do petróleo, assim como diversos choques na economia colombiana, como a crise financeira de 2008. Devido aos efeitos causados pela pandemia COVID-19 na economia, não foi considerado o período pós 2020 dado que o objetivo desta tese é analisar o impacto dos choques do petróleo sobre as variáveis macroeconômicas.

Para fins da modelagem, as séries são utilizadas na sua forma logarítmica. O intuito dessa transformação é reduzir a heterocedasticidade, além de se obter as taxas de crescimento das séries quando tomada a primeira diferença. Os gráficos, assim como uma descrição das variáveis utilizadas na modelagem são apresentados a seguir.

3.2.1 Preço do Petróleo

A Figura 10 apresenta os preços do petróleo de referência Brent, durante 2000-2021. Neste período ocorreu o “boom” das commodities, também denominado de superciclo, em que o aumento dos preços tem sido associado a fatores como a expansão da demanda nos países

³ Na Colômbia, o índice de atividade econômica, é denominado Índice de Seguimento a Economia

⁴ O início do período em análise foi devido à disponibilidade dos dados para todas as séries consideradas na modelagem.

em desenvolvimento com especial ênfase na China, assim como ao aumento especulativo nos preços do petróleo (ARROYO; COSSÍO, 2015).



Figura 10 – Evolução do Barril de Petróleo

Nota-se que a escalada nos preços do petróleo começa em 2003, quando o preço médio do barril situou-se na faixa dos US\$ 32, valor superior ao visto nos dois anos anteriores quando o preço médio do barril ficou em torno de US\$ 22. A escalada nos preços permaneceu entre 2004 e 2005 na faixa dos US\$ 49. Em junho de 2008, ano da crise subprime, o preço atingiu o recorde histórico de US\$ 134 por barril. No entanto, em janeiro de 2009 o preço por barril caiu para US\$ 41,73, devido a recessão na economia global daquele ano. Contudo, imediatamente após a recessão econômica, os preços do petróleo se recuperaram, chegando a US\$ 120 por barril até final de 2013, sofrendo sucessivamente uma forte queda a partir de 2014, chegando a US\$ 30 em fevereiro de 2016 e em 2020 atingindo seu menor valor no período, com uma recuperação em seguida.

Segundo Arroyo e Cossío (2015), a queda dos preços durante o período de junho a dezembro de 2014 foi uma consequência do crescimento da oferta de petróleo caracterizada pela competição entre os principais produtores como Estados Unidos, Arábia Saudita e Rússia. Esta competição representou um excedente de pelo menos um milhão de barris por dia em relação ao consumo mundial de petróleo (GRIFFIN; TEECE, 2016). Estima-se que esse excesso de produção duraria no médio prazo, permitindo preços baixos do petróleo WTI e

Brent em torno de 65 e 70 dólares, respectivamente, em 2016.

No entanto, para a Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP), essa situação representava uma ameaça de perda de mercado, o que entre novembro de 2014 e junho de 2015, decidiram não diminuir a produção para estabilizar os preços com o intuito de manter o excesso de oferta e deslocar concorrentes com elevados custos de produção presentes em países como os Estados Unidos e Rússia. Este tipo de resolução tem sido uma resposta recorrente por parte da OPEP ao longo das crises de excesso de oferta (SIEMINSKI, 2014).

Por sua vez, nota-se o efeito negativo que teve a pandemia COVID 19 sobre o preço do petróleo. Ao longo de 2020 o preço alcançou seu menor valor no mês de abril, onde o preço do barril, esteve em torno de US\$ 18,35. Segundo Le, Le e Le (2021), a queda histórica do preço do petróleo foi dada tanto por fatores de oferta como de demanda. Por um lado, as restrições da pandemia afetaram a produção o que levou a quedas na oferta mas por outro lado, o lockdown também gerou uma queda considerável na demanda por petróleo. No entanto, com as flexibilizações das medidas da pandemia, em 2021 o preço do petróleo retomou a sua tendência de preços a níveis prévios à pandemia.

3.2.2 Índice de Atividade Econômica

O Índice de Atividade Econômica (IAE) incorpora as estimativas de crescimento para os setores agropecuário, industrial e de serviços, acrescidas dos impostos sobre produtos. As estimativas estão baseadas na evolução da oferta total. Existem diferenças metodológicas e conceituais entre o IAE e o PIB. O primeiro é que o IAE por ser calculado pela ótica da oferta, não adota procedimentos de balanceamento entre a demanda e oferta, enquanto que a estimação do PIB procura compor um quadro mais abrangente, equilibrando dados da oferta com os da demanda e, conseqüentemente, utilizando maior fluxo de informações do que o considerado pelo cálculo do IAE. O IAE reflete o comportamento da atividade econômica e é utilizado para a formulação da política monetária. A Figura 11, apresenta o comportamento do IAE durante o período 2000-2021. Por sua vez, a Figura 12 apresenta o comportamento do PIB.

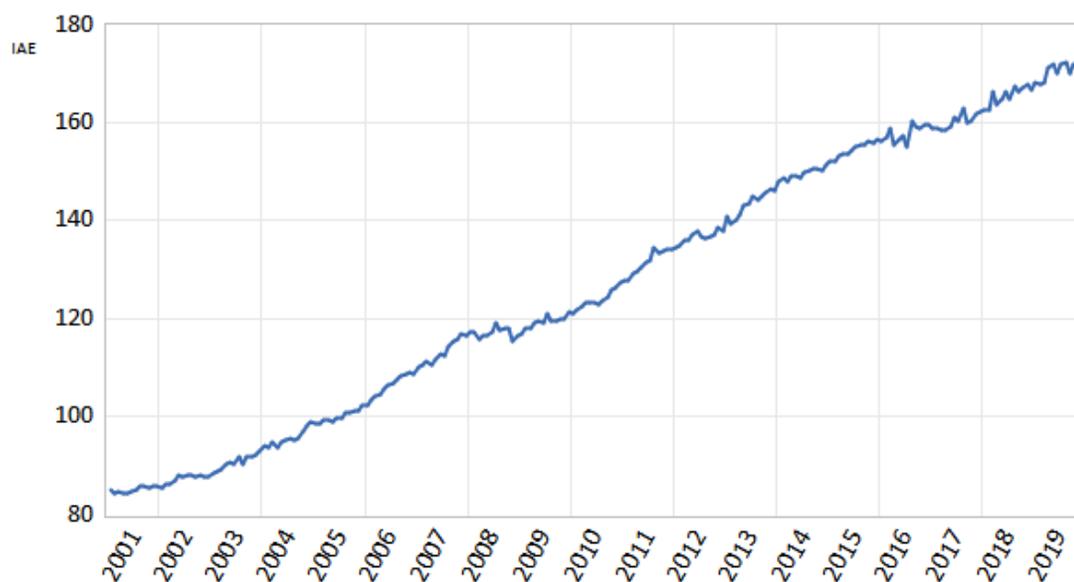


Figura 11 – Evolução do Índice de Atividade Econômica

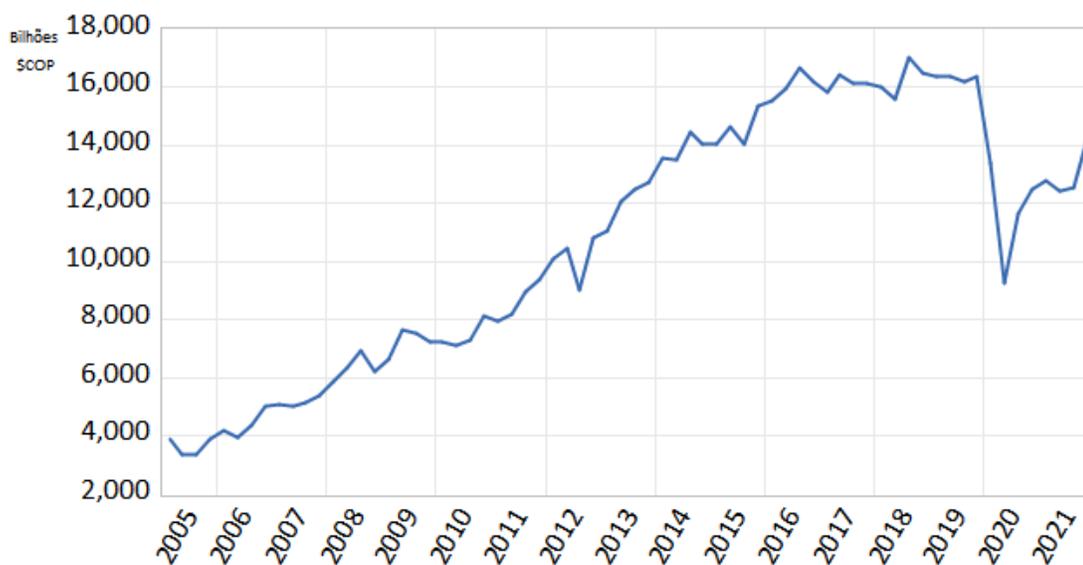


Figura 12 – Evolução do PIB

Para contextualizar o comportamento do IAE no período de análise, é necessário indicar que a década de 1990 foi caracterizada pela implementação de reformas econômicas liberais baseadas nas recomendações do Consenso de Washington para os países da América

Latina (MARCOLINO; CARNEIRO, 2010). No caso específico da Colômbia, na primeira metade da década de 1990, o produto cresceu a taxas expressivas, com desemprego e a inflação em queda. No entanto, na segunda metade da década verificou-se uma perda no ritmo do crescimento da economia, que culminou com uma queda da atividade econômica de 4,2% em 1999. Existem várias explicações para a crise econômica que a Colômbia experimentou no final da década de 1990. Monterrosa e García (2003) destacam fatores como a acumulação de desequilíbrios macroeconômicos derivados do boom do consumo público e privado⁵.

É nesse contexto econômico que começa a década de 2000, com diversas reformas para fazer frente à crise. De fato, foram feitos ajustes na política monetária e cambial⁶, assim como um ajuste fiscal. Em relação à política monetária, em outubro de 2000 foram implementadas metas de inflação por parte do Banco Central. O programa de ajuste fiscal implementado caracterizou-se por maiores impostos, redução do investimento público e a redução dos gastos de consumo.

A partir destas reformas e com um contexto internacional favorável, a economia colombiana entrou numa fase de recuperação e de crescimento sustentado. Segundo Toro et al. (2015), as condições de troca favoráveis, decorrentes dos altos preços do petróleo e de outras matérias-primas, permitiram ao país aumentar sua taxa de crescimento a partir de 2004, e obter uma rápida recuperação dos efeitos da crise financeira internacional em 2009. De fato, durante o superciclo do petróleo (2001-2014) a economia colombiana experimentou um crescimento econômico sustentado, à exceção de uma leve queda em 2008, devido a crise financeira global, e outra no final de 2014, associada ao fim do superciclo do petróleo e das commodities em geral (Figura 11).

Por sua vez, em 2020 nota-se uma queda expressiva no índice de atividade econômica, associada a pandemia COVID-2019. No entanto, em 2021 há uma recuperação no indicador da atividade econômica, embora o ritmo de crescimento ainda seja um menor ao período pré-pandemia.

3.2.3 Inflação

A escolha do IPC como medida da inflação deve-se ao fato do Banco da República da Colômbia utilizar esse índice para o regime de metas para inflação. A Figura 13 mostra a evolução deste índice no período de janeiro de 2000 a dezembro de 2021.

⁵ Este fator tem sido associado ao programa de abertura econômica iniciado no início da década de 1990, bem como a subida da taxa de juros real, associada, em parte aos níveis mais elevados de despesa pública, e a queda nos preços das matérias-primas exportadas pela Colômbia, como o café e o petróleo.

⁶ Desde 25 de setembro de 1999, a Colômbia adotou um regime de câmbio flexível, que substituiu o sistema anterior de bandas cambiais.

Como apontado na Seção 3.2.2, em outubro de 2000 começou a ser implementado o regime de metas de inflação na Colômbia. Com esse regime, o Banco da República define a política monetária levando em consideração a meta de inflação, as condições gerais da economia e suas perspectivas e o monitoramento dos agregados monetários, para que sejam consistentes com a meta de inflação estabelecida. De fato, ao longo do período analisado sobre o cenário do superciclo do petróleo a inflação teve um comportamento controlado. No entanto, entre 2014 e 2016, com um cenário econômico desfavorável e com choques climáticos, como o chamado fenômeno *El Niño*, a inflação manteve-se acima da meta determinada pelo Banco da República (ECHAVARRÍA-SOTO; TORO; ESGUERRA, 2021). Como resposta a isso, a partir de setembro de 2015, o Banco da República iniciou um ciclo de elevação da taxa básica de juros de 4,5% para 7,75% em julho de 2016, mantendo-a nesse nível por cinco meses (ECHAVARRÍA-SOTO; TORO; ESGUERRA, 2021).

Além disso, nota-se que o IPC teve uma queda no ano de 2020. Segundo Galindo e Steiner (2022), a inflação na Colômbia entre 2018 e 2019 teve um crescimento em torno 3,2%, valor abaixo da meta do Banco Central. Por sua vez, na pandemia a inflação foi entre 1,61% e 1,92% queda associada a menores consumos nos diversos setores da economia colombiana (GARCÍA; SARMIENTO; ORTEGA, 2022).

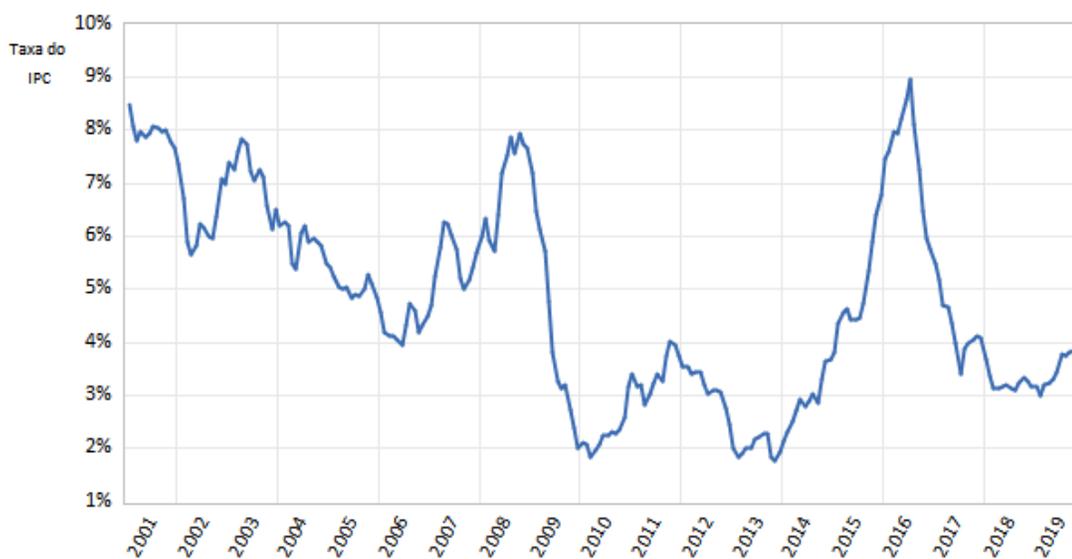


Figura 13 – Evolução da Inflação

3.2.4 Índice da Taxa de Câmbio Real

O índice da taxa de câmbio real mostra a relação entre os preços internacionais, os preços nacionais e a taxa de câmbio nominal. A sua inclusão na análise reflete a influência da política cambial sobre a atividade econômica em geral. Além disso, a literatura tem apontado a taxa de câmbio como um dos principais canais de transmissão dos choques do petróleo (SAUCEDO; GONZÁLEZ, 2019). De fato, existe uma extensa literatura que associa a alta nos preços das commodities com apreciações na taxa de câmbio e a consequente perda de competitividade nos outros setores da economia, configurando-se, assim, a denominada doença holandesa (ARROYO; COSSÍO, 2015). A Figura 14 apresenta o comportamento do índice da taxa de câmbio real na Colômbia no período 2000 a 2021.

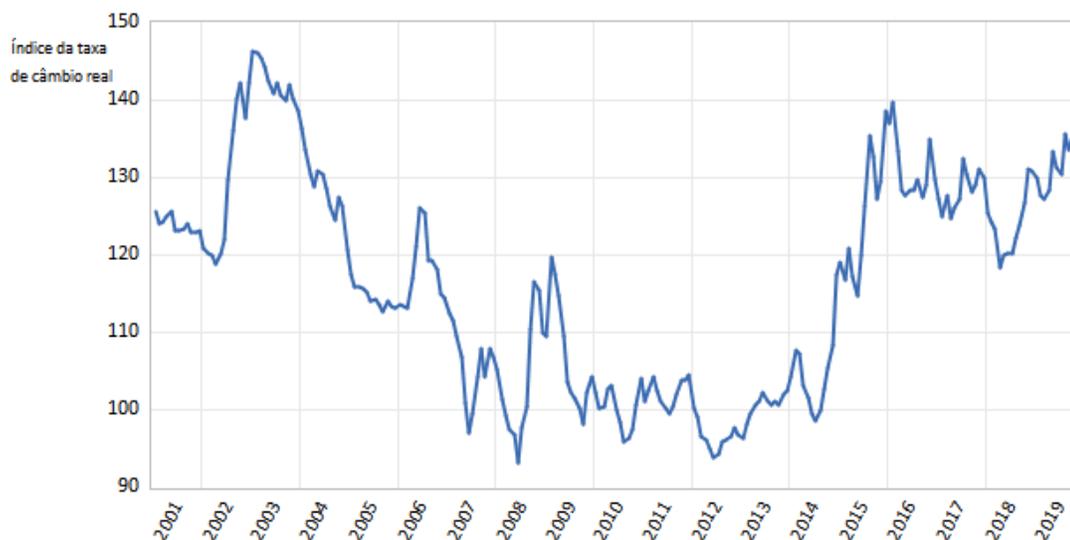


Figura 14 – Evolução do Índice da Taxa de Câmbio Real

Nota-se que a taxa de câmbio começa a década de 2000 com uma tendência crescente. Isto deve-se a política de flexibilização do câmbio adotada pelo Banco da República no início de 1999 como discutido na Seção 3.2.2.

Além disso, com o início do superciclo do petróleo e dos preços das commodities em geral, é revertida a tendência de crescimento do câmbio e começa uma trajetória de apreciação cambial, a qual somente foi interrompida brevemente durante a crise financeira de 2008. Existe uma ampla literatura a qual indica que na medida que o petróleo ganhou relevância dentro da economia colombiana, a taxa de câmbio tem sido uma das principais variáveis macroeconômicas influenciadas por mudanças no preço internacional do barril de petróleo (ARAGÓN-CALDERÓN; URBANO-URBANO et al., 2018).

Como observado na Figura 14, em 2014 encerra-se a fase de apreciação, associada a uma queda acelerada dos preços do petróleo entre 2014 e 2016, impactando o dólar com altas bastante pronunciadas. Da mesma forma, para o ano de 2018 há uma diminuição da taxa de câmbio ocasionado pela guerra comercial entre os Estados Unidos e a China, e a queda dos preços do petróleo (ECHAVARRÍA, 2020).

A partir de 2020 nota-se uma apreciação na taxa de câmbio, a qual esta associada à pandemia e fatores como uma menor entrada de dólares na economia por causa da diminuição no preço do petróleo e outras commodities que o país exporta. Isto foi uma tendência geral das economias da América Latina, para março de 2020, o real brasileiro, o peso colombiano e o peso mexicano desvalorizaram mais de 10% em relação ao dólar americano, enquanto as moedas do Chile e do Peru desvalorizaram cerca de 5% (GALINDO; STEINER, 2022).

3.2.5 Taxa de Juros

A taxa de juros é incluída na análise para determinar a influência da política monetária sobre a atividade econômica e sobre o comportamento econômico em geral. A Figura 15 apresenta a evolução da taxa de juros na Colômbia de 2000 a 2021.

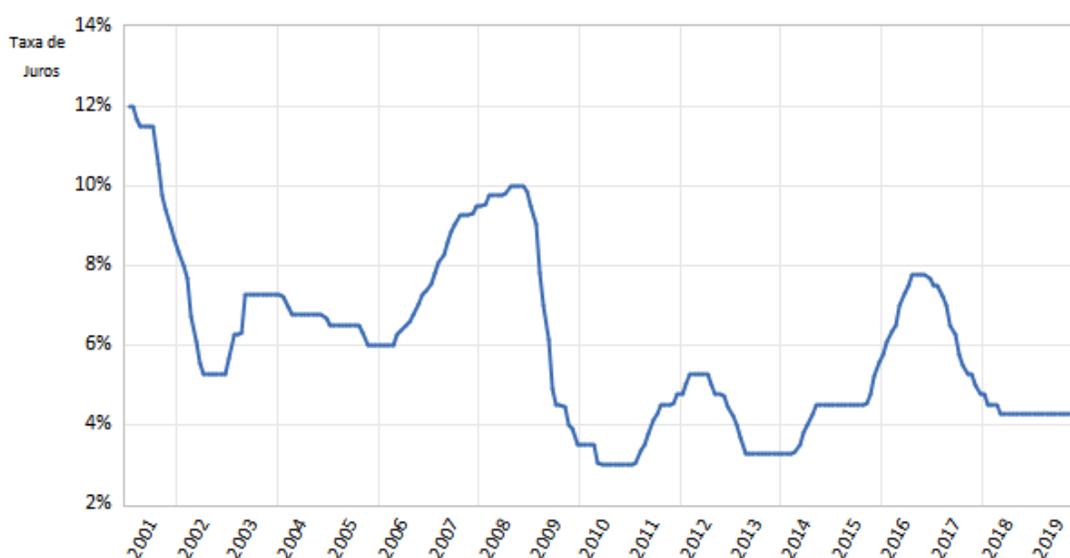


Figura 15 – Evolução da Taxa de Juros

Para o ano de 2000, a taxa de juros média anual foi de 11,94% de acordo com as políticas adotadas para enfrentar a crise no final da década de 1990. No entanto, de acordo

com a Figura 15, verifica-se uma tendência de queda a partir de 2002 a qual foi interrompida em 2007, atingindo o valor de 9,72%.

Em 2009, a taxa caiu acentuadamente de 9,72% para 6,08%, como resultado da política anticíclica para enfrentar a crise financeira internacional de 2008 (CARDOSO; SALAZAR, 2019). Entre maio de 2010 e fevereiro de 2011, período em que a taxa de juros na Colômbia atingiu 3%, houve uma recuperação da economia do país após a crise imobiliária nos Estados Unidos em 2008, que repercutiu na economia colombiana e nos mercados emergentes. A partir de 2011, a taxa de juros ficou entre 3,62% e 6,78% (CARDOSO; SALAZAR, 2019).

Por sua vez, durante a pandemia nota-se uma queda na taxa de juros para 1,75%, a qual foi uma medida do Banco da República para dinamizar a economia durante o período da pandemia.

3.2.6 Taxa de Desemprego

A taxa de desemprego na Colômbia é um indicador que mede a evolução no tempo da proporção de pessoas que, em idade ativa, não estão empregadas, sendo estimada pelo Departamento Administrativo Nacional de Estatística (DANE). A Figura 16 apresenta a evolução da taxa de desemprego na Colômbia no período de janeiro de 2001 a dezembro de 2020, devido à disponibilidade dos dados de taxa de desemprego.

Nota-se uma queda na taxa de desemprego no período do superciclo, passando de 17% a 11%, mas a diferença de outras variáveis macroeconômica, após o superciclo das commodities a taxa de desemprego continuou sua tendência de queda.



Figura 16 – Evolução da Taxa de Desemprego

3.2.7 Exportações

A série de exportações é incluída na análise devido a participação relevante do petróleo sobre as exportações na economia colombiana. A Figura 17, apresenta o comportamento das exportações na Colômbia de janeiro de 2001 a dezembro de 2020. Segundo a Figura 17, nota-se um aumento nas exportações no período do superciclo das commodities, com a exceção da crise financeira de 2008, quando houve uma queda, devido às exportações de produtos primários que representam em torno de 68% do total de exportações da Colômbia (DANE, 2022).

Além disso, nota-se uma queda expressiva nas exportações com o fim do superciclo. Embora, este fato aconteceu com a maioria dos países exportadores de commodities, a Colômbia foi um dos países mais afetado pelo fim do superciclo (BÉJAR, 2017). Segundo Béjar (2017), ao impactar simultaneamente setores de carvão, ouro, ferroníquel, petróleo e agrícola, o país registrou perdas estimadas em torno de 30 bilhões (50% da suas exportações, representando em torno de 8% do PIB).

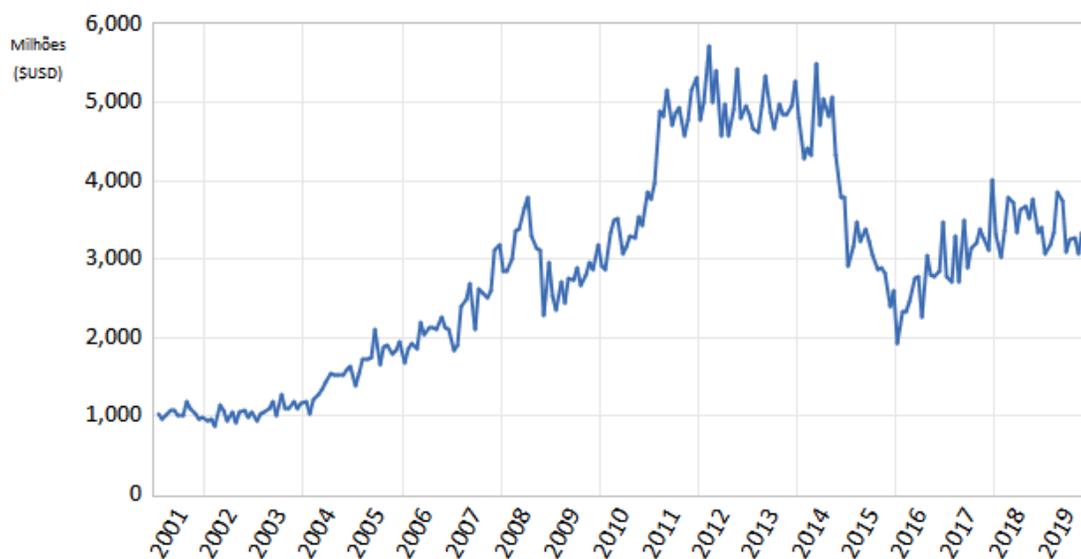


Figura 17 – Evolução das Exportações

3.2.8 Investimento Estrangeiro Direto

Como abordado no Capítulo 2, o investimento estrangeiro direto teve um aumento significativo no período do superciclo e esta foi uma tendência nos países exportadores de matérias-primas. A Figura 18 apresenta o comportamento do investimento estrangeiro direto na Colômbia para o período de janeiro de 2001 a dezembro de 2019.

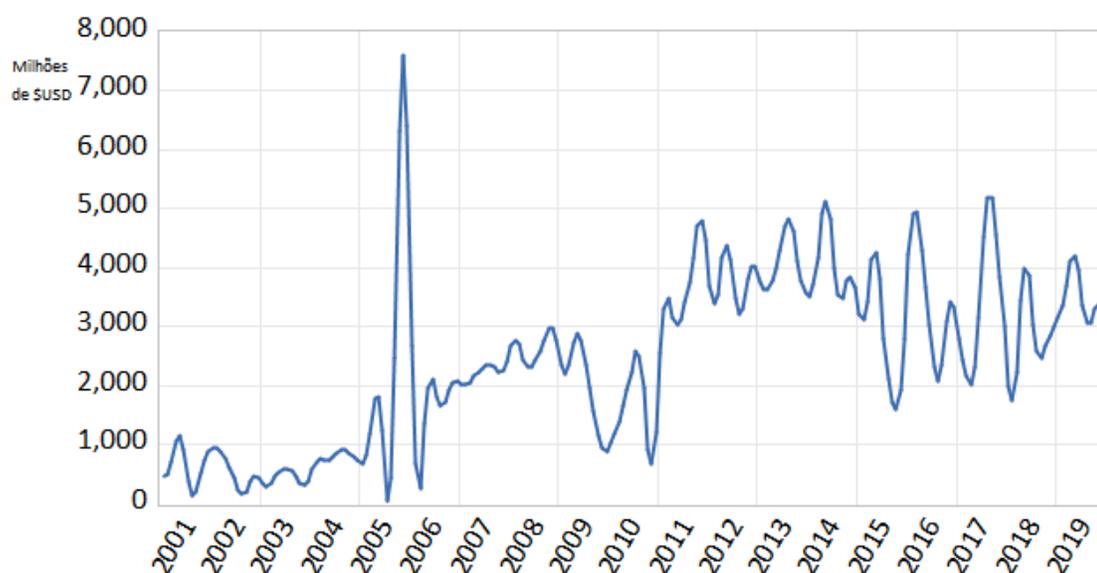


Figura 18 – Evolução do Investimento Estrangeiro Direto

Segundo, Jiménez (2010a), para o caso da Colômbia, o dinamismo da atividade petrolífera foi um fator determinante no aumento do fluxo do investimento estrangeiro no país. Como observado na Figura 18, há um pico entre os anos de 2005-2006, associado às mudanças na Ecopetrol que favoreceu o investimento estrangeiro no setor petrolífero. Nota-se também que a partir de 2011, o nível do IED ficou em torno de 3 milhões de dólares, porém com oscilações mais acentuadas a partir de 2015.

3.3 Modelagem

Na revisão da literatura empírica abordada na Seção 3.2, verificou-se que na maioria dos estudos abordagens multivariadas, especificamente modelo vetor autoregressivo (VAR) e suas variações, têm sido empregadas para analisar como os preços do petróleo impactam a economia. Em modelos VAR um conjunto de variáveis são tratadas como endógenas, sendo relacionadas contemporaneamente e nas suas defasagens de forma linear.

Segundo Bueno (2015), pode-se expressar um modelo autorregressivo, na sua forma estrutural, de ordem p por um vetor com n variáveis endógenas conectadas entre si por meio de uma matriz A , da seguinte forma.

$$AY_t = B_0 + \sum_{i=1}^p B_i Y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (3.1)$$

em que A é uma matriz $n \times n$ que define as restrições contemporâneas entre as variáveis que constituem o vetor Y_t , $n \times 1$; B_0 é um vetor de constantes $n \times 1$; B_i são matrizes $n \times n$ de coeficientes associados aos valores defasados das variáveis, tal que $i = 1, 2, \dots, p$, sendo p a ordem da defasagem; e ε_t é um vetor $n \times 1$ de choques aleatórios não correlacionados entre si contemporânea ou temporalmente, isto é, $\varepsilon_t \sim i.i.d.(\mathbf{0}, \Sigma)$, com Σ a matriz de covariância dos erros. Neste trabalho, $n = 8$, sendo a matriz A de dimensões 8×8 , e o vetor $Y_t = [\Delta OIL_t, \Delta Câmbio_t, \Delta IPC_t, \Delta Juros_t, IED_t, \Delta Desemprego_t, \Delta Expo_t, \Delta IAE_t]$.

A Equação (3.1), representa o VAR na sua forma estrutural, de forma que choques aleatórios estruturais afetam individualmente cada uma das variáveis endógenas (ENDERS, 2009). Analisar a trajetória da série após um dado choque estrutural constitui um dos principais objetivos da análise por meio de modelos VAR (BUENO, 2015).

No entanto, o modelo VAR na sua forma estrutural apresenta endogeneidade entre as variáveis, o que torna os estimadores de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) viesados⁷. Uma forma de tratar este problema é transformar a equação estrutural para sua forma reduzida, multiplicando a Equação (3.1) pela matriz inversa de A :

$$Y_t = A^{-1}B_0 + \sum_{i=1}^p A^{-1}B_i Y_{t-i} + A^{-1}\varepsilon_t \quad (3.2)$$

sendo que a Equação (3.2) pode ser reescrita como:

$$Y_t = \Phi_0 + \sum_{i=1}^p \Phi_i Y_{t-i} + e_t \quad (3.3)$$

em que $\Phi_i = A^{-1}B_i$, sendo $i = 0, 1, \dots, p$ e $e_t = A^{-1}\varepsilon_t$.

Desta forma, a estimação por MQO gera estimativas consistentes e assintoticamente eficientes, embora ainda exista correlação contemporânea entre os erros das equações. Como o objetivo do modelo VAR é avaliar a trajetória das séries diante de um choque estrutural exógeno, torna-se necessário recuperar os parâmetros em sua forma estrutural.

A partir dos parâmetros estimados por MQO na forma reduzida, o modelo VAR em sua forma estrutural é subidentificado, isto é, o número de parâmetros estimados na forma reduzida é menor do que o número de parâmetros desconhecidos no sistema estrutural. Segundo Bueno (2015), o problema de identificação pode ser abordado por meio da imposição de restrições aos coeficientes, atribuindo-se valores nulos a certos coeficientes, como proposto por Sims (1980).

⁷ No modelo VAR na sua forma estrutural, os regressores e os termos de choques são correlacionados (ENDERS, 2009)

As condições de identificação requerem a imposição de $(n^2 - n)/n$ restrições, que exigem alguma abordagem de decomposição triangular, sendo a mais conhecida a decomposição de Cholesky, que exige uma ordenação das variáveis. Para tanto, pode-se atribuir a ordenação a partir de teoria econômica ou levar em consideração testes de causalidade de Granger. A partir da identificação do modelo podem ser estimadas as funções resposta ao impulso e a decomposição da variância do erro de previsão as quais são consideradas como as principais aplicações do modelo VAR. Neste caso, as funções impulso resposta são determinadas por:

$$I_Y(h, \delta, \Omega_{t-1}) = E(Y_{t+h} | \varepsilon_t = \delta, \varepsilon_{t+1} = 0, \dots, \varepsilon_{t+h} = 0; \Omega_{t-1}) - E(Y_{t+h} | \varepsilon_t = 0, \varepsilon_{t+1} = 0, \dots, \varepsilon_{t+h} = 0; \Omega_{t-1}) \quad (3.4)$$

sendo $E(\cdot)$ a esperança matemática condicional em relação ao modelo VAR, δ representa o vetor de choques, h é o horizonte de análise, e Ω_t é o conjunto de informações até o instante t . Como as funções resposta ao impulso são obtidas após a decomposição de Cholesky, elas não são únicas e dependem do ordenamento das variáveis no VAR (PESARAN, 2015).

Uma alternativa à construção das funções resposta ao impulso obtidas a partir do ordenamento das variáveis é o uso de funções resposta ao impulso generalizadas que não dependem da ordenação das variáveis no VAR (IMPULSE..., 1996). No contexto de um modelo VAR, para um dado choque ε_t^0 no sistema o impulso generalizado é definido como Pesaran (2015):

$$GI_Y(h, \varepsilon_t^0, \Omega_{t-1}^0) = E(Y_{t+h} | \varepsilon_t = \varepsilon_t^0, \Omega_{t-1}^0) - E(Y_{t+h} | \Omega_{t-1}^0) \quad (3.5)$$

sendo $E(\cdot)$ a esperança matemática condicional em relação ao modelo VAR e Ω_{t-1}^0 uma particular realização histórica do processo em $t - 1$.

Dada a condição de estabilidade do modelo VAR, é possível representá-lo como um vetor média móvel infinita (VMA):

$$Y_t = \sum_{i=0}^{\infty} \Psi_i \varepsilon_{t-i}$$

em que Ψ_i são matrizes onde os elementos são os multiplicadores de impacto de um choque sobre as variáveis endógenas e dependem dos parâmetros estimados do modelo VAR. Dessa forma, os impulsos generalizados serão obtidos por:

$$GI_Y(h, \varepsilon_t^0, \Omega_{t-1}^0) = \Psi_h \varepsilon_t^0$$

que é independente da “memória” do processo, isto é, não depende de Ω_{t-1}^0 , mas sim dos choques ε_t^0 .

No caso do choque ε_t^0 ter a mesma distribuição multivariada de ε_t com média zero e matriz de covariância Σ , e supondo que o modelo VAR sofra uma perturbação causada por um choque de um desvio padrão $\delta_i = \sqrt{\sigma_{ii}}$ na i -ésima equação no horizonte h , o impulso generalizado será obtido por:

$$GI_Y(h, \delta_i = \sqrt{\sigma_{ii}}, \Omega_{t-1}^0) = \frac{\Psi_h \Sigma \tau_i}{\sqrt{\sigma_{ii}}}, \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (3.6)$$

em que τ_i é um vetor $n \times 1$ de posição com o i -ésimo elemento igual a 1 e os demais iguais a zero.

Segundo Wang e Dunne (2003), dado que a ordenação das variáveis não é imposta, a função resposta ao impulso generalizada permite uma interpretação da resposta ao impacto de cada variável a choques em qualquer uma das outras variáveis do VAR. Neste trabalho, são obtidas as funções resposta ao impulso generalizadas no modelo VAR.

O uso das funções resposta ao impulso generalizada é apoiado nesta tese com o análise de causalidade de granger. Os resultados desta análise estão disponíveis no Anexo6

3.3.1 Abordagem Não Linear

Na literatura, estudos têm argumentado que a dinâmica de alguns dados é incompatível com modelos lineares como o caso do VAR, introduzindo erros de especificação significativos, com implicações para a estimativa de funções resposta ao impulso (STEVENSON, 2018). Uma das características consideradas é a natureza não linear das variáveis analisadas. Por exemplo, o preço do petróleo tem um comportamento volátil, com aumento ou queda dos preços associados a períodos de crises econômicas ou financeiras, como o caso do superciclo do petróleo, o que pode gerar problemas de especificação. Para tratar deste problema, nesta tese foram estimadas funções respostas ao impulso não lineares a partir da abordagem de projeção local (PL) proposta por Jordà (2005).

Partindo de um modelo linear, na primeira etapa da abordagem proposta por Jordà (2005) obtém-se, para cada horizonte de análise h , as regressões por MQO para as variáveis endógenas Y_t :

$$Y_{t+h} = \phi_0^h + \sum_{i=1}^p \Phi_i^{h+1} Y_{t-i} + \epsilon_{t+h}^h, \quad h = 0, 1, \dots, H \quad (3.7)$$

em que ϕ_0^h é um vetor de constantes, Φ_i^h são matrizes de parâmetros correspondentes ao i th defasagem e horizonte de análise h , e ϵ_{t+h}^h é uma matriz de choques da forma reduzida para tempo t e horizonte h . Como os choques ϵ_{t+h}^h são autocorrelacionados e/ou heterocedásticos,

Jordà (2005) propôs estimar os erros padrão robustos usando a abordagem de (NEWKEY; WEST, 1987).

Neste caso, as funções resposta ao impulso são definidas como:

$$IR(h, \mathbf{d}_i) = \Psi_1^h \mathbf{d}_i, \quad h = 0, 1, \dots, H \quad (3.8)$$

sendo Ψ_1^h são matrizes onde os elementos são os multiplicadores de impacto de um choque sobre as variáveis endógenas e dependem dos parâmetros estimados do modelo, \mathbf{d}_i é um vetor $n \times 1$ que contém o mapeamento do choque estrutural para a i th variável de Y_t para o choque reduzido.

No caso de mudança de regime, uma forma simples para tratar as não linearidades é a inclusão de variáveis binárias representando cada regime, o que significa um tratamento exógeno.

Em Auerbach e Gorodnichenko (2013) foi proposto obter as mudanças de regimes a partir de matrizes de probabilidade de estado com uma função logística que possibilita usar as observações nas estimações, o que resulta em um tratamento endógeno para tratar as alterações de regime durante o ajuste do modelo. A função logística é representada como:

$$F(z_t) = \frac{e^{\gamma z_t}}{1 + e^{\gamma z_t}} \quad (3.9)$$

em que z_t é a variável de transição e $\gamma > 0$ é um parâmetro de sensibilidade de transição entre dois regimes possíveis no modelo. Assim, z_t corresponde a mudanças nos preços no instante t . Por exemplo, supondo um aumento de z_t conduzirá a um decréscimo em $F(z_t)$ e, dessa forma, valores de $F(z_t)$ próximo a zero indicará períodos de expansão do preço do petróleo. Auerbach e Gorodnichenko (2013) propõem a aplicação do filtro Hodrick e Prescott (1997) para padronização dos componentes cíclicos e, assim, z_t representa os desvios da tendência.

Assim, define-se dois regimes para o preço do petróleo (expansão e queda) e o modelo (3.7) passar a ser reescrito como:

$$Y_{t+h} = F(z_t) \left[\phi_{R_1}^h + \sum_{i=1}^p \Phi_{i,R_1}^{h+1} Y_{t-i} \right] + (1 - F(z_t)) \left[\phi_{R_2}^h + \sum_{i=1}^p \Phi_{i,R_2}^{h+1} Y_{t-i} \right] + \epsilon_{R,t+h}^h \quad (3.10)$$

em que R_1 e R_2 indicam os regimes de preços altos ou baixos, respectivamente, e a notação de $\epsilon_{R,t+h}^h$, $R = \{R_1, R_2\}$, denota o processo de erro nos dois períodos, para $h = 0, 1, \dots, H$.

Esta abordagem permite incorporar o comportamento de regimes à estrutura de resposta ao impulso que difere os períodos associados a diferentes ciclos ou estudar as mudanças do impacto dos choques do preço do petróleo na economia e encontrar resultados distintos

ao longo dos dois períodos. Ou seja, como em (3.8), as funções resposta ao impulso para os dois regimes são definidos por:

$$IR^R(h, \mathbf{d}_i) = \Psi_{1,R}^h \mathbf{d}_i, \quad h = 0, 1, \dots, H \quad (3.11)$$

3.3.2 Testes de Raiz Unitária

A primeira etapa para a construção dos modelos VAR consiste na aplicação dos testes de raiz unitária, os quais são utilizados com o intuito de determinar se as séries seguem um processo estocástico estacionário. Para isso são utilizados os testes de Dickey e Fuller Aumentado (ADF), Phillips-Perron (PP), Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS) e Dickey-Fuller GLS (DF-GLS), os quais têm sido amplamente empregados na literatura (ALMULALI et al., 2013; PAYNE, 2012). Além disso, utiliza-se o teste de Zivot e Andrews, o qual permite determinar as propriedades de estacionariedade das séries sobre a presença de quebras estruturais desconhecidas. A seguir, são descritas as características de cada um dos testes de raiz unitária empregados na análise.

O teste ADF é baseado em três possíveis modelos em que a hipótese nula é dada por $H_0 : \gamma = 0$, com intercepto e tendência determinística (Equação 3.12), com intercepto (Equação 3.13) e sem intercepto e tendência determinística (Equação 3.14) (DICKEY; FULLER, 1981):

$$\Delta Y_t = \alpha + \beta t + \gamma Y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \delta_i \Delta Y_{t-i} + \epsilon_t \quad (3.12)$$

$$\Delta Y_t = \alpha + \gamma Y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \delta_i \Delta Y_{t-i} + \epsilon_t \quad (3.13)$$

$$\Delta Y_t = \gamma Y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \delta_i \Delta Y_{t-i} + \epsilon_t \quad (3.14)$$

em que α e βt são os componentes determinísticos, denominados constante e tendência linear, respectivamente, e ϵ_t é um ruído branco com média zero e variância constante. Note que o teste ADF adiciona defasagens da variável dependente, ou seja, supõe-se que a série é gerada por um processo auto-regressivo de ordem p com o intuito de se obter $\epsilon_t \sim RB(0, \sigma_\epsilon^2)$

Para identificar o número de defasagens são utilizados os critérios de informação Akaike(AIC) e Bayesiano (BIC), os quais são descritos da seguinte forma:

$$AIC(p) = \ln(\hat{\sigma}_\epsilon^2) + p \frac{2}{T} \quad (3.15)$$

$$BIC(p) = \ln(\hat{\sigma}_\epsilon^2) + p \frac{\ln(T)}{T} \quad (3.16)$$

em que T é o número de observações e p o número de parâmetros. Nesta tese, adotou-se o critério BIC para a determinação das defasagens a serem incluídas na construção do teste ADF, por ser um critério que tende a ser mais parcimonioso em comparação ao critério AIC.

O teste ADF também envolve a análise da significância estatística da inclusão dos termos determinísticos como constante e tendência linear, a qual é feita por meio de testes de hipóteses conjuntos. Para isso, são utilizados os valores críticos estimados por Dickey e Fuller (1981) a partir de experimentos de Monte Carlo. Os autores propõem as estatísticas denominadas ϕ_1 , ϕ_2 e ϕ_3 para testar as hipóteses conjuntas:

$$H_0 : \gamma = \alpha = 0 \rightarrow \phi_1 \quad (3.17)$$

$$H_0 : \gamma = \alpha = \beta = 0 \rightarrow \phi_2 \quad (3.18)$$

$$H_0 : \gamma = \beta = 0 \rightarrow \phi_3 \quad (3.19)$$

A sequência de operações em cada etapa inicia pela estimação do modelo completo Equação (3.12) sob a hipótese $H_0 : \gamma = 0$. A seguir, é verificada a significância estatística dos termos determinísticos a partir do teste conjunto dado pelas estatísticas ϕ_3 e ϕ_2 . Não rejeitando-se a hipótese dada pela Equação 3.19 avalia-se o modelo dado pela Equação (3.13). Da mesma forma, é analisada a significância estatística do intercepto, a partir de ϕ_1 . A não rejeição da hipótese dada pela Equação 3.17 passa-se ao modelo básico da Equação (3.14). A não rejeição da hipótese nula de raiz unitária em qualquer um dos modelos indica a não estacionariedade da série analisada (ENDERS, 2009).

Os testes Phillips-Perron (PP) e Dickey-Fuller GLS (DF-GLS) baseiam-se nas mesmas equações do teste ADF (PHILLIPS; PERRON, 1988; ELLIOTT, 1998). O teste DF-GLS procura aumentar o poder do teste ADF resolvendo as complicações causadas pela inclusão dos termos determinísticos na presença de raiz unitária. Para isso, o procedimento do teste DF-GLS filtra a constante e tendência (se for o caso) antes de aplicar o teste ADF gerando, assim, novos valores críticos. Por sua vez, no caso do teste PP é realizada uma correção não paramétrica do teste ADF, gerando uma estatística consistente sobre a presença de correlação serial nos erros como descrito a seguir:

$$\Delta Y_t = \mu + \beta t + \gamma Y_{t-1} + \epsilon_t \rightarrow Z_{\tau, \beta} \quad (3.20)$$

$$\Delta Y_t = \mu + \gamma Y_{t-1} + \epsilon_t \rightarrow Z_{\tau, \mu} \quad (3.21)$$

$$\Delta Y_t = \gamma Y_{t-1} + \epsilon_t \rightarrow Z_{\tau} \quad (3.22)$$

A obtenção das estatísticas $Z_{\tau, \mu}$, $Z_{\tau, \mu}$ e Z_{τ} depende do cálculo da variância de longo prazo dos resíduos:

$$\hat{\nu}^2 = \hat{\sigma}^2 + \frac{2}{T} \sum_{j=1}^M \omega \left(\frac{j}{M+1} \right) \sum_{t=j+1}^T \hat{\epsilon}_t \hat{\epsilon}_{t-j} \quad (3.23)$$

em que $\hat{\sigma}^2$ é a variância populacional estimada, M o número de defasagens, T o número de observações e $\omega \left(\frac{j}{M+1} \right)$ a função de ponderação.

Os testes de KPSS e Zivot e Andrews apresentam uma especificação diferente dos demais testes aplicados. No caso do teste KPSS, sob hipótese nula de estacionariedade avalia-se se existe estacionariedade em torno de uma constante ou em torno de uma tendência linear. A estatística do teste é definida como:

$$KPSS = \sum_{t=1}^T \left(\frac{S_t^2}{T^2 \hat{\nu}^2} \right) \quad (3.24)$$

em que, $\hat{\nu}^2$ é a variância de longo prazo, definida na Equação (3.23) no teste de Philips Perron. Por sua vez, o numerador da Equação (3.24) é um estimador da variância de S_t , que possui um limite assintótico. O termo no denominador assegura que a distribuição é livre de ruídos (BUENO, 2015).

Por sua vez, o teste de Zivot e Andrews, testa a estacionariedade das séries levando em consideração a possibilidade de quebra estrutural desconhecida (ZIVOT; ANDREWS, 2002). Segundo Bueno (2015), na presença de quebra estrutural, os testes até aqui apresentados, tendem a ser viesados na direção da não rejeição da hipótese de raiz unitária. Há pelo menos três tipos de quebras estruturais possíveis: I) no nível da série, II) na inclinação III) ambas as mudanças.

O procedimento de estimação proposto por Zivot e Andrews (2002) determina a data da mudança estrutural de forma menos favorável para a hipótese nula, supondo um passeio aleatório com *drift*. A estatística do teste é determinada a partir de um das possíveis regressões (PFAFF, 2008):

$$y_t = \hat{\mu}^A + \hat{\theta}^A DU_t(\hat{\lambda}) + \hat{\beta}^A t + \hat{\alpha}^A y_{t-1} + \sum_{i=1}^k \hat{c}_i^A \Delta y_{t-i} + \hat{\varepsilon}_t \quad (3.25)$$

$$y_t = \hat{\mu}^B + \hat{\beta}^B t + \hat{\gamma}^B + DT_t(\hat{\lambda}) + \hat{\alpha}^B y_{t-1} + \sum_{i=1}^k \hat{c}_i^B \Delta y_{t-i} + \hat{\varepsilon}_t \quad (3.26)$$

$$y_t = \hat{\mu}^C + \hat{\theta}^C DU_t(\hat{\lambda}) + \hat{\beta}^C t + \hat{\gamma}^C DT_t(\hat{\lambda}) + \hat{\alpha}^C y_{t-1} + \sum_{i=1}^k \hat{c}_i^C \Delta y_{t-i} + \hat{\varepsilon}_t \quad (3.27)$$

em que λ é o ponto de quebra determinado endogenamente, e

$$DU_t(\lambda) = \begin{cases} 1, & \text{se } t > T\lambda \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

$$DT_t(\lambda) = \begin{cases} T - t\lambda, & \text{se } t > T\lambda \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

Os valores críticos foram disponibilizados em Zivot e Andrews (2002).

3.4 Ajuste do Modelo

A segunda etapa para o ajuste do modelo consiste na determinação da ordem do modelo, ou seja, o número de defasagens. Bueno (2015) salienta que, na prática, esta etapa é complicada, pois há uma probabilidade muito alta de que a autocorrelação de determinada variável seja diferente de zero mesmo se a ordem do modelo for alta. Em contraste, muitas defasagens, em um modelo altamente complexo em que se estimam muitos coeficientes cruzados, torna o poder do teste estatístico baixo. O conceito de parcimônia junto com o apoio dos critérios de informação são necessários. Segundo Bueno (2015), considerando um VAR(p), em que $p = 0, 1, 2, \dots, p_{max}$, a determinação de p consiste em minimizar o critério de informação:

$$Cr(p) = \ln \left(\det \widehat{\Sigma} \right) + c_T \varphi(p) \quad (3.28)$$

em que $\widehat{\Sigma} = T^{-1} \sum_{t=1}^T (\hat{e}_t \hat{e}_t')$ é a matriz de covariância dos resíduos para um modelo de ordem p ; c_T é uma função dependente do tamanho da amostra T ; $\varphi(p)$ é uma função que penaliza modelos VAR de grandes ordens.

Nesta tese, são utilizados os critérios de Informação de Akaike (AIC), Bayesiano (BIC), Final Prediction Error (FPE) e Hannan-Quinn (HQ) para determinar a ordem do

VAR, os quais apresentam as seguintes especificações:

$$AIC(p) = \ln \left(\det \widehat{\Sigma} \right) + \frac{2}{T}c \quad (3.29)$$

$$BIC(p) = \ln \left(\det \widehat{\Sigma} \right) + \frac{\ln T}{T}c \quad (3.30)$$

$$HQ(p) = \ln \left(\det \widehat{\Sigma} \right) + \frac{\ln \ln T}{T}2c \quad (3.31)$$

$$FPE(p) = \ln \left(\det \widehat{\Sigma} \right) + \left(\frac{T + np + 1}{T - np - 1} \right)^n \quad (3.32)$$

em que $\widehat{\Sigma}$ é a matriz de covariâncias dos resíduos do modelo, $c = pn^2$ é o número total de parâmetros estimados e T é o tamanho da amostra. A ordem escolhida é aquela que apresente o menor valor dos critérios de informação. No entanto, também é necessária a análise dos resíduos do modelo para validar a escolha do número de defasagens a serem utilizadas. Para isso, são empregados os testes de autocorrelação de multiplicador de Lagrange, LM, e de Portmanteau, testes de normalidade. Para detalhes da etapa de verificação dos modelos multivariados ver (BUENO, 2015; ENDERS, 2009).

3.4.1 Resultados dos Testes de Raiz Unitária

Os resultados dos testes de raiz unitária discutidos na subseção 3.3.2 são apresentados nas Tabelas 1, 2 e 3, para as séries em nível como na primeira diferença, considerando os dados em logaritmo.

Dos resultados apresentados nas Tabelas 1 - 3, nota-se que, com exceção da séries de investimento estrangeiro direto (IED), as demais séries são não estacionárias e, assim, serão consideradas no modelo em primeira diferença. Com exceção do teste KPSS, os demais testes de raiz unitária indicaram a rejeição da hipótese nula, indicando que essa série é considerada $I(0)$. O teste de Zivot e Andrews indica quebra estrutural, em torno da posição 55 que corresponde a julho de 2005, momento do pico de IED, como indicado na Figura 18, que está associado às mudanças ocorridas na Ecopetrol que favoreceu o investimento estrangeiro no setor petrolífero (JIMÉNEZ, 2010a).

Tabela 1 – Resultados dos Testes de Raiz Unitária ADF e PP

Variáveis	Teste ADF				Teste PP		
	Em nível		1a Diferença		Em nível		1a Diferença
	Trend	Drift	None	None	Trend	No Trend	No Trend
IAE	-0.76	-1.33	8.69	-9.58*	-1,16	-1,12	-22.98*
IPC	-2.37	-2.27	-1.01	-8.24*	-2.11	-2.13	-9.15*
Juros	-2.29	-2.54	-1.22	-5.31*	-2.18	-2.24	-6.91*
Câmbio	-1.88	-1.93	0.12	-10.15*	-1.58	-1.66	-11.12*
OIL	-2.07	-2.09	0.26	-9.18*	-1.95	-2.08	-11.54*
Expo	-1.35	-1.82	1.02	-15.11*	-1.61	-1.75	-25.53*
IED	-7.15*	–	–	–	-5.58*	–	–
Desemprego	-2.52	-2.13	-0.89	-17.24*	-3.40	-1.81	-27.99*

Nota: *, **, *** indicam rejeição da hipótese nula para um nível de significância <1%, <5%, <10%, respectivamente.

Tabela 2 – Resultados dos Testes de Raiz Unitária DF-GLS e KPSS

Variáveis	Teste DF-GLS			Teste KPSS		
	Em nível		1a Diferença	Em nível		1a Diferença
	Trend	No Trend	No Trend	Trend	No Trend	No Trend
IAE	-1.09	5.50	-5.05*	0.29*	1.61*	0.22
IPC	-2.18	-1.08	-6.59*	0.16*	0.57*	0.06
Juros	-1.99	-0.65	-5.32*	0.11***	0.63**	0.07
Câmbio	-1.83	-1.76	-8.48*	0.33*	0.92*	0.15
OIL	-1.82	-0.81	-6.87*	0.34***	0.67***	0.15
EXPO	-1.22	-0.12	-10.39*	0.35*	1.12*	0.23
IED	-6.82*	–	–	0.27*	1.22*	0.06
Desemprego	2.66	-0.81	-2.96*	0.18**	1.31*	0.16

Nota: *, **, *** indicam rejeição da hipótese nula para um nível de significância <1%, <5%, <10%, respectivamente.

Tabela 3 – Resultados do Teste de Raiz Unitária Zivot e Andrews

Variáveis	Em nível			1a Diferença
	Intercept	Trend	Both	Intercept
IAE	-3.03	-3.42	-3.49	-14.37*
IPC	-3.89	-2.81	-3.91	-8.56*
Juros	-4.47	-2.66	-4.45	-5.77*
Câmbio	-4.41	-4.05	-4.48	-10.39*
OIL	-4.50	-3.55	-4.20	-9.49*
EXPO	-4.72	-3.71	-4.65	-15.58*
IED	-10.66*	-8.89*	-10.51*	-12.19*
Desemprego	-3.96	-4.28**	-4.39	-17.69*

Nota: *, **, *** indicam rejeição da hipótese nula para um nível de significância <1%, <5%, <10%, respectivamente.

3.5 Resultados do Ajuste do Modelo

Como indicado na Seção 3.4, a escolha do número de defasagens é baseada no uso dos critérios de informação. Os resultados apresentados na Tabela 4 indicam a escolha de uma defasagem, para os critérios SC e HQ ou duas defasagens para LR, FPE e AIC.

Tabela 4 – Escolha do Número de Defasagens

Defasagem	FPE	AIC	SC	HQ
0	4,60e-20	-21,8226	-21,6988	-21,7716
1	2,91e-21	-24,5851	-23,4709*	-24,1351*
2	2,82e-21*	-24,6165*	-22,5119	-23,7665
3	3,54e-21	-24,3958	-21,3008	-23,1458
4	3,90e-21	-24,3085	-20,2229	-22,6585
5	4,76e-21	-24,1264	-19,0505	-22,0764
6	5,57e-21	-23,9962	-17,9299	-21,5462
7	6,12e-21	-23,9370	-16,8803	-21,0870
8	6,64e-21	-23,9057	-15,8586	-20,6557

Nota: * indica a defasagem selecionada de acordo com cada critério de informação.

Complementar aos critérios de informação, são utilizados testes de autocorrelação e estabilidade para complementar a escolha do número de defasagens empregadas no modelo.

Para isso são empregados os testes de autocorrelação LM e Portmanteau assim como são analisadas as raízes do polinômio característico do modelo VAR. A hipótese nula dos testes LM e Portmanteau é que os resíduos não são correlacionados. Como observado na Tabela 5, para um nível de significância estatística de 1% a hipótese nula não é rejeitada para as defasagens analisadas. Dessa forma, optou-se por ajustar um modelo de ordem dois dada a análise complementar da autocorrelação dos resíduos.

Tabela 5 – Testes de Autocorrelação

Defasagem	LM	df	Prob	Pormanteau	df	Prob
1	79,122	64	0,097	5,957	—	—
2	71,889	64	0,233	28,326	—	—
3	70,918	64	0,258	84,463	64	0,044
4	76,257	64	0,140	160,352	128	0,0278
5	58,119	64	0,683	217,238	192	0,1022

Segundo Bueno (2015), uma das condições de estabilidade do modelo indica que os autovalores do inverso de $\phi(L) = 0$ devem estar dentro do círculo unitário. Como pode-se observar na Figura 19, todas as raízes estão dentro do círculo unitário.

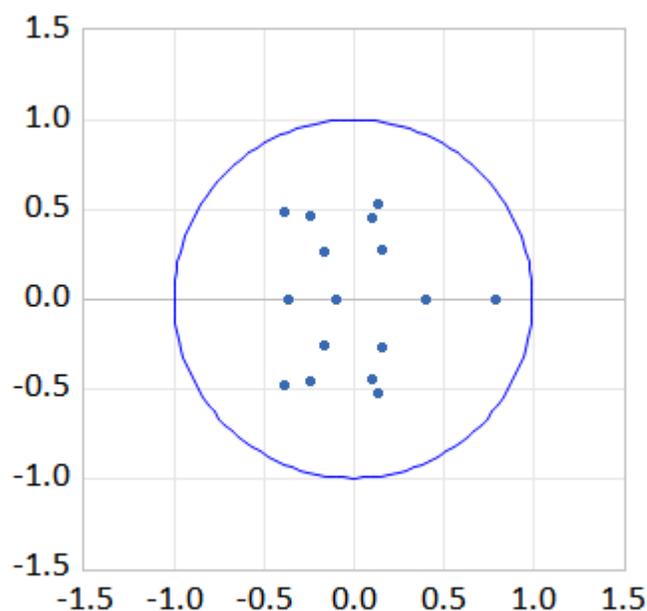


Figura 19 – Inverso das Raízes Unitária do Polinômio Característico

Dessa forma, optou-se por um modelo VAR(2) para seguir com as aplicações do modelo para avaliar os impactos dos choques dos preços do petróleo sobre as variáveis de interesse para a economia colombiana.

3.6 Resultados das Aplicações da Modelagem

Nesta seção são apresentadas as funções resposta ao impulso da modelagem do modelo VAR linear e da abordagem não linear com projeção local. Por meio destes resultados é possível determinar quais são os impactos dos choques nos preços do petróleo sobre as variáveis macroeconômicas assim como determinar a existência de possíveis assimetrias ⁸.

3.6.1 Resultados do Modelo VAR

Nesta seção são apresentadas as funções resposta ao impulso que permitem analisar o efeito (resposta ou reação) individual das variáveis endógenas ao impulso (choque positivo inicial) de uma outra variável, que no caso específico desta tese significa um choque aleatório nos preços do petróleo, em um número de períodos pré-determinado. Neste trabalho, os choques iniciais compreendem uma variação positiva de um desvio-padrão do preço do petróleo. Dessa forma, a cada período é obtida a resposta que tende a um valor estável⁹.

A soma dos valores das respostas ao impulso até um determinado período resultam na chamada função resposta ao impulso acumulada. A partir destes valores, neste trabalho, calculou-se o valor do repasse do preço do petróleo baseada na metodologia proposta por Belaish (2003). O valor do repasse de preços (RP) é dado pelo quociente entre a resposta acumulada de uma determinada variável endógena ao choque do preço do petróleo e a resposta acumulada do preço do petróleo a um choque de variação do próprio preço do petróleo, após um determinado período de tempo, ou seja:

$$RP = \frac{\sum_{h=1}^t I_Y(h)}{\sum_{h=1}^t I_{OIL}(h)} \quad (3.33)$$

em que I representa as respostas acumuladas das variáveis ante um choque acumulado do preço do petróleo.

A Figura 20 as funções resposta ao impulso do choque do petróleo nas variáveis índice de atividade econômica (IAE), índice de preços ao consumidor (IPC), taxa de câmbio e da taxa de juros, exportação, investimento estrangeiro direto e desemprego ante uma variação

⁸ Para complementar os resultados apresentados por meio das funções resposta ao impulso no Anexo 6 são apresentados os resultados da decomposição da variância do erro de previsão

⁹ A convergência ocorre se o modelo é estável, ou seja, se as raízes inversas do polinômio característico associados aos termos autoregressivos pertencem ao intervalo $[-1,1]$.

na taxa de crescimento no preço do petróleo. Nota-se que para o caso do IAE os resultados indicam que o IAE reage positivamente ante um aumento de 1% da taxa de crescimento no preço do petróleo¹⁰. O impacto ocorre com maior intensidade no terceiro mês após o choque inicial, com uma queda a partir deste instante para em seguida a recuperação com estabilização em um patamar inferior ao inicial.

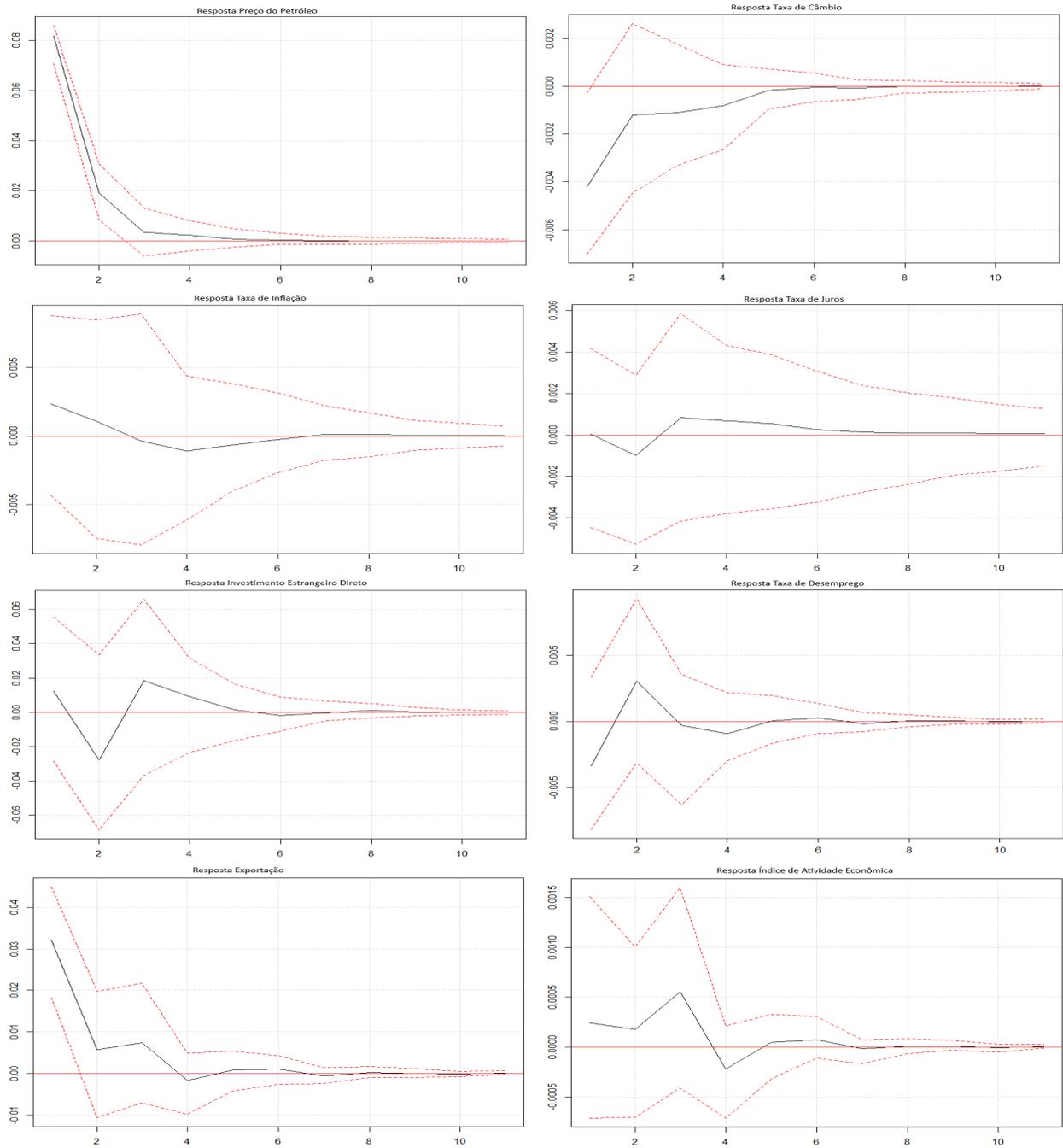


Figura 20 – Função Resposta ao Impulso do Preço do Petróleo.

¹⁰ Trata-se de um aumento na taxa de crescimento do preço do petróleo devido a utilização da primeira diferença do logaritmo do preço do petróleo no modelo.

A queda no terceiro mês no IAE pode estar associada a apreciação do câmbio, queda das exportações e a queda inicial do IED causada pelo choque nos preços do petróleo. Como houve uma recuperação no IED, com estabilização das exportações e da taxa de câmbio, agregada a queda da inflação, há uma recuperação da atividade econômica atingindo um patamar inferior ao inicial. Este resultado está de acordo com o apontado na literatura, a qual tem associado o superciclo das commodities de 2003-2014 com o crescimento econômico das economias emergentes (BLACK, 2015; BREDOW et al., 2018).

Analisando o índice de inflação IPC os resultados indicam uma queda inicial do índice até o quarto período, com um aumento em seguida para uma estabilização em um nível inferior ao inicial. Esta resposta inicial negativa do IPC frente a um choque do preço do petróleo pode ser inesperada, porém este resultado está de acordo ao encontrado por Jiménez (2010a), onde foi estimado que o impacto de choques do preço do petróleo sobre os preços da economia colombiana é relativamente pequeno, tendo impacto principalmente sobre o preço da gasolina, não sendo repassado a elevação aos custos de insumos para a produção de bens e serviços finais.

Por sua vez, a resposta da taxa de câmbio indica uma apreciação cambial por conta de aumentos na taxa de crescimento no preço do petróleo. Este é um resultado esperado para o caso de países exportadores como apontado na literatura (CUARESMA; BREITENFELLNER, 2008). Além disso, o resultado estimado está de acordo ao encontrado por Volkov e Yuhn (2016), que determinou que a taxa de câmbio é um dos principais canais de transmissão pelos quais os choques nos preços do petróleo impactam as economias dos países exportadores desta commodity como a Rússia e o Brasil. Isto é dado, principalmente, porque aumentos no preço do petróleo intensificam o fluxo de entrada de dólares por meio do aumento das exportações gerando uma pressão de apreciação cambial. Por outro lado, segundo Ono (2014) uma alta no preço das commodities gera expectativas de apreciação cambial futura, as quais são refletidas nos mercados futuros e de derivativos. A diferença entre a taxa de câmbio futura e a do mercado à vista gera então possibilidades de arbitragem com diferenciais de taxas de juros, que por sua vez pressionarão a taxa de câmbio do mercado à vista no sentido de apreciação (ROSSI, 2012).

Para o caso da taxa de juros os resultados indicam que o impacto de um aumento no preço do petróleo é pequeno. De fato, após três meses, o impacto do choque unitário no preço do petróleo na taxa de juros é em torno de 0,0009 pontos percentuais. Em termos de elasticidade, indica que um aumento de 10% no preço do petróleo tem um impacto negativo na taxa de juros de 0,09%. Este resultado está relacionado ao impacto não significativo dos choques do petróleo sobre a inflação, o que implica que o impacto sobre a política monetária também não é significativo.

Os resultados da resposta das exportações indicam que o efeito é negativo, embora ocorra com maior intensidade no primeiro mês após o choque inicial. O impacto do choque no segundo período é de 0,0059 pontos percentuais, o que significa um efeito negativo de 0,6% aproximadamente, para um aumento de 10% no preço do petróleo. Para o caso do investimento estrangeiro os resultados mostram um impacto negativo no primeiro mês após o choque inicial, estabilizando em um patamar inferior.

Por fim, os impactos dos choques do preço do petróleo sobre a taxa de desemprego indicam um efeito negativo, sendo que esta reação ocorre com maior intensidade no primeiro mês após o choque inicial. Em termos de elasticidade indica que um aumento de 10% no preço do petróleo tem um impacto negativo sobre a taxa de desemprego de 0,03%.

A Figura 21 mostra os impactos acumulados dos choques nas variáveis. Pode-se observar que um choque nos preços do petróleo causa uma apreciação da taxa de câmbio, com um aumento imediato das exportações e no índice de atividade econômica, apesar da resposta desta variável não ser significativamente diferente de zero. Ainda, os impactos acumulados sobre as taxas de juros, de inflação e de desemprego e investimento estrangeiro direto não são significativos. Porém, deve-se destacar que o IED acumulada tem como resposta imediata a queda para em seguida retornar ao patamar inicial.

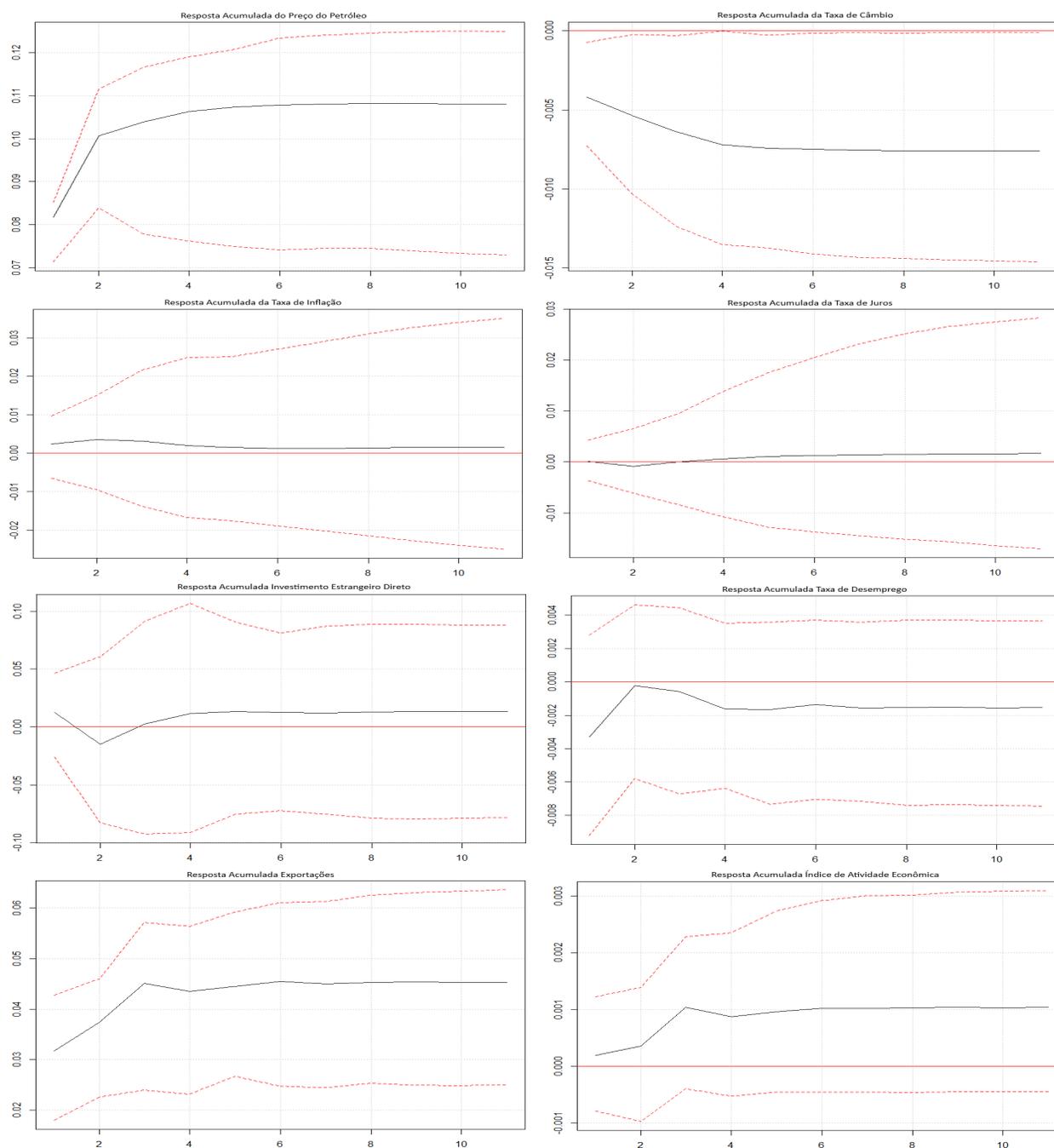


Figura 21 – Função Resposta Acumulada ao Impulso do Preço do Petróleo.

A Tabela 6 mostra os coeficientes de repasse dos preços do petróleo utilizando a metodologia de Belaish (2003), após 10 períodos. Os coeficientes indicam uma forte evidência da maior sensibilidade das exportações aos choques dos preços do petróleo, seguido do investimento estrangeiro direto, taxa de câmbio, taxa de desemprego, taxa de juros, taxa de inflação, e, por fim, o coeficiente de repasse para o índice de atividade econômica. Este resultado reforça a questão da Colômbia ser um país exportador, sendo o setor petrolífero uma

participação em torno de 33,3% nas exportações do país.

Tabela 6 – Coeficientes de Repasses dos Preços de Petróleo

Variável	Câmbio	IPC	Juros	IED	Desemprego	Exportação	IAE
RP	-7,02%	1,36%	1,51%	12,20%	-1,43%	41,92%	0,96%

3.6.2 Resultados da Abordagem Não Linear

Nesta seção são apresentadas as funções resposta ao impulso que permitem analisar o efeito individual das variáveis endógenas quando se aplica um choque aleatório nos preços do petróleo levando em consideração os regimes de queda (desvalorização) e de aumento (valorização) do preço do petróleo. A função de transição aplicada para distinguir os regimes de choques para os dois regimes é apresentada na Figura 22.

Conforme ilustrado na Figura 22, as probabilidades desses regimes estão fortemente associadas aos períodos de aumentos e quedas dos preços do petróleo, em que valores próximo de um correspondem aos períodos de valorização do preço do petróleo (regime 1) e valores próximos de zero estão associados aos períodos de queda dos preços (regime 2). De acordo com a EPE (2008), o período de 2003 a 2008 é categorizado principalmente como um regime de preços elevados do petróleo decorrentes de fatores como aumento do consumo mundial, dado o período de crescimento econômico, fraca expansão da produção mundial, conflitos geopolíticos, eventos climáticos extremos. Segundo Stevenson (2018), o choque no preço do petróleo neste período está associado a fatores como os conflitos no Oriente Médio envolvendo os principais países produtores de petróleo. Especificamente, em 2004, ocorre o fim das sanções internacionais ao Irã, o que indicaria uma oferta excessiva de petróleo, levando a uma queda neste ano, com recuperação em seguida, dado o crescimento econômico mundial. Ainda, nesse período houve um aumento considerável do consumo de petróleo por parte de países industrializados como a China. Entre 2003 e 2006 os EUA também tiveram uma participação relevante no aumento de consumo, em função de seu forte crescimento econômico. Como consequência, houve o preço do barril passa de US\$ 30 para US\$ 60 em agosto de 2005 e em julho de 2008 atingiu um pico de US\$ 147,30 sendo este um recorde histórico. Após ocorre uma reversão da tendência de alta e a expectativa de uma maior estabilidade nos mercados da commodity, após um período de escalada dos preços do petróleo.

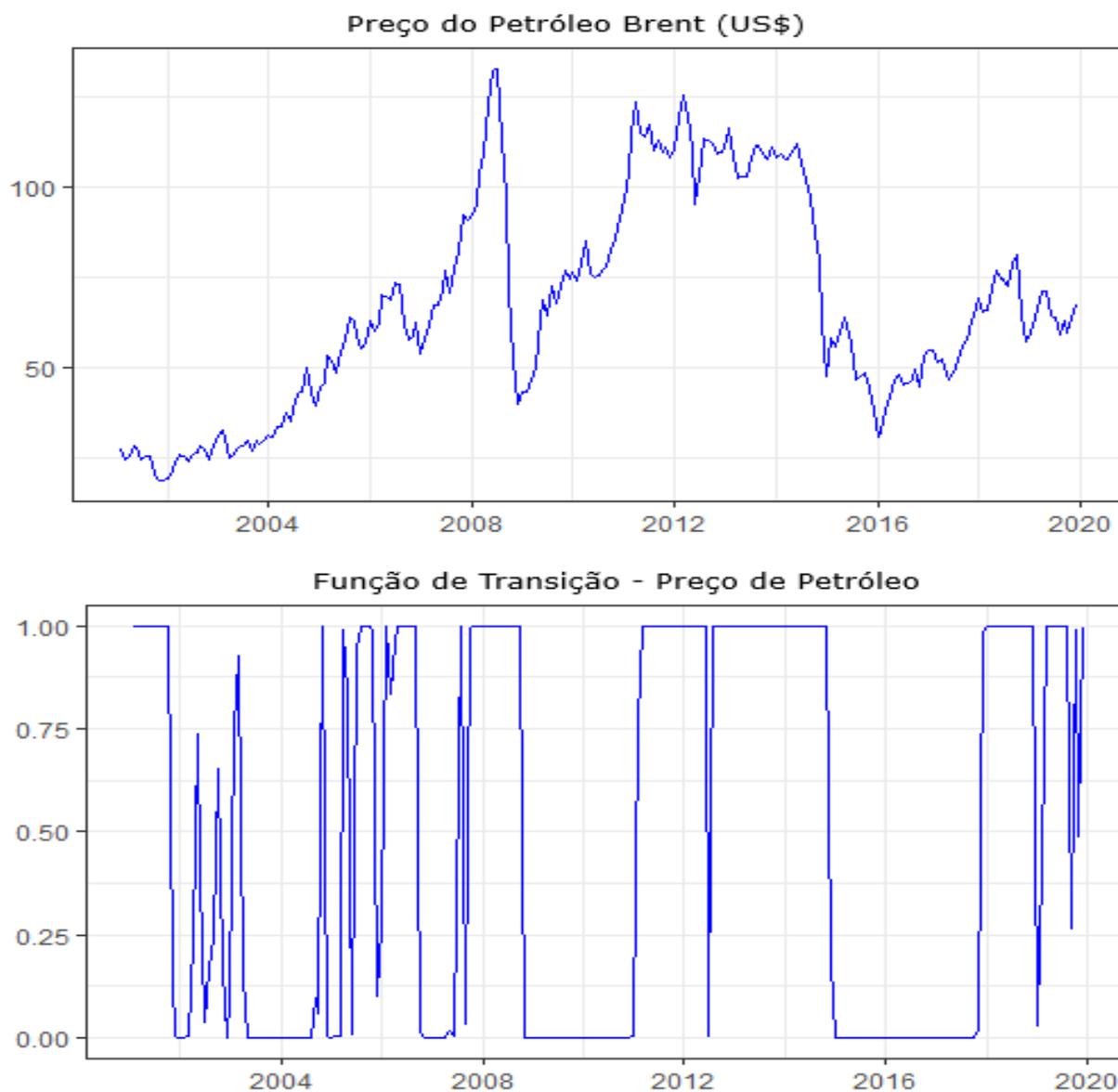


Figura 22 – Função de Transição dos Preços do Petróleo

Por sua vez, o período de 2009-2010 pode ser categorizado como um regime de preços baixos do petróleo. Segundo Francis e Restrepo-Ángel (2018), o principal fator foi uma queda considerável na demanda de petróleo. A queda no consumo está associada à recessão econômica logo após a crise financeira global de 2008. De fato, a partir do segundo semestre de 2008, os preços caíram drasticamente de US\$ 140 por barril para menos de US\$40.

Durante o período 2011-2014 nota-se um aumento considerável nos preços do petróleo. Este período pode ser considerado como de choque positivo nos preços, embora tenha havido uma ligeira tendência de preços mais baixos em 2012. Além da recuperação econômica outros fatores podem ser considerados como determinantes do choque de preços deste período. Se-

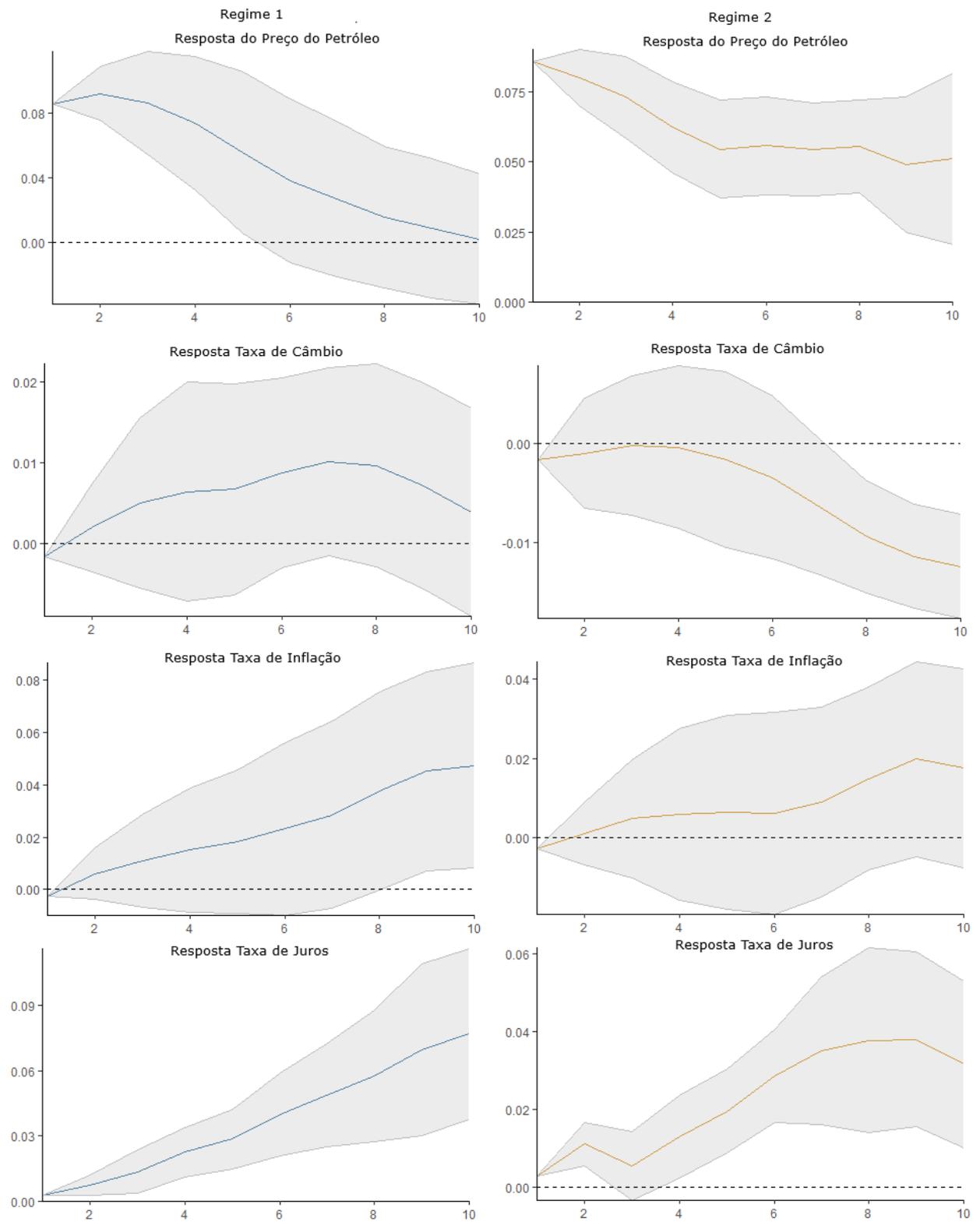
gundo Stevenson (2018), pelo lado da oferta, conflitos no Oriente Médio (Síria, Irã e Iraque) e Ucrânia-Rússia ocasionaram incertezas sobre o abastecimento de petróleo o que ocasionou um aumento nos preços.

Entre junho de 2014 e dezembro de 2015, o preço do petróleo no mercado internacional caiu mais de 60%, sendo essa a maior queda anual nos preços de petróleo em aproximadamente duas décadas. Alterações significativas do preço internacional do petróleo não são incomuns quando analisa-se as últimas décadas. Os preços internacionais de petróleo sofrem variações consideráveis no médio prazo, apesar de serem bastante persistentes em horizontes curtos.

Por sua vez, o período 2015-2016 pode ser categorizado como um regime de queda dos preços do petróleo. Esta queda acentuada desde junho de 2014 foi impulsionada por vários fatores. De acordo com Baffes et al. (2015), o declínio nos preços do petróleo foi desencadeado predominantemente por fatores de oferta, particularmente ganhos rápidos de eficiência na produção de petróleo dos Estados Unidos, mas as perspectivas de uma queda no consumo de países como a China também ocasionaram uma queda nos preços. A partir do segundo semestre de 2017, há outro período de alta dos preços do petróleo embora exista uma variação a partir de 2018. Portanto, pode indicar-se que a função de transição consegue acompanhar a trajetória dos preços do petróleo e estabelecer os regimes de acordo com suas características.

3.6.3 Resultados das Funções Resposta ao Impulso Não Linear

A Figura 23 ilustra as funções resposta ao impulso de choques de aumento/valorização (regime 1) e queda/desvalorização (regime 2) do preço do petróleo, obtidas a partir da abordagem não linear e o método das projeções locais.



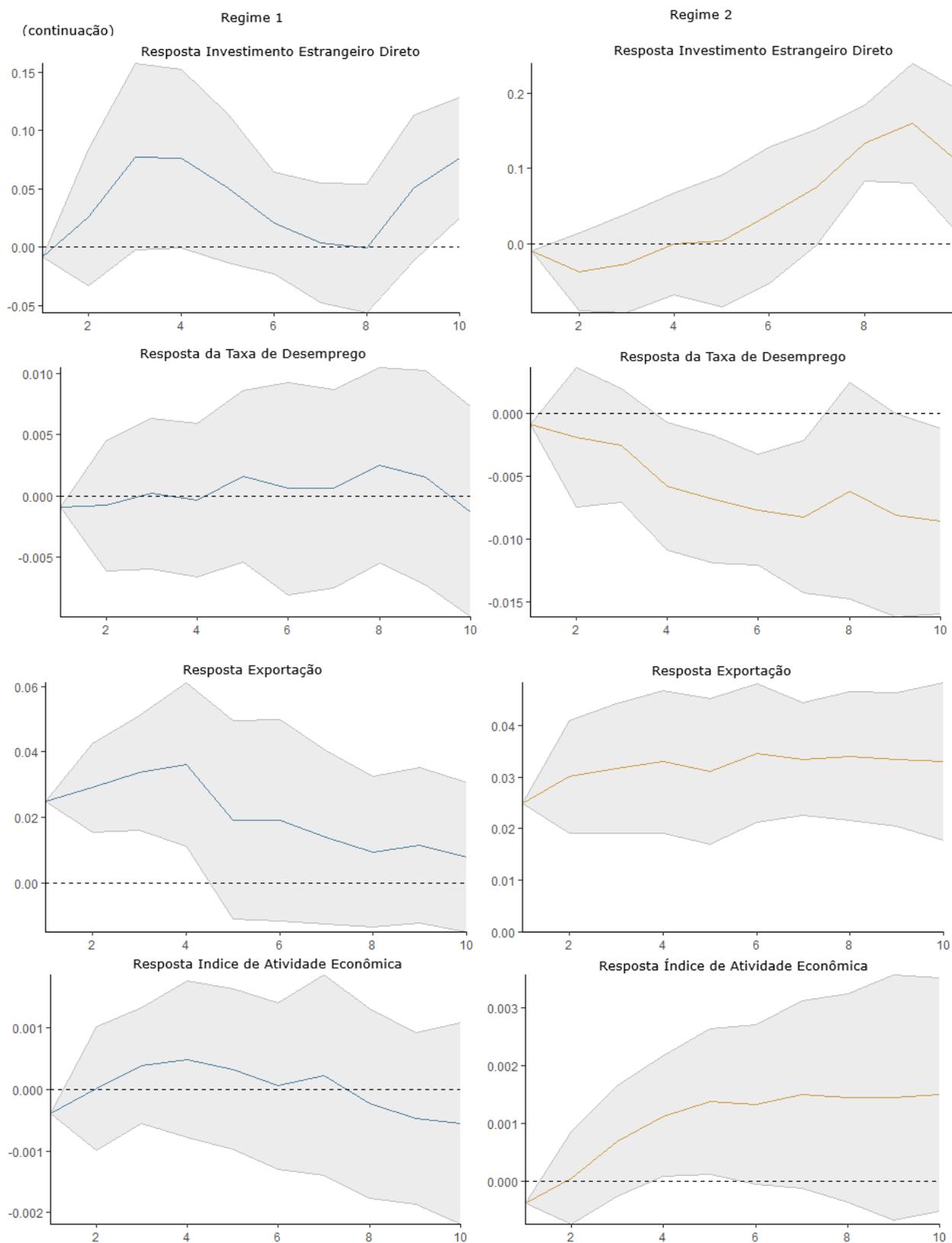


Figura 23 – Função Resposta ao Impulso do Preço do Petróleo.

Nota: Regime 1: queda do preço do petróleo; Regime 2: aumento do preço do petróleo.

Ao analisar as respostas das variáveis frente ao choque dos preços do petróleo ilustradas na Figura 23, constata-se que há assimetria entre os impactos quando analisado os regimes de queda e alta dos preços do petróleo.

No regime 1 de desvalorização (queda) dos preços, o choque no preço do petróleo tem um impacto de depreciação da taxa de câmbio, acompanhada por um aumento da taxa de inflação devido a elevação nos custos de insumos para a produção de bens e serviços finais. Como resposta da política monetária, ocorre o aumento da taxa de juros. Esses impactos positivos fazem com que após dez meses o câmbio, inflação e juros estabilizam em um patamar acima do impacto inicial.

Ainda na análise do choque para o regime da desvalorização do petróleo (regime1), verifica-se um aumento do investimento estrangeiro direto em um primeiro instante, seguida de uma queda do IED, com a recuperação do investimento após o oitavo mês. O impacto positivo no IED ocorre durante o mesmo período em que a resposta da exportação é positiva, sendo que a partir do quarto mês ocorre a queda da exportação levando a queda nos fluxos estrangeiros. A recuperação do IED ocorre quando a exportação se estabiliza, a partir do oitavo período.

No caso da taxa de desemprego, o impacto do choque dos preços do petróleo no regime 1, indicam um aumento até o oitavo período. A seguir, ocorre a queda da taxa de desemprego, retornando ao patamar inicial após 10 meses. Nota-se que o choque no petróleo no regime 1 não tem impacto estatisticamente significativo na taxa de desemprego para nenhum instante.

Analisando a resposta da exportação frente ao choque do preço de petróleo neste período, verifica-se a queda nas exportações. Este declínio alinhado ao fato de que a Colômbia é o segundo país exportador de petróleo na América Latina, agregado ao impacto das demais variáveis macroeconômicas, faz com que a atividade econômica tenha um declínio após o quarto período, permanecendo em um patamar inferior ao inicial.

Ao analisar o impacto das variáveis no regime 2 que representa o aumento do preço do petróleo, verifica-se que a taxa de câmbio permanece estável até o período 4, com um leve aumento (depreciação da moeda). Após os 4 primeiros meses ocorre a apreciação da moeda. A valorização cambial decorrente do aumento do preço do petróleo beneficia as finanças públicas do país, dado que a Colômbia é um país exportador de petróleo.

Com o efeito amortecedor do câmbio, ocorre aumento dos preços domésticos, elevando a taxa de inflação a um patamar acima do inicial após 10 meses e impactando a taxa de juros, como resposta da política monetária. O comportamento das variáveis taxas de inflação e juros são similares ao regime 1, porém verifica-se que a velocidade e amplitude das respostas dessas variáveis é maior no regime de queda dos preços do petróleo frente às respostas quando ocorre

valorização dos preços do petróleo.

Em relação a resposta do investimento estrangeiro direto no regime 2, verifica-se inicialmente um impacto negativo, com recuperação até o período nove. O IED, após 10 meses, permanece em um patamar superior ao inicial, o que é justificado pelo incentivo a atividade de exploração do petróleo no país. Dessa forma, os impactos dos fluxos de capital estrangeiro sobre o crescimento econômico é positivo dada as características do setor petrolífero na Colômbia, em que a principal empresa produtora de petróleo no país tem alta participação do Estado e os fluxos de capital acabam sendo fundamentais para analisar a dinâmica dos gastos públicos e o comportamento do investimento total na Colômbia.

Dada a entrada de fluxos estrangeiros e a resposta das exportações frente um choque do petróleo no regime 2, a resposta da taxa de desemprego é uma queda frente ao choque do petróleo. Portanto, pode indicar-se que há assimetria no impacto e na velocidade de ajuste, regimes de preços do petróleo alto e baixo sobre as exportações da Colômbia e taxas de desemprego.

Ao analisar o regime de alta dos preços do petróleo, verifica-se um impacto positivo e imediato no índice de atividade econômica, permanecendo em um patamar superior ao inicial após cinco períodos. Estes resultados mostram a assimetria que existe em relação ao tipo de choque do preço do petróleo sobre a economia e mostram resultados esperados para um país exportador de petróleo como é o caso da Colômbia, pois choques associados ao período de valorização do preço significam uma maior entrada de recursos para economia exportadora. Outro resultado que deve ser destacado é que para o caso dos choques em períodos de aumento do preço causam um impacto sobre o IAE mais duradouro do que para os choques no período de desvalorização do preço.

A Tabela 7 mostra os coeficientes de repasse dos preços do petróleo utilizando a metodologia de Belaish (2003), após 10 períodos, para cada um dos regimes. Os coeficientes indicam uma forte evidência da maior sensibilidade dos fluxos de investimento estrangeiro direto e das exportações aos choques dos preços do petróleo. Ainda pode-se observar que no Regime 1, onde há depreciação da taxa de câmbio, levando a um aumento dos preços domésticos, com um aumento da inflação, faz com que a resposta da política monetária tenha um efeito mais acentuado que no regime 2. Ainda nota-se que o coeficiente de repasse dos preços do petróleo para o IED no regime 1 tem um efeito acumulativo maior que no regime 2, mesmo com a queda nos fluxos durante os 10 períodos. Ainda o resultado da Tabela 7 evidencia que, dada as características da economia colombiana, o índice de atividade econômica tem um impacto positivo no regime de alta dos preços do petróleo, puxada pela exportação e investimento estrangeiro direto, com redução da taxa de desemprego, combinada

com uma apreciação do câmbio, taxa de inflação menor e, conseqüentemente, uma taxa de juros mais baixa.

Tabela 7 – Coeficientes de Repasses dos Preços de Petróleo em cada um dos Regimes

Regimes	Câmbio	Inflação	Juros	IED	Desemprego	Exportação	IAE
Regime 1	6,07%	41,35%	68,87%	77,06%	0,77%	42,30%	-0,03%
Regime 2	-11,07%	3,58%	29,55%	73,23%	-9,15%	51,41%	1,62%

3.7 Conclusões

Neste capítulo analisou-se o impacto assimétrico dos choques do preço do petróleo sobre diversas variáveis macroeconômicas na Colômbia durante o período 2001 a 2019. Para isso, foram analisados canais de transmissão como as taxas de câmbio, de juros, de inflação e de desemprego, exportações, investimento estrangeiro direto e o índice de atividade econômica por meio de dois tipos de abordagens econométricas.

Primeiramente foi estimado um modelo vetor autorregressivo e estimados os coeficientes de repasse dos choques do preço do petróleo sobre as variáveis macroeconômicas analisadas, com o intuito de determinar os principais canais de transmissão ante variações do preço do petróleo. Além disso, por meio das funções resposta ao impulso foi possível determinar os impactos acumulados de choques no preço do petróleo sobre as variáveis macroeconômicas.

Os resultados dos coeficientes de repasse indicam que as exportações e o investimento estrangeiro direto são as variáveis mais sensíveis ante choques do preço do petróleo, podendo indicar que são os principais canais de transmissão ante variações dos preços do petróleo. O impacto acumulado de choques do preço do petróleo sobre o índice de atividade econômica indica um impacto positivo, que ocorre com maior intensidade no terceiro mês após o choque inicial. Além disso, foi estimado um impacto acumulado positivo sobre as exportações, o que ajuda a explicar a apreciação do câmbio estimada. No entanto, não foi encontrado um impacto significativo dos choques do preço petróleo sobre a índice de preços ao consumidor, taxa de juros, investimento estrangeiro direto e taxa de desemprego. Este resultado deve-se a diversos fatores como a característica linear do modelo VAR, que não considera choques positivos ou negativos. Como contribuição desta tese foi utilizada uma abordagem não linear de projeções locais que permite diferenciar entre regimes de desvalorização e valorização dos preços do petróleo no período, possibilitando assim avaliar os impactos assimétricos nas variáveis macroeconômicas.

Diferentemente das estimações do modelo VAR, os resultados da abordagem não

linear possibilitam analisar os impactos em dois regimes de valorização e desvalorização dos preços do petróleo sobre a taxa de câmbio, inflação e taxa de juros onde foram determinados impactos significativos e assimétricos. Para o regime de desvalorização dos preços do petróleo, foi encontrada uma depreciação da taxa de câmbio, acompanhada por um aumento da taxa de inflação devido a elevação nos custos de insumos para a produção de bens e serviços finais, sendo este repasse do câmbio para a inflação, também conhecido como efeito *Pass Through*, amplamente comprovado e discutido na literatura. Como resposta da política monetária, ocorre o aumento da taxa de juros. Esses impactos positivos fazem com que após dez meses o câmbio, a inflação e juros estabilizam-se em um patamar acima do impacto inicial. Efeito contrário ocorre nos resultados do regime de valorização dos preços do petróleo, onde é encontrado um efeito de apreciação do câmbio com o impacto sobre a inflação dado com maior intensidade somente após o décimo mês após o choque inicial.

Além disso, verificou-se que os aumentos dos preços afetam o índice de atividade econômica, com um aumento dos fluxos de investimento estrangeiro e das exportações. No entanto, quando se analisa o impacto da queda dos preços do petróleo, não se encontram evidências de reação do índice de atividade econômica, podendo-se assim concluir que existe assimetria na resposta da variável IAE às variações dos preços, o que é consistente com a condição de país exportador. Estes resultados são consistentes com os estudos de (JIMÉNEZ, 2010b) e (GIL; VILLEGAS, 2011) para a Colômbia.

Em geral, os resultados apresentados indicam a importância de analisar assimetricamente os distintos efeitos dos choques do preço do petróleo. Foram determinadas variáveis como a taxa de câmbio, o investimento estrangeiro direto e as exportações como os principais canais de transmissão a nível macroeconômico. Os impactos sobre estas variáveis por sua vez, podem ter efeitos sobre a nível setorial o que será analisado no próximo capítulo.

4 Impacto dos Choques dos Preços do Petróleo a Nível Setorial na Colômbia

A partir da revisão teórica das características do petróleo abordada no Capítulo 2 e da discussão dos impactos a nível macroeconômico apresentada no Capítulo 3, este capítulo tem por intuito determinar empiricamente como os choques no preço do petróleo impactam os setores produtivos da economia colombiana durante o período 2005-2019¹.

Existe uma extensa discussão teórica e empírica voltada para a análise dos impactos de variações nos preços do petróleo sobre a atividade produtiva. De acordo com a literatura, aumentos no preços do petróleo tendem a aumentar os custos de produção afetando em maior medida setores nos quais o petróleo e seus derivados são matérias primas fundamentais no processo de produção. Por outro lado, variações nos preços do petróleo tenderiam a impactar indiretamente os setores produtivos por meio da sua influência sobre variáveis macroeconômicas como taxas de câmbio e de juros, entre outras. O impacto final dependerá da somatória dos impactos nos canais diretos e indiretos, assim como das características dos setores analisados, agregada ao fato do país pesquisado ser importador ou exportador desta commodity (WANG; ZHANG, 2014).

Deste modo, neste capítulo procura-se estimar como regimes de desvalorização e valorização do preço do petróleo impactam os principais setores da economia colombiana. Por meio desta análise é possível identificar os setores da economia colombiana mais sensíveis ante os choques no preço do petróleo. Além disso, também é possível determinar a existência de assimetrias no repasse de choques no preço do petróleo sobre os setores da economia.

Este capítulo está organizado da seguinte forma: na Seção 4.1 é apresentada uma revisão bibliográfica sobre o tema. Na Seção 4.2 apresenta-se o contexto econômico dos diversos setores na economia colombiana. Por sua vez, na Seção 4.3 são apresentados os resultados das aplicações do modelo vetor autoregressivo com projeções locais e as respectivas conclusões.

4.1 Revisão Bibliográfica

Como discutido no Capítulo 3, a partir do trabalho “*Oil and the Macroeconomy since World War II*” de Hamilton (1983), surgiu uma extensa literatura empírica e teórica com o objetivo de analisar os canais de transmissão pelos quais variações no preço do petróleo

¹ O período a partir de 2005 é devido à disponibilidade de dados para os setores analisados.

impactam a atividade econômica, tendo como uma das questões a ser levada em conta é se o país analisado é importador ou exportador desta matéria prima.

Para o caso dos países importadores de petróleo, espera-se que aumentos no preço do petróleo tenham um impacto negativo sobre os diversos setores da economia, embora o efeito tenda a ser maior no setor industrial. Scholtens e Yurtsever (2012) indicam que existem diversas explicações para essa relação esperada. A primeira é assumida como um choque do lado da oferta, em que o aumento no preço do petróleo aumenta o custo de um insumo importante. Em segundo lugar é o choque do lado da demanda, em que é esperada uma transferência de renda dos países importadores de petróleo para os exportadores, o que reduz a demanda agregada e desacelera a atividade econômica nos países importadores de petróleo. Além disso, os autores discutem a existência de um impacto negativo sobre o mercado financeiro, pois choques nos preços desta commodity geram incertezas no mercado financeiro, refletidas no aumento da volatilidade no preço das ações.

Seguindo esta linha, Arshad, Zakaria e Junyang (2016) indicam que aumentos no preço do petróleo podem afetar os preços das ações indiretamente por meio do aumento na taxa de juros, o que reduz a demanda por empréstimos bancários, diminuindo a oferta de dinheiro na economia. Nesse cenário, o preço das ações diminuirão, dada a suposição de que aumentos no preço do petróleo aumentam os custos de produção das empresas e, na ausência de repasse integral desses custos aos consumidores, ocorre redução dos lucros e dividendos, que são os principais determinantes dos preços das ações.

No entanto, existe uma literatura que discute que os impactos tendem a ser assimétricos (LILIEN, 1982; JIMÉNEZ; SÁNCHEZ, 2005; TIQUE, 2015) pois, por um lado, espera-se que aumentos nos preços desta commodity gerem renda na economia local, melhorem os termos de troca e estimulem o consumo de bens industriais (BLACK, 2015). Contudo, existem impactos sobre as taxas de câmbio, de inflação e de juros que, por sua vez, refletem de forma indireta sobre os diversos setores econômicos. Por outro lado, espera-se que os setores intensivos em petróleo tendam a ser afetados em maior medida, pelo aumento no custo de produção, do que os impactos positivos dados via canais indiretos (TIQUE, 2015). Como consequência, o impacto final dependerá da somatória dos efeitos diretos e indiretos.

Wang e Zhang (2014) indicam que para o caso específico do setor industrial, o impacto final de choques no preço do petróleo dependerá das características energéticas, econômicas e estruturais dos principais setores industriais do país analisado, pois indústrias tipicamente intensivas em petróleo poderiam ter a capacidade de substituí-lo por outra fonte energética ou, devido às características estruturais e econômicas poderiam reagir de melhor maneira ante aumentos no preço deste insumo.

Como apresentado no Capítulo 3, choques nos preços do petróleo afetam variáveis macroeconômicas como taxas de câmbio, de inflação e de juros. Estes impactos macroeconômicos são repassados de forma indireta e assimétrica aos diversos setores da economia (JIMÉNEZ; SÁNCHEZ, 2005). Saucedo e González (2019) indicam que para os países exportadores um canal indireto que tem impactos determinantes sobre a indústria é a taxa de câmbio. Os autores indicam que, ante a valorização do câmbio esperada por aumentos no preço do petróleo, setores com maior vínculo ao setor externo tendem a ser impactados em maior medida.

A Tabela 8, apresenta um breve resumo da literatura relacionada aos impactos esperados de choques no preço do petróleo a nível setorial.

Tabela 8 – Revisão da Literatura Teórica

Pesquisas	Países	Resultados
Scholtens e Yurtsever (2012)	Zona do Euro (Importadores)	Aumento no preço do petróleo tem um impacto negativo sobre a produção industrial. Este efeito é dado tanto por canais de oferta como de demanda.
Arshad, Zakaria e Junyang (2016)	Paquistão (Importador)	Aumento no preço do petróleo afeta os preços das ações de forma direta pelo impacto nos lucros e indiretamente via taxa de juros.
Tique (2015)	Colômbia (Exportador)	Aumento no preço do petróleo tem efeito assimétrico sobre a indústria, sendo que o impacto final dependerá da somatória dos canais de transmissão diretos e indiretos.
Lilien (1982)	Estados Unidos (Importador)	Aumento no preço do petróleo leva à contração dos setores que utilizam, em maior medida, o petróleo e seus derivados no processo produtivo e sua capacidade de substituição por outra fonte de energia.
Wang e Zhang (2014)	China (Importador)	O impacto final de choques no preço do petróleo sobre a indústria dependerá das características econômicas, energéticas e estruturais dos principais setores industriais.
Jiménez e Sánchez (2005)	Membros da OCDE (Exportadores e Importadores)	Choques nos preços do petróleo afetam variáveis macroeconômicas. Estes impactos são repassados de forma indireta e assimétrica a diversos setores da indústria.
Saucedo e González (2019)	México (Exportador)	O principal canal de transmissão é a taxa de câmbio. Portanto, setores industriais com vínculo no exterior tenderão a ser impactados em maior medida.

Fonte: Elaboração própria.

Ainda, existe um ramo da literatura que procura determinar empiricamente como choques no preço do petróleo afetam o desempenho econômico, como discutido no Capítulo 3. Esta literatura pode ser dividida, novamente, para o caso dos países exportadores e importadores assim como dos canais de transmissão analisados.

4.1.1 Países Importadores de Petróleo

Para os países importadores é esperado que aumentos no preço do petróleo tenham um impacto negativo sobre o desempenho da indústria. Seguindo esta linha, Kumar (2005) analisa como os choques no preço do petróleo impactaram o desempenho industrial da Índia

para o período 1975-2004. A Índia é o sétimo maior consumidor de petróleo do mundo. Entre 2003-2004 este país despendeu cerca de US\$ 20 bilhões para atender a 70% do seu consumo, sendo que as importações de petróleo representaram 3,7% do produto interno bruto (PIB).

Para levar em conta à assimetria e as não linearidades entre os preços do petróleo e as variáveis macroeconômicas, Kumar (2005) utilizou diferentes especificações para modelar a variável preço do petróleo, sendo que cada uma sugerindo um canal diferente pelo qual os preços do petróleo podem afetar as atividades econômicas reais.

Utilizando um modelo VAR, o autor estimou que choques nos preços do petróleo afetaram negativamente o crescimento da produção industrial. No entanto, o impacto estimado pelo autor é relativamente pequeno. De fato, as estimativas da modelagem indicaram que para um aumento em cem por cento nos preços do petróleo, o produto industrial indiano tem uma queda de somente um por cento. O autor indicou que isto deve-se ao efeito do choque nos preços do petróleo sobre a taxa de câmbio, que compensou parcialmente o impacto negativo dos aumentos nos preço do petróleo sobre a indústria.

Por sua vez, Scholtens e Yurtsever (2012) pesquisaram o impacto dos choques no preço do petróleo sobre a indústria na Zona do Euro no período de 1983–2007. Os autores, utilizam um modelo VAR para investigar como 38 setores industriais respondem ante variações no preço do petróleo. Para tratar à assimetria das respostas dos diversos setores industriais em relação aos aumentos e diminuições nos preços do petróleo os autores utilizaram especificações distintas. Os resultados desta modelagem indicam que as indústrias produtoras de petróleo, gás, mineração e eletricidade são as mais sensíveis ante variações no preço. Porém, setores industriais que têm o petróleo como insumo, o padrão encontrado pelos autores é bastante diverso. Por exemplo, os resultados indicaram uma alta sensibilidade em setores com elevada intensidade energética, como companhias aéreas, transporte, silvicultura. Além disso, existem indústrias com uma necessidade substancial de petróleo, como a indústria química, resultaram serem insensíveis a variações nos preços.

Elyasiani, Mansur e Odusami (2011) estimaram a relação entre volatilidade dos preços do petróleo e preço das ações dos setores industriais nos Estados Unidos durante o período 1998-2006. Especificamente, os autores analisaram quatro setores industriais divididos em: substitutos do petróleo (Carvão, Eletricidade e Gás), relacionados ao petróleo (Extração de Petróleo, Refinaria de Petróleo), usuários de petróleo (Químico, Plástico, Metal, Maquinário, Equipamentos de Transporte e Transporte Aéreo) e Financeiro (Instituições Depositárias e Seguros). Por meio do uso de um modelo GARCH, os autores estimaram que os efeitos das flutuações nos retornos dos preços futuros do petróleo são diferentes entre os setores, no sentido de que o nível de retorno dos preços futuros afeta mais setores do que a volatilidade do

retorno do preço do petróleo para os setores substitutos do petróleo e relacionados ao petróleo, enquanto o inverso é válido para os setores de usuários de petróleo. O setor financeiro, por outro lado, é afetado tanto pelas mudanças no retorno dos preços futuros do petróleo quanto pela volatilidade do retorno do preço.

Por sua vez, Guidi (2009) analisou o caso do Reino Unido, no período 1970-2005. Por meio de um modelo VAR encontrou que os aumentos no preço do petróleo causaram diminuições na produção industrial, enquanto as reduções nos preços do petróleo não aumentaram a produção industrial tanto como no caso de aumentos no preço do petróleo.

Wang e Zhang (2014), analisaram o caso da indústria chinesa no período 2001-2011. Especificamente, determinaram empiricamente como as variações nos preços do petróleo impactaram os setores da indústria de metais, petroquímica e de alimentos. Os autores encontraram que a volatilidade nos preços do petróleo têm impactos assimétricos nos setores analisados, sendo que o setor da indústria petroquímica é o mais suscetível a choques no preço do petróleo. Por sua vez, o setor de alimentos é fracamente afetado por aumentos nos preços do petróleo.

Esses autores atribuem estes resultados ao fato do setor de alimentos na China ser pouco intensivo em petróleo. Espera-se que aumentos nos preços desta matéria prima impactem os custos de transporte, fertilizantes químicos e no consumo de combustível de máquinas agrícolas. No entanto, os autores apontaram que a agricultura da China é, principalmente, de mão-de-obra intensiva e o grau de mecanização é inferior ao da América e Europa, o que resulta em uma dependência relativamente baixa ao petróleo. Por sua vez, as indústrias petroquímicas estão mais relacionadas ao mercado de petróleo bruto já que esta commodity é a principal matéria-prima do setor petroquímico chinês.

Lee e Ni (2002) analisaram os efeitos dos choques do preço do petróleo sobre a demanda e oferta em 14 setores industriais nos Estados Unidos para o período 1960-1997. Por meio das respostas ao impulso do modelo VAR os autores indicam que, para indústrias que têm uma grande parcela do custo do petróleo, como refinaria de petróleo e produtos químicos industriais, choques no preço do petróleo reduzem principalmente a oferta. Em contraste, para muitas outras indústrias, como a indústria automobilística, os choques no preço do petróleo reduzem principalmente a demanda. Os autores sugerem que os choques no preço do petróleo influenciam a atividade econômica além do explicado pelos efeitos diretos do custo dos insumos, possivelmente por retardar às decisões de compra de bens duráveis.

As estimativas dos autores indicaram que os choques no preço do petróleo reduzem a oferta de refinarias de petróleo e produtos químicos industriais, e reduzem a demanda da maioria das 14 indústrias estudadas neste artigo. Entre todas as indústrias analisadas

pelos autores, o setor automobilístico é o afetado pelos choques no preço do petróleo. Os autores atribuem este resultado ao canal da demanda, já que aumentos prolongados no preço do petróleo tende a adiar as decisões de investimento e consumo de bens duráveis pelo seu impacto sobre a taxa de juros.

Por sua vez, Waheed et al. (2018) investigam o impacto de aumentos no preço do petróleo sobre os retornos das ações de diversos setores industriais no Paquistão durante o período de 1998 a 2014. Os resultados indicam um impacto negativo de aumentos no preço do petróleo sobre o retorno das ações dos principais setores industriais, como o têxtil e químico. Por sua vez, os autores não encontraram impactos significativos sobre a setor agrícola. Estes resultados são atribuídos a intensidade energética das indústrias analisadas.

4.1.2 Países Exportadores de Petróleo

Saucedo e González (2019) analisaram o caso da indústria mexicana para período 2002-2018, partindo primeiro de uma análise agregada e, a seguir, analisaram os diversos setores industriais. Para o agregado industrial, encontraram que variações nos preços do petróleo têm um impacto positivo, mas há assimetrias nos diversos setores da indústria, já que alguns reagem positivamente e outros de forma negativa ou não significativa.

Segundo os autores, o impacto positivo dos choques nos preços do petróleo sobre a indústria mexicana deve-se ao fato deste país ser exportador nato de petróleo. Dessa forma, aumentos dos preços implicam uma maior entrada de dólares na economia, melhorando assim o balanço de pagamentos. Da mesma forma, as receitas tributárias melhoraram, o que têm efeitos positivos indiretos sobre a atividade industrial. Além disso, para o autor as assimetrias encontradas nos subsetores da indústria é devido aos setores mais vinculados ao setor externo, os quais tendem a ser mais influenciados pelos choques nos preços do petróleo.

Por sua vez, Tique (2015) encontra uma relação positiva entre as variações nos preços do petróleo e atividade industrial na Colômbia para o período 1982-2013. Para Tique (2015), aumentos no preço do petróleo podem afetar de forma significativa os custos dos insumos industriais. No entanto, esse efeito tende a ser assimétrico entre os setores, pois depende do peso dos combustíveis na estrutura de custos e da facilidade de substituí-los por outro tipo de fonte energética. Portanto, para setores que têm essa capacidade de substituição, os efeitos indiretos das variações nos preços do petróleo, assim como o efeito no balanço de pagamentos e o aumento nas receitas tributárias do governo, acabam sendo maiores do que o aumento nos custos de produção.

Jiranyakul (2006b) analisa o impacto dos preços internacionais do petróleo e da taxa de câmbio sobre a produção industrial da Tailândia. Por meio do teste de cointegração de

Johansen, as estimações indicam que a taxa de câmbio real do dólar americano não afeta o índice de produção industrial na Tailândia, enquanto que os preços do petróleo e a oferta de moeda real impõem um impacto positivo sobre o índice.

A relação positiva entre o índice de produção industrial e os preços do petróleo indica que o setor manufatureiro pode se ajustar a maiores custos de produção no longo prazo. Embora, no curto prazo, a produção industrial é afetada pela oferta de moeda real, pela taxa de câmbio real e pelos preços internacionais do petróleo.

Por sua vez, Ayadi (2005) analisa o caso da Nigéria para o período 1964-2004. Segundo coloca o autor, a Nigéria é o sétimo maior produtor de petróleo do mundo e sua economia é fortemente dependente do petróleo, sendo que esta commodity é responsável por mais de 90% das receitas de exportação do país e mais de 80% da receita do governo vem desta fonte de energia.

A partir de um modelo VAR, o autor estima que variações no preço do petróleo afetam a taxa de câmbio real, a qual, por sua vez, afeta a produção industrial. No entanto, este efeito indireto dos preços do petróleo na produção industrial não é estatisticamente significativo. Portanto, a implicação dos resultados apresentados pelo autor é que um aumento nos preços do petróleo não tem um impacto significativo sobre a produção industrial na Nigéria. No entanto, pelo seu impacto significativo sobre a taxa de câmbio o autor indica a doença holandesa como uma das possíveis causas desse fato.

A Tabela 9 apresenta um quadro resumo da literatura empírica discutida nesta seção.

Tabela 9 – Revisão da Literatura Empírica

Pesquisa	País, Período	Metodologia	Resultados
Lee e Ni (2002)	Estados Unidos, 1960-1997	SVAR	Encontram uma relação negativa e assimétrica entre as variações nos preços do petróleo e atividade industrial.
Kumar (2005)	Índia, 1975-2004	VAR	Encontra que choques nos preços do petróleo afetaram negativamente o crescimento da produção industrial.
Ayadi (2005)	Nigéria, 1964-2004	VAR	Estima que as mudanças nos preços do petróleo não têm impacto na produção industrial.
Jiranyakul (2006a)	Tailândia, 1990-2004	VEC	Determina que os preços do petróleo tiveram efeito positivo sobre a produção industrial no longo prazo, enquanto os preços do petróleo tiveram efeito negativo sobre a produção industrial no curto prazo.
Guidi (2009)	Reino Unido, 1970-2005	VAR	Encontra que os aumentos no preço do petróleo causaram diminuições na produção industrial, enquanto as reduções nos preços do petróleo não aumentaram a produção industrial tanto como no caso de aumentos no preço do petróleo.
Saucedo e González (2019)	México, 2002-2018	SVAR	Estimam que os preços do petróleo tiveram efeito positivo sobre a produção industrial, mas encontraram assimetrias nos efeitos sobre os diversos setores industriais.
Tique (2015)	Colômbia, 1982-2013	VAR	Encontra uma relação positiva entre as variações nos preços do petróleo e atividade industrial.
Elyasiani, Mansur e Odusami (2011)	Estados Unidos, 1998-2006	GARCH	Analisa a relação entre a volatilidade dos preços do petróleo e o preço das ações de treze setores industriais. Determinam que as flutuações no preço do petróleo são um fator relevante na volatilidade das ações na maioria dos setores industriais.
Scholten e Yurtsever (2012)	Zona Euro, 1983-2007	VAR	Encontram que choques no preço do petróleo tem efeitos assimétricos sobre os diversos setores industriais.
Waheed et al. (2018)	Paquistão, 1998-2014	VAR	Estimam que aumentos no preço do petróleo tem um impacto negativo sobre o retorno das ações dos principais setores industriais do país como é o caso do setor têxtil e químico.

Fonte: Elaboração própria.

4.2 Contexto e Características dos Setores Produtivos da Economia Colombiana

Após a revisão da literatura apresentada, esta seção apresenta as principais características dos setores da economia colombiana para identificar como choques no preço do petróleo podem impactar assimetricamente esses setores. A seguir, é realizada uma breve descrição dos setores primário, secundário e terciário da economia colombiana.

A Colômbia possui vários setores-chave que contribuem para sua produção econômica. A Tabela 10 ilustra a decomposição do PIB por setores da economia no primeiro trimestre de 2023, considerando os dados com ajuste sazonal.

Tabela 10 – Decomposição do PIB por setores econômicos

Classificação dos Setores	Setores da Economia	Produção (Bilhões de Pesos)	Participação no PIB
Setor Primário	Agricultura, pecuária, caça, silvicultura e pesca	13.986	6%
	Mineração	9.423	4%
Setor Secundário	Indústria manufatureira	27.902	12%
	Construção	10.507	4%
Setor Terciário	Fornecimento de eletricidade, gás, distribuição de água e saneamento	6.887	7%
	Atacado e varejo; reparação de veículos; Transporte; Serviços de hotelaria e alimentação	41.466	17%
	Informações e Telecomunicações	7.573	3%
	Atividades financeiras e de seguros	12.939	5%
	Atividades imobiliárias	21.486	9%
	Atividades profissionais, científicas e técnicas; atividades administrativas e de serviços de apoio	16.273	7%
	Administração pública e defesa; planos de segurança social; Educação; Atividades de assistência à saúde pública e serviço social	35.245	15%
Atividades artísticas, recreativas e outras atividades de serviços	10.736	5%	
Valor agregado bruto		214.027	
Impostos menos subsídios sobre produtos		23.309	
Produto Interno Bruto		237.272	

Fonte: Elaboração própria a partir de DANE (2023).

Da Tabela 10 nota-se uma participação de 6% no setor agropecuário e de 4% da mineração. Segundo classificação do *Departamento Administrativo Nacional de Estadística da Colômbia* (DANE), estes dois setores compõem o setor primário da economia colombiana e, no primeiro trimestre de 2023, respondem por, aproximadamente, 10% do PIB. Os principais produtos do setor agropecuário estão: café, banana, flores, cana-de-açúcar, gado, arroz. Para o setor de mineração, destaca-se a produção de carvão, petróleo, gás natural, minério de ferro, ferroníquel e ouro. Além disso, no ano de 2022, o setor primário contribuiu com 68,2% das exportações da Colômbia, sendo que o petróleo e seus derivados respondem, aproximadamente, por 42% das exportações do país. Além disso, segundo o Banco da República, em

2022 o setor primário teve uma participação de 22,6% do investimento estrangeiro, sendo o petróleo responsável por 16,3% do total.

A Figura 24 apresenta a evolução do índice de produção do setor primário ao longo do período de 2005 a 2021, tendo como ano base 2015.

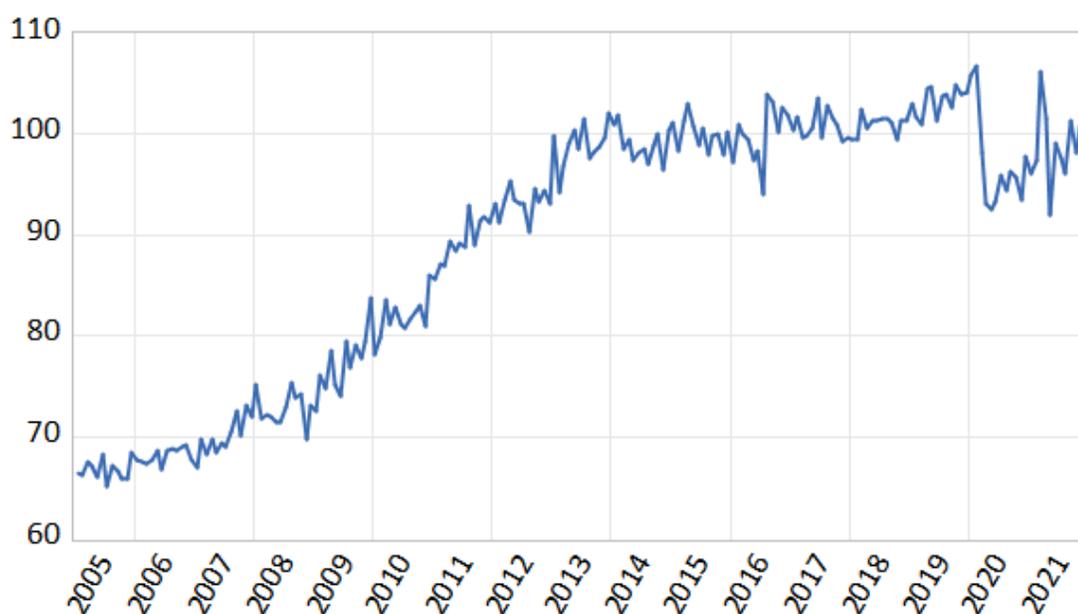


Figura 24 – Evolução do Setor Primário

Da Figura 24, nota-se um maior crescimento no índice de produção do setor primário durante o superciclo das commodities. Este crescimento está associado ao maior preço das commodities favorecendo produtos como o carvão, petróleo e café. A partir de 2015 verifica-se que a tendência de aumento da produção é interrompida, devido ao fim do superciclo. Nota-se, ainda, que no ano de 2020 houve uma queda na produção deste setor devido à pandemia COVID-19.

Os setores da construção e industrial compõem o chamado setor secundário. Como apresentado na Tabela 10 no primeiro semestre de 2023 o setor secundário representou 16% do PIB, sendo que somente a indústria manufatureira respondeu por 12% do PIB e gera em torno de 11,23% dos empregos. No setor industrial, destaca-se a produção de têxteis, produtos químicos, metalurgia, cimento, embalagens de papelão, resinas plásticas e bebidas. Por sua vez, o setor de construção civil teve um crescimento significativo nos últimos anos devido ao aumento de projetos de infraestrutura, urbanização e desenvolvimento imobiliário, gerando em torno de 7% dos empregos no país. A Figura 25 apresenta a evolução do índice

de produção do setor secundário ao longo do período de 2005 a 2021.

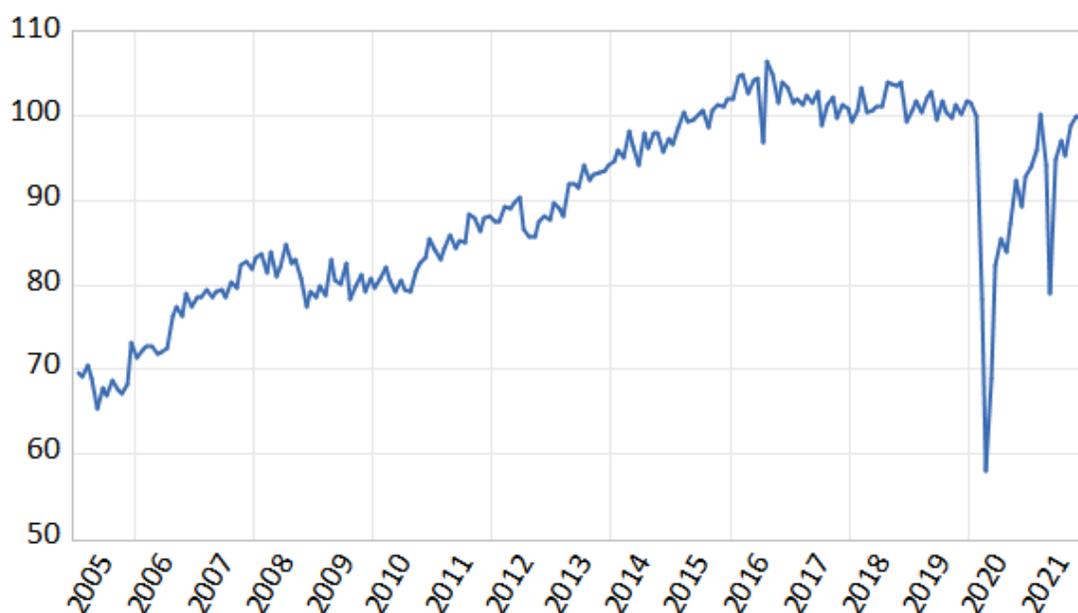


Figura 25 – Evolução do Setor Secundário

Da Figura 25 é possível observar crescimento no índice de produção do setor secundário. Durante o período 2005 a 2021, pode-se verificar quedas na produção deste setor como em 2008 causada pela crise financeira e em 2016 associada ao fim do superciclo e seus efeitos sobre as receitas governamentais e o dinamismo da economia em geral. Além disso, nota-se que em 2020 há uma queda acentuada devido à pandemia COVID-19, sendo este setor o mais afetado na economia colombiana.

Por sua vez, o setor terciário, o qual inclui a chamada economia de serviços é o maior setor produtivo colombiano representando 64% do PIB no primeiro trimestre de 2023. O setor terciário possui uma participação em torno de 64,7% do emprego no país e 60,8% do investimento estrangeiro, consolidando-o como o principal setor econômico da Colômbia. Neste setor, há distintas atividades econômicas relevantes como a comercial, de turismo e imobiliária, que juntos representam em torno de 26% do PIB.

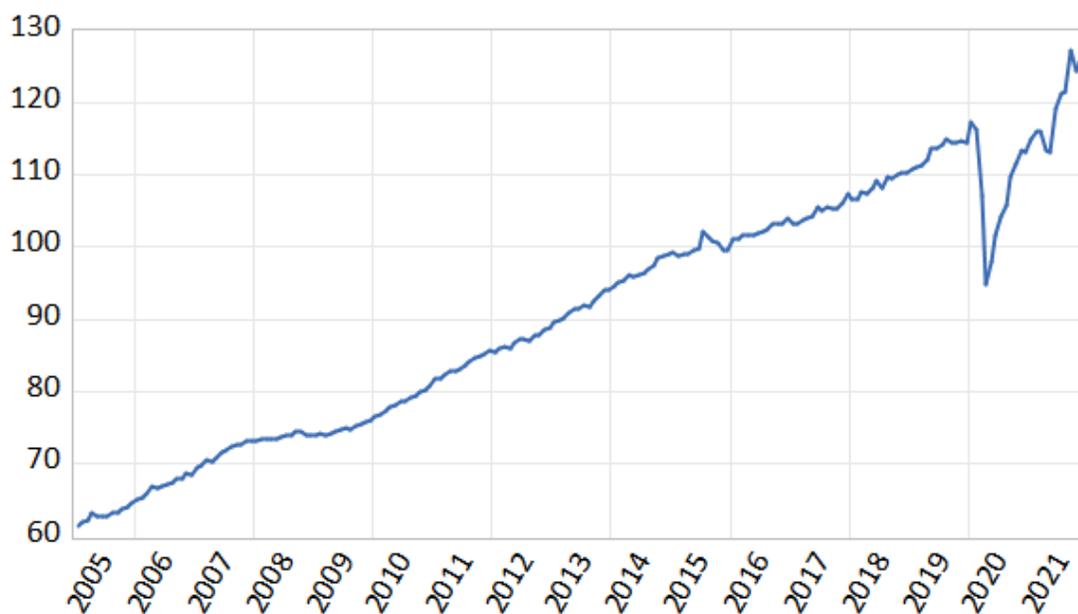


Figura 26 – Evolução do Setor Terciário

O ano de 2019 registrou o maior número de visitas de turistas 4,5 milhões. No entanto, em 2020, devido à pandemia, o turismo caiu em torno de 69,2%. O ano de 2021 deu sinais de recuperação, atingindo 2,1 milhões de visitantes, o que representa um aumento de 52,1% em comparação a 2020. Além disso, em termos de participação na geração de emprego, como apresentado na Figura 27, o setor de serviços gerou em torno de 67% dos empregos, seguido do setor secundário que tem uma participação de 19%, sendo que dentro deste setor, a indústria manufatureira tem uma contribuição de 11,2%. Por sua vez, o setor primário tem uma participação de 14% do emprego, associado, principalmente, à agricultura.

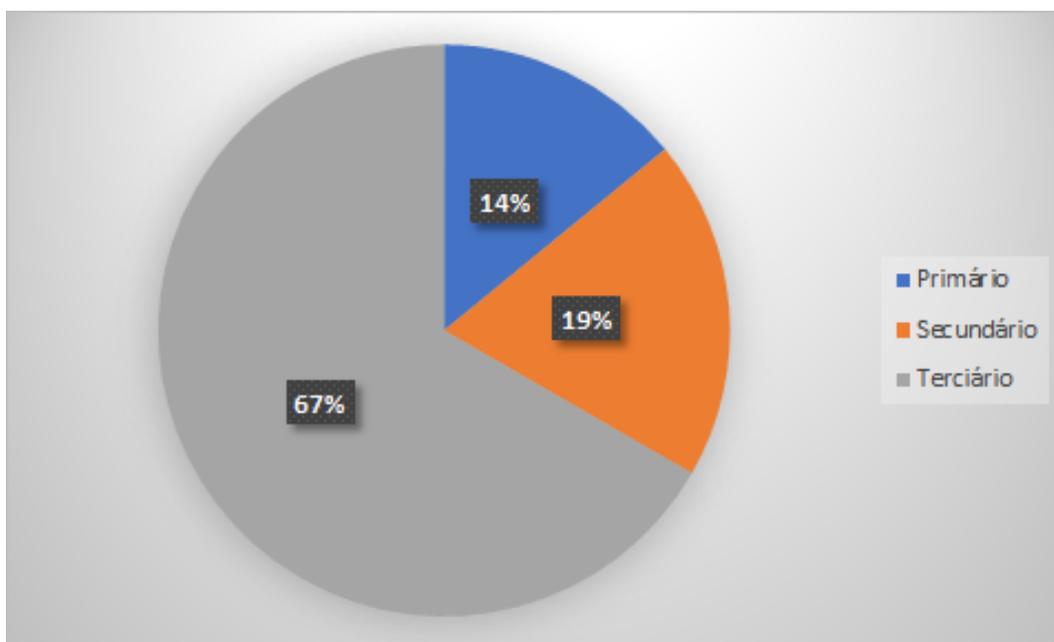


Figura 27 – Participação no Emprego dos Setores da Economia Colombiana 2022

Na próxima seção serão apresentadas as funções resposta ao impulso obtidas a partir da abordagem não linear e as projeções locais para a análise dos impactos do choque dos preços do petróleo nos setores primário, secundário e terciário, considerando os dados do período de 2005 a 2019.

4.3 Resultados das Funções Resposta ao Impulso

Para analisar os impactos dos choques nos preços do petróleo sobre os setores primário, secundário e terciário da economia colombiana é utilizada uma abordagem de projeções locais, a qual está baseada na especificação da modelagem apresentada no Capítulo 3. Portanto, nesta seção são apresentadas as funções resposta ao impulso que permitem analisar o efeito individual das variáveis endógenas quando é aplicado um choque aleatório nos preços do petróleo levando em consideração os regimes de aumento (valorização) e queda (desvalorização) dos preços do petróleo.

A Figura 28, apresenta os resultados da resposta do índice de produção do setor primário ao impulso de choques dos preço do petróleo para os regimes de desvalorização (Regime 1) e valorização (Regime 2) do preço do petróleo.

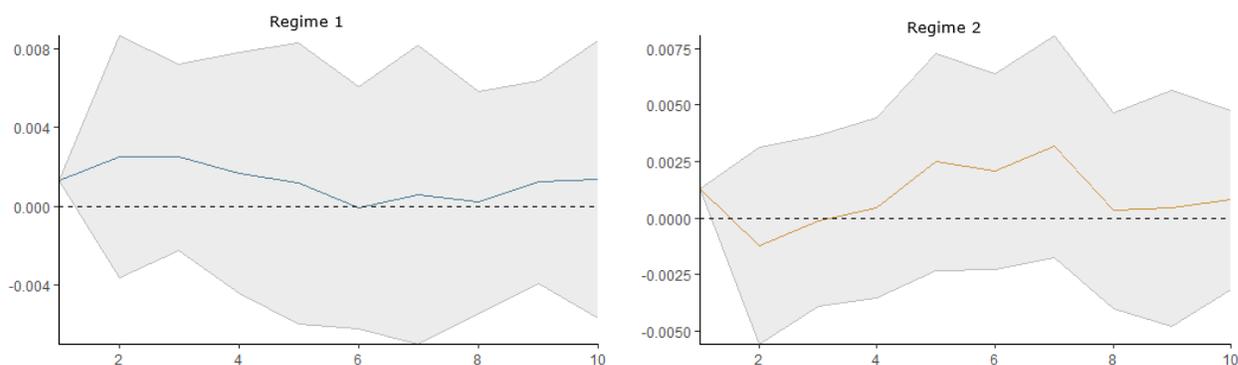


Figura 28 – Resposta do Setor Primário ao Impulso do Preço do Petróleo

Como discutido na Seção 4.2, o setor primário é composto pelas atividades Agricultura, Pecuária, Caça, Silvicultura e Pesca e de Mineração. No caso da agricultura, o petróleo e seus derivados são insumos relevantes no processo produtivo. Por sua vez, na mineração a exploração de petróleo é a principal atividade econômica do setor.

Da Figura 28, pode-se notar que no regime de preços baixos, há um aumento no setor primário, o que é justificado dado que a atividade de agricultura representa 6% da participação no PIB. O efeito positivo tem a duração de 3 períodos quando há uma queda na resposta do setor primário, voltando a recuperação após 6 meses, retornando ao patamar inicial após 9 períodos. Para o Regime 2, que representa o aumento dos preços do petróleo, o impacto inicial é negativo, porém após o segundo período, já ocorre um efeito inverso, com aumento da produção do setor primário. Este efeito positivo após o segundo período está relacionado ao fato do setor de mineração ter como atividade a exploração de petróleo sendo está a principal atividade econômica do setor. Estes resultados estão de acordo com a literatura, que apontam que setores mais intensivos em petróleo tendem a ser impactados em maior medida pelos choques no preço do petróleo (WANG; ZHANG, 2014).

Portanto, para a economia colombiana, o impacto do preço do petróleo para o setor primário, têm dois efeitos: aumentos no preço do petróleo incrementam os custos de produção no setor agrícola que são compensados pela geração de incentivos à exploração de petróleo no país, que dada a relevância da exploração e exportação de petróleo no país o segundo efeito acaba sendo predominante.

Para o caso do setor secundário, os resultados da Figura 29, apresentam a resposta do índice de produção deste setor ao impulso de choques valorização e desvalorização do preço do petróleo.

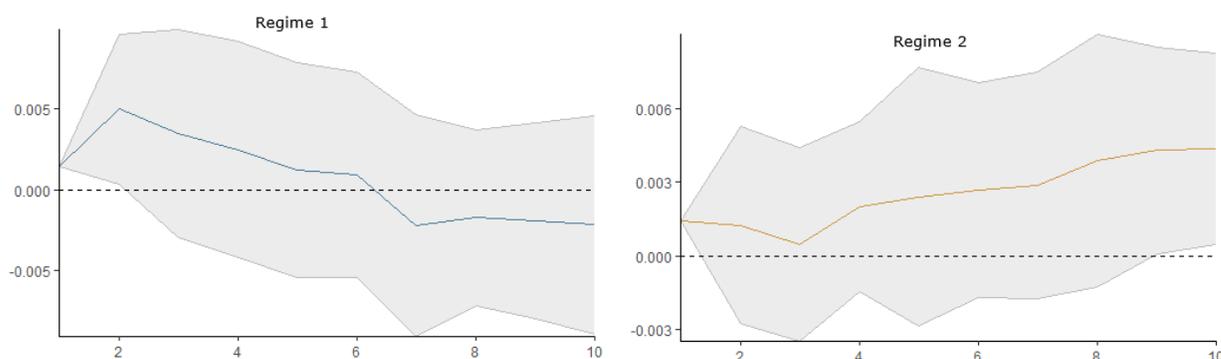


Figura 29 – Respostas do Setor Secundário ao Impulso do Preço do Petróleo

O setor secundário é composto pelas atividades da indústria manufatureira e construção civil. Na Figura 29, no caos do Regime 1, de queda dos preços do petróleo, nota-se que não há um efeito significativo e positivo após o choque inicial. No entanto, após o segundo período há um efeito negativo sobre o índice de produção, estabilizando em um patamar inferior após o período sete. Por sua vez, no caso do regime de aumento dos preços do petróleo, ocorre o impacto negativo até o terceiro mês, com a recuperação do setor após este período, que após o oitavo período estabiliza-se em um patamar acima do inicial.

Para analisar estes resultados é necessário diferenciar entre os impactos diretos e indiretos dos choques no preço do petróleo sobre o setor secundário. Os impactos diretos estão relacionados ao uso do petróleo como insumo no processo produtivo que, no caso do da indústria manufatureira, especificamente há diversos setores que utilizam o petróleo como insumo no seu processo produtivo. Exemplos das atividades que compõem este setor são petroquímica, da fabricação de produtos de refino de petróleo e atividade de mistura de combustíveis. De fato estes setores representam em torno de 37% da produção industrial. Portanto, estes setores tendem a ser impactados diretamente ante choques no preço do petróleo.

Por outro lado, os efeitos indiretos dos choques do preço do petróleo sobre este setor estão relacionados com as receitas fiscais do país. Pelo fato da economia colombiana ser exportadora de petróleo, choque nos preços internacionais impactam diretamente as receitas do país. Estas mudanças nas receitas do governo por sua vez, tem um impacto direto sobre o investimento em setores como o da construção que, por sua vez, gera dinamismo em outras atividades do setor secundário.

Como aponta por Otero (2020), nos últimos 15 anos, o setor da construção tem sido destaque na atividade econômica da Colômbia e tem sido alavancado pelo investimento do governo neste setor. Em períodos de maiores receitas fiscais para o país devido ao aumento do preço do petróleo, este setor tem sido favorecido pela execução de projetos de infraestrutura

como o programa de rodovias e de concessão de subsídios do governo para a política de habitação para a população com menor poder aquisitivo.

Portanto, como apresentado na Figura 29, choques associado ao regime de valorização do preço do petróleo geram um impacto positivo sobre o índice de produção do setor secundário. Por sua vez, para o caso de choques relacionados ao período de queda do preço do petróleo, o impacto é positivo, devido aos custos de produção que tendem a diminuir, porém, este impacto tende a cair com o aumento da inflação puxada pela demanda.

Por fim, a Figura 30 apresenta os resultados da resposta do índice de produção do setor terciário ao impulso de choques de desvalorização e valorização do preço do petróleo.

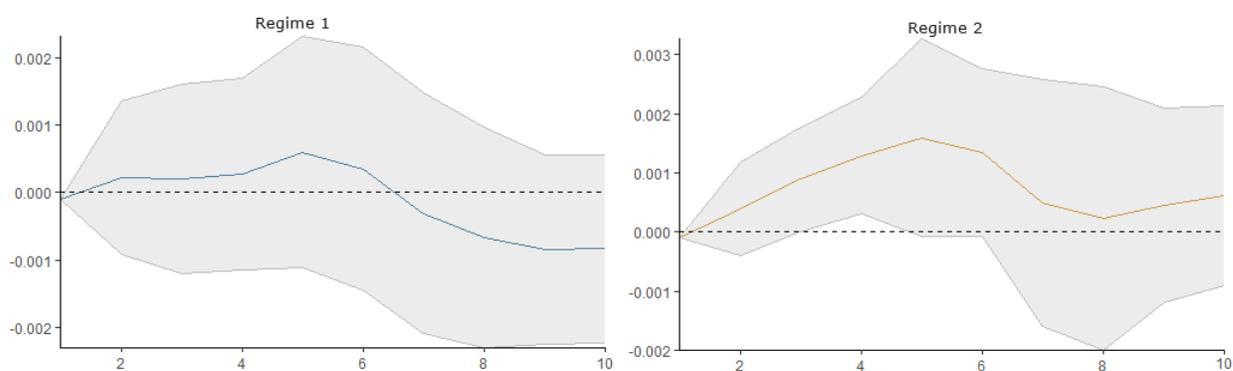


Figura 30 – Resposta do Setor Terciário ao Impulso do Preço do Petróleo

O setor terciário é composto majoritariamente por serviços, sendo o setor com maior participação no PIB e maior geração de empregos. Da Figura 30, nota-se que no regime 1 da queda do preço do petróleo ocorre um impacto positivo neste setor até o quinto período, para em seguida ter a queda no índice de produção associado ao setor terciário. Como apontado no Capítulo 3, o choque nos preços do petróleo em período de queda do preço causa uma depreciação do câmbio, com aumento das taxas de inflação e de juros. Ainda, neste regime ocorre um aumento da taxa de desemprego, queda da exportação e do índice de atividade econômica. Estes impactos negativos justificam o impacto do choque no petróleo no setor que possui alta participação no PIB e na geração de empregos da Colômbia.

No Regime 2, de aumento do preço do petróleo, ocorre um impacto positivo e com maior intensidade e duração no índice de produção do setor terciário, fazendo com que após 10 períodos o impacto do choque estabilize em um patamar acima do inicial. Estes resultados, podem ser analisados levando em consideração o fato do setor terciário não estar relacionado diretamente à atividade petroléira, além da participação deste setor no PIB e na geração de empregos no país, é esperado que choques no preço do petróleo impactem de forma indireta o desempenho do setor.

Os efeitos indiretos relacionados a um aumento no preço do petróleo tem um impacto positivo para uma país exportador desta commodity como é o caso da Colômbia. Efeitos positivos como a melhora nos termos de troca, aumento das receitas fiscais acabam favorecendo o setor terciário e o dinamismo da economia em geral.

A Tabela 11 apresenta os valores de repasse dos preços do petróleo a partir do impacto acumulado nos três setores, após 10 períodos. Constatase que o setor primário, que tem como atividades os setores de Agricultura e de Mineração, o regime 1 de preços baixos tem um efeito mais duradouro no índice de produção deste setor, dada a importância da atividade agrícola tem na economia colombiana.

No setor secundário, o efeito do choque dos preços do petróleo é mais significativo no regime 2 de aumento de preços, dado que este setor é composta pela indústria manufatureira e construção civil. Como já discutido anteriormente, a Colômbia é um país exportador de petróleo, choques nos preços do petróleo impactam diretamente as receitas do governo que por sua vez tem um efeito sobre o investimento em setores como a construção civil.

Por fim, verifica-se que os repasses dos choques dos preços do petróleo sobre o setor terciário é positivo no regime 2 de aumento dos preços devido aos impactos indiretos dado que este setor contém as atividades de serviços e não estão diretamente relacionados à atividade petrolífera.

Tabela 11 – Coeficientes de Repasses dos Preços de Petróleo em cada um dos Regimes

Regimes	Setor Primário	Setor Secundário	Setor Terciário
Regime 1	6,22%	1,86%	-0,29%
Regime 2	1,89%	5,54%	1,42%

4.4 Conclusões

Neste capítulo analisou-se os impactos assimétricos dos choques do preço do petróleo a nível setorial na Colômbia durante o período 2005-2019.

Para o setor primário, composto pelas atividades agrícolas e de mineração, teve um impacto positivo na atividade econômica deste setor no regime de desvalorização do preço do petróleo. No regime de alta dos preços, após o impacto negativo no primeiro momento, ocorre um aumento na atividade econômica puxada pela atividade de mineração.

Por sua vez, para o setor secundário no regime de queda do preço foi estimado um efeito positivo no primeiro instante, com queda em seguida, e no regime de aumento do preço

foi estimado um impacto positivo sobre o índice de produção deste setor secundário².

Para o caso do setor terciário, foi estimado um impacto positivo do preço do petróleo até o quinto período em ambos regimes, sendo que para o regime de queda do preço este impacto passa a ser negativo após o sétimo período. Para o regime de preço alto, foi estimado um aumento no índice de produção do setor terciário ao longo dos 10 períodos. De forma geral, o impacto estimado neste setor é menor do que o encontrado nos setores primário e secundário.

Uma das questões apontadas para analisar as assimetrias encontradas nos setores analisados ante os diversos choques no preço do petróleo são os impactos diretos e indiretos desta commodity sobre a economia. Por um lado, aumentos no preço do petróleo incrementam os custos de produção dos setores diretamente relacionados ao petróleo, sendo que o contrário acontece para quedas no preço do petróleo. Os efeitos indiretos estão relacionados com as receitas fiscais do país, melhora nos termos de troca e maior dinamismo da atividade econômica no país. Dessa forma, os setores primário e secundário que estão diretamente relacionados ao setor petrolífero acabam tendo impactos diretos e indiretos ante choques no preço do petróleo, mas no caso do setor terciário os efeitos acabam sendo dados principalmente de forma indireta.

² Este setor é composto pela indústria manufatureira e construção civil, tendo assim impactos diretos e indiretos dadas as oscilações nos preços do petróleo

5 Conclusões

Choques nos preços do petróleo impactam as economias de países desenvolvidos e emergentes. Esses impactos dependem, por exemplo, se o país é exportador ou importador de petróleo, bem como a relevância desse insumo na cadeia produtiva e no mercado de bens finais da economia em análise. Outros aspectos que tem influencia sobre os impactos dos choques do petróleo são a integração da indústria da transformação e a existência de mecanismos como fundos de riqueza soberana criados pelos governos para proteger as economias dos países exportadores da volatilidade no preço do barril de petróleo. Devido a essa série de características, existe uma extensa literatura, teórica e empírica, que procura determinar os canais de transmissão pelos quais os preços do petróleo impactam direta e indiretamente a economia.

Entre os canais amplamente pesquisados na literatura, destacam-se variáveis como a inflação e taxa de juros, por tratar-se de um insumo fundamental dentro do processo produtivo (DOĞRUL; SOYTAS, 2010). Dessa forma, espera-se que aumentos no preço de petróleo tendem a aumentar os custos de produção e, portanto, possam ter efeitos inflacionários que, por sua vez, podem ter impactos sobre a política monetária (COLOGNI; MANERA, 2008).

Além disso, aumentos no preço do petróleo tendem a impactar de forma assimétrica os diversos setores da economia. Segundo, Hammoudeh, Dibooglu e Aleisa (2004), os setores mais impactados são aqueles relacionados diretamente à mineração, extração e refino de petróleo, indústria de transporte e indústrias de manufatura altamente intensivas em petróleo como petroquímica, alumínio, aço, entre outras. De forma geral, os resultados da literatura empírica são inconclusivos, pois os impactos dos choques nos preços do petróleo sobre a economia dependem das características macroeconômicas, energéticas e geopolíticas do país em questão.

Esta tese teve como objetivo analisar os impactos assimétricos dos choques do preço do petróleo na economia colombiana de forma agregada e setorial. A partir desta análise foram determinados os principais canais de transmissão, assim como as assimetrias de choques positivos e negativos do preço do petróleo sobre a economia. Para essa análise foi ajustado um modelo vetor autorregressivo com mudança de regime, pois esta abordagem possibilita analisar as assimetrias das variações dos preços do petróleo e seus impactos sobre a economia colombiana.

Para tanto, no Capítulo 2 foram analisadas as principais características do mercado do petróleo, tanto no contexto internacional como na Colômbia, com o destaque para a influência

do setor petrolífero na economia colombiana. Apesar de ser um player pequeno no mercado de petróleo com 0,1% das reservas e 0,9% da produção mundial, o petróleo constitui-se no maior produto exportado do país. O petróleo representa em torno de 33% das exportações da Colômbia, sendo as receitas do petróleo as principais contribuintes das finanças do governo central.

No Capítulo 3 foi analisado o impacto a nível macroeconômico, com o intuito de determinar os principais canais de transmissão dos distintos choques no preço do petróleo, assim como possíveis assimetrias em termos de duração e impacto entre choques positivos e negativos. Para isso, foram consideradas variáveis como a inflação, taxa de câmbio real, investimento estrangeiro direto, taxa de juros, exportações, desemprego e índice de atividade econômica.

Primeiramente, foi estimado um modelo vetor autorregressivo e estimados os coeficientes de repasse dos choques do preço do petróleo sobre as variáveis macroeconômicas analisadas, com o intuito de determinar os principais canais de transmissão ante variações do preço do petróleo. Além disso, por meio das funções resposta ao impulso foi possível determinar os impactos acumulados de choques no preço do petróleo sobre as variáveis macroeconômicas.

Os resultados dos coeficientes de repasse indicam que as exportações como a variável mais sensível ante choques do preço do petróleo, podendo indicar que o principal canal de transmissão ante variações dos preços do petróleo. Por sua vez, as funções resposta ao impulso acumuladas de choques do preço do petróleo sobre o índice de atividade econômica indicou um impacto positivo, que ocorre com maior intensidade no terceiro mês após o choque inicial. Além disso, foi estimado um impacto acumulado positivo sobre as exportações, o que ajuda a explicar a apreciação da taxa de câmbio. No entanto, não foi encontrado um impacto significativo dos choques do preço do petróleo sobre o índice de preços ao consumidor, taxa de juros, investimento estrangeiro direto e taxa de desemprego. Este resultado deve-se a diversos fatores como a característica linear do modelo VAR, que não considera choques positivos ou negativos.

Como contribuição desta tese foi utilizada uma abordagem não linear de projeções locais que permite diferenciar entre regimes de desvalorização e valorização dos preços do petróleo no período, possibilitando assim avaliar os impactos assimétricos nas variáveis macroeconômicas. Diferentemente das estimações do modelo VAR, os resultados da abordagem não linear possibilitam analisar os impactos em dois regimes de valorização e desvalorização dos preços do petróleo sobre a taxa de câmbio, inflação e taxa de juros onde foram determinados impactos significativos e assimétricos. Para o regime de desvalorização dos preços do petróleo, foi encontrada uma depreciação da taxa de câmbio, acompanhada por um aumento

da taxa de inflação devido a elevação nos custos de insumos para a produção de bens e serviços finais, sendo este repasse do câmbio para a inflação, também conhecido como efeito *Pass Through*, amplamente comprovado e discutido na literatura. Como resposta da política monetária, ocorre o aumento da taxa de juros. Esses impactos positivos fazem com que após dez meses o câmbio, a inflação e juros estabilizam-se em um patamar acima do impacto inicial. Efeito contrário ocorre nos resultados do regime de valorização dos preços do petróleo, onde é encontrado um efeito de apreciação do câmbio com o impacto sobre a inflação dado com maior intensidade após o décimo mês do choque inicial.

Além disso, verificou-se que os aumentos dos preços afetam o índice de atividade econômica, com um aumento dos fluxos de investimento estrangeiro e das exportações. No entanto, quando se analisa o impacto da queda dos preços do petróleo, não se encontram evidências de reação do índice de atividade econômica, podendo-se assim concluir que existe assimetria na resposta da variável IAE às variações dos preços, o que é consistente com a condição de país exportador. Estes resultados são consistentes com os estudos de (JIMÉNEZ, 2010b) e (GIL; VILLEGAS, 2011) para a Colômbia.

No Capítulo 4 foi analisado o impacto assimétrico dos choques do preço do petróleo a nível setorial na Colômbia durante o período 2005-2019. Os resultados encontrados mostraram assimetrias nos impactos dos regimes de preços altos e baixos sobre os setores primário, secundário e terciário.

Uma das questões apontadas para analisar as assimetrias nos diferentes setores ante os choques no preço do petróleo são os impactos diretos e indiretos desta commodity sobre a economia. Por um lado, aumentos no preço do petróleo incrementam os custos de produção dos setores diretamente relacionados ao petróleo, sendo que o contrário acontece para quedas no preço do petróleo. Por sua vez, os efeitos indiretos estão relacionados às receitas fiscais do país, melhora nos termos de troca e maior dinamismo da atividade econômica. Portanto, os setores primário e secundário que estão diretamente relacionados ao petróleo acabam tendo impactos diretos e indiretos ante choques no preço do petróleo, mas no caso do setor terciário os efeitos acabam sendo dados principalmente de forma indireta.

Após análise dos impactos acumulados a partir dos coeficientes de repasse dos preços sobre os índices de produção dos três setores, constatou-se que os efeitos das variações dos preços do petróleo são mais persistentes e de maior intensidade nos setores primário e secundário, por estes estarem diretamente relacionados a setores dependentes dessa commodity. O setor terciário, que contém as atividades relacionadas à serviços tem impactos menores e para o regime de queda dos preços, os efeitos acumulados indicam um impacto negativo no índice de produção deste setor. No regime de valorização dos preços do petróleo, ocorre um

impacto acumulado positivo no índice de produção deste setor, causado principalmente pelos efeitos indiretos nas taxas de desemprego e nas demais variáveis macroeconômicas analisadas nesta tese.

Em suma, os resultados encontrados nesta pesquisa constituem-se em importantes referências para o caso colombiano assim como para a literatura econômica. Além disso, nesta tese foi realizada uma análise setorial agregada pelo que futuras pesquisas podem analisar de forma desagregada o impacto sobre cada um dos subsetores que compõem a indústria focando aqueles mais relacionados ao petróleo. Este tipo de análise possibilita abrir a discussão sobre o encadeamento da indústria do petróleo na Colômbia e sua sensibilidade ante choques do preço do petróleo.

Referências

- AGUILAR, T.; CORTÉS, S.; OLIVERA, M. Ingresos fiscales por explotación de recursos naturales en Colombia. *Banco Interamericano de Desarrollo*, 2013.
- AHMED, H. J. A.; WADUD, M. Role of oil price shocks on macroeconomic activities: an SVAR approach to the Malaysian economy and monetary responses. *Energy Policy*, v. 39, n. 12, p. 8062–8069, 2011. ISSN 0301-4215. Clean Cooking Fuels and Technologies in Developing Economies.
- AL-MULALI, U. et al. Examining the bi-directional long run relationship between renewable energy consumption and GDP growth. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 22, p. 209–222, 2013. ISSN 1364-0321.
- AMANO, R.; NORDEN, S. V. Oil prices and the rise and fall of the US real exchange rate. *Journal of International Money and Finance*, Elsevier, v. 17, n. 2, p. 299–316, abr. 1998.
- ARAGÓN-CALDERÓN, M. A.; URBANO-URBANO, M. Z. et al. *Relación entre el precio del petróleo y la tasa de cambio: el caso Colombiano (2000–2017)*. Tese (Doutorado) — Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, 2018.
- ARROYO, A.; COSSÍO, F. *Impacto fiscal de la volatilidad del precio del petróleo en América Latina y el Caribe: estudio sobre las causas y las consecuencias de la caída de los precios del petróleo y análisis de opciones de política para encaminar sus impactos*. [S.l.]: CEPAL, 2015.
- ARSHAD, A.; ZAKARIA, M.; JUNYANG, X. Energy prices and economic growth in Pakistan: a macro-econometric analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 55, p. 25–33, 2016. ISSN 1364-0321.
- ASGHAR, N.; NAVEED, T. A. Pass-through of world oil prices to inflation: a time series analysis of Pakistan. *Pakistan Economic and Social Review*, JSTOR, v. 53, n. 2, p. 269–284, 2015.
- AUERBACH, A.; GORODNICHENKO, Y. Output spillovers from fiscal policy. *American Economic Review*, v. 103, n. 3, p. 141–46, 2013.
- AYADI, O. F. Oil price fluctuations and the Nigerian economy. *OPEC review*, Wiley Online Library, v. 29, n. 3, p. 199–217, 2005. ISSN 0277-0180.
- BAFFES, J. et al. The great plunge in oil prices: causes, consequences, and policy responses. *Consequences, and Policy Responses*, June 2015.
- BALA, U.; CHIN, L. Asymmetric impacts of oil price on inflation: an empirical study of African OPEC member countries. *Energies*, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 11, n. 11, p. 3017, 2018.

- BÉJAR, R. C. América Latina: un nuevo modelo económico de crecimiento. *Boletín Económico de ICE*, n. 3084, p. 31–46, 2017.
- BELAISH, A. *Exchange rate pass through in Brazil*. [S.l.]: IMF Working Paper, 2003.
- BINDER, C.; MAKRIDIS, C. Stuck in the seventies: gas prices and consumer sentiment. *The Review of Economics and Statistics*, MIT Press - Journals, v. 104, n. 2, p. 293–305, march 2022.
- BLACK, C. *Preços de commodities, termos de troca e crescimento econômico brasileiro nos anos 2000*. 2015. 27–44 p.
- BRAHMASRENE, T.; HUANG, J.-C.; SISSOKO, Y. Crude oil prices and exchange rates: causality, variance decomposition and impulse response. *Energy Economics*, v. 44, p. 407–412, 2014. ISSN 0140-9883.
- BREDOW, S. M. S. et al. A alta nos preços de commodities nos anos 2000 contribuiu para as exportações brasileiras de manufaturados? uma avaliação empírica para parceiros selecionados. In: *46º Encontro Nacional de Economia – ANPEC*. [S.l.: s.n.], 2018.
- BROWN, S. P. A.; YUCEL, M. K.; THOMPSON, J. *Business cycles: the role of energy prices*. [S.l.]: FEDERAL RESERVE BANK OF DALLAS, 2003.
- BUENO, R. de Losso da S. *Econometria de séries temporais*. São Paulo: Cengage Learning, 2015. ISBN 0198774508.
- CARDOSO, G. A. M.; SALAZAR, A. M. Evolución de las tasas de interés y de usura en colombia y latinoamérica. Universidad Icesi, 2019.
- CAVALCANTI, T.; JALLES, J. T. Macroeconomic effects of oil price shocks in Brazil and in the United States. *Applied Energy*, v. 104, p. 475–486, 2013. ISSN 0306-2619.
- CLO, A. *Oil economics and policy*. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2000. ISBN 0-7923-7906-3.
- COLOGNI, A.; MANERA, M. Oil prices, inflation and interest rates in a structural cointegrated VAR model for the G-7 countries. *Energy Economics*, v. 30, n. 3, p. 856–888, 2008.
- COOPER, R. N.; ADELMAN, M. A. *The Genie Out of the Bottle: World Oil since 1970*. [S.l.]: JSTOR, 1996. v. 75. 138 p.
- CUARESMA, J. C.; BREITENFELLNER, A. *Crude oil prices and the euro-dollar exchange rate: a forecasting exercise*. [S.l.]: Working Papers in Economics and Statistics, 2008.
- CUNADO, J.; Perez de Gracia, F. Oil prices, economic activity and inflation: evidence for some Asian countries. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, v. 45, n. 1, p. 65–83, 2005. ISSN 1062-9769.
- DICKEY, D. A.; FULLER, W. A. Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root. *Econometrica*, JSTOR, v. 49, n. 4, p. 1057–1072, jul. 1981.

- DOĞRUL, H. G.; SOYTAS, U. Relationship between oil prices, interest rate, and unemployment: evidence from an emerging market. *Energy Economics*, Elsevier, v. 32, n. 6, p. 1523–1528, nov 2010.
- ECHAVARRÍA, J. Colombia: ventajas y requisitos de la flotación cambiaria. *Fedesarrollo*, p. 174–198, 2020.
- ECHAVARRÍA-SOTO, J. J.; TORO, J. H.; ESGUERRA, M. *Informe de gestión*. [S.l.]: Banco de la República de Colombia, 2021.
- ELLIOTT, G. On the robustness of cointegration methods when regressors almost have unit roots. *Econometrica*, JSTOR, v. 66, p. 149–158, 1998. Disponível em: <<http://www.jstor.com/stable/2998544>>.
- ELYASIANI, E.; MANSUR, I.; ODUSAMI, B. Oil price shocks and industry stock returns. *Energy Economics*, v. 33, n. 5, p. 966–974, 2011. ISSN 0140-9883.
- ENDERS, W. *Applied econometric time series*. Hoboken, NJ: Wiley, 2009. ISBN 0521547873.
- EPE. *Contexto Mundial e Preço do Petróleo: uma visão de longo prazo*. [S.l.]: Empresa de Pesquisa Energética, 2008.
- FATTOUH, B. *OPEC pricing power: The need for a new perspective*. [S.l.]: Oxford Institute for Energy Studies, 2007.
- FRANCIS, N.; RESTREPO-ÁNGEL, S. Sectoral and aggregate response to oil price shocks in the Colombian economy: SVAR and local projections approach. *Borradores de Economía*; No. 1055, Banco de la República de Colombia, 2018.
- FRANCO, L. M. H. El comportamiento del precio del petróleo Brent y los ingresos tributarios: un desafío fiscal para el gobierno colombiano, 2007-2020. *Revista Derecho Fiscal*, n. 19, p. 109–131, 2021. ISSN 2346-2434.
- GALINDO, A. J.; STEINER, R. Asymmetric interest rate transmission in an inflation-targeting framework: The case of Colombia. *Latin American Journal of Central Banking*, v. 3, n. 3, p. 100069, 2022. ISSN 2666-1438.
- GARCÍA, E. C.; SARMIENTO, J. D. S.; ORTEGA, R. E. H. Inflación y Covid-19: un ejercicio para Colombia. *Revista de economía del Rosario*, Universidad del Rosario, v. 25, n. 1, p. 1, 2022.
- GEORGELLIS, Y. The oil price shocks and the unit root hypothesis: the UK experience. *Applied Economics*, Routledge, v. 26, n. 8, p. 827–830, ago. 1994.
- GIL, J. M. U.; VILLEGAS, I. M. U. *Otro País Exportador Neto de Petróleo y sus Reacciones Macroeconómicas ante Cambios del Precio: Colombia*. [S.l.]: Documentos de Trabajo, CIDSE, Universidad del Valle, 2011.
- GOLUB, S. Oil prices and exchange rates. *The Economic Journal*, JSTOR, v. 93, n. 371, p. 576–593, 1983. ISSN 0013-0133.

GRANGER, C. W. J. Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral Methods. *Econometrica*, JSTOR, v. 37, n. 3, p. 424, ago. 1969. ISSN 0012-9682.

GRIFFIN, J. M.; TEECE, D. J. *OPEC behaviour and world oil prices*. [S.l.]: Routledge, 2016. ISBN 1138646857.

GUIDI, F. The economic effects of oil prices shocks on the uk manufacturing and services sector. 2009. Disponível em: <<https://mpra.ub.uni-muenchen.de/16171/>>.

GUPTA, R. et al. The impact of disaggregated oil shocks on state-level real housing returns of the united states: the role of oil dependence. *Finance Research Letters*, Elsevier, v. 43, p. 102029, 2021.

HAMILTON, J. Oil and the Macroeconomy since World War II. *Journal of Political Economy*, v. 91, n. 2, p. 228–48, 1983.

HAMMOUDEH, S.; DIBOGLU, S.; ALEISA, E. Relationships among U.S. oil prices and oil industry equity indices. *International Review of Economics & Finance*, Elsevier BV, v. 13, n. 4, p. 427–453, jan. 2004. ISSN 1059-0560.

HERRERA, A. M.; KARAKI, M. B.; RANGARAJU, S. K. Oil price shocks and U.S. economic activity. *Energy Policy*, v. 129, p. 89–99, 2019. ISSN 0301-4215.

HODRICK, R. J.; PRESCOTT, E. C. Postwar us business cycles: an empirical investigation. *Journal of Money, Credit, and Banking*, JSTOR, v. 29, n. 1, p. 1–16, 1997. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/2953682?origin=crossref>>.

IMPULSE response analysis in nonlinear multivariate models. *Journal of Econometrics*, v. 74, n. 1, p. 119–147, 1996. ISSN 0304-4076.

JAMMAZI, R.; LAHIANI, A.; NGUYEN, D. K. A wavelet-based nonlinear ardl model for assessing the exchange rate pass-through to crude oil prices. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, v. 34, p. 173–187, 2015. ISSN 1042-4431.

JIMÉNEZ, J. R. P. El impacto de los precios del petróleo sobre el crecimiento económico de Colombia. *Revista de economía del Rosario*, Universidad del Rosario, v. 13, n. 1, p. 75–116, 2010.

JIMÉNEZ, J. R. P. El impacto de los precios del petróleo sobre el crecimiento económico en Colombia. *Revista de Economía del Rosario*, v. 13, n. 1, p. 75–116, 2010.

JIMÉNEZ, R.; SÁNCHEZ, M. Oil price shocks and real GDP growth: empirical evidence for some OECD countries. *Applied Economics*, Routledge, v. 37, n. 2, p. 201–228, fev. 2005.

JIRANYAKUL, K. The impact of international oil prices on industrial production: the case of thailand. *Economic Review*, v. 1, n. 2, p. 35–42, 2006.

JIRANYAKUL, K. The response of industrial production to the price of oil: New evidence for thailand. *Economic Review*, v. 1, n. 2, p. 35–42, 2006. ISSN 1556-5068.

- JORDÀ, Ò. Estimation and inference of impulse responses by local projections. *American economic review*, v. 95, n. 1, p. 161–182, 2005.
- KILIAN, L. The economic effects of energy price shocks. *Journal of Economic Literature*, v. 46, n. 4, p. 871–909, 2008.
- KOCAARSLAN, B.; SOYTAS, M. A.; SOYTAS, U. The asymmetric impact of oil prices, interest rates and oil price uncertainty on unemployment in the US. *Energy Economics*, v. 86, p. 104625, 2020. ISSN 0140-9883.
- KRUGMAN, P. Oil shocks and exchange rate dynamics. In: *Exchange rates and international macroeconomics*. [S.l.]: University of Chicago Press, 1983. p. 259–284.
- KUMAR, S. The macroeconomic effects of oil price shocks: Empirical evidence for India. *SSRN Electronic Journal*, Elsevier BV, 2005. ISSN 1556-5068.
- LE, T.-H.; LE, A. T.; LE, H.-C. The historic oil price fluctuation during the Covid-19 pandemic: What are the causes? *Research in International Business and Finance*, v. 58, 2021. ISSN 0275-5319.
- LEE, K.; NI, S. On the dynamic effects of oil price shocks: a study using industry level data. *Journal of Monetary Economics*, v. 49, n. 4, p. 823–852, 2002. ISSN 0304-3932.
- LILIEN, D. M. Sectoral shifts and cyclical unemployment. *Journal of political economy*, The University of Chicago Press, v. 90, n. 4, p. 777–793, 1982. ISSN 0022-3808.
- LOWINGER, T.; WIHLBORG, C.; WILLMAN, E. Opec in world financial markets: Oil prices and interest rates. *Journal of International Money and finance*, Elsevier, v. 4, n. 2, p. 253–266, 1985.
- MARCOLINO, L.; CARNEIRO, R. *Sistema financeiro e desenvolvimento no Brasil : do Plano Real a crise financeira*. [S.l.]: Editora Grafica Atitude Publisher Brasil, 2010. ISBN 9788585938642.
- MARTÍNEZ, A. Impacto de un nuevo panorama de los precios del petróleo en las diferentes regiones de colombia. *Cuadernos PNUD*, 2016. ISSN 978-958-8971-04-9.
- MAUGERI, L. *The age of oil: the mythology, history, and future of the world's most controversial resource*. Westport, Conn: Praeger Publishers, 2006. ISBN 9780275990084.
- MELO, L. A.; RAMOS, J. E.; ZARATE, H. Bonanzas y crisis de la actividad petrolera y su efecto sobre la economía colombiana. *Borradores de Economía; No. 961*, Banco de la República, 2016.
- MONTERROSA, R. R.; GARCÍA, A. T. El desempeño macroeconómico colombiano en el cuatrienio pastrana: recesión y recuperación frágil. *Perfil de Coyuntura Económica*, Universidad de Antioquia, Facultad de Ciencias Económicas, n. 2, p. 37–63, 2003.
- NEWKEY, W.; WEST, K. Hypothesis testing with efficient method of moments estimation. *International Economic Review*, JSTOR, p. 777–787, 1987.

ONO, G. S. *Análise do Impacto dos Preços das Commodities sobre a Inflação no Brasil*. Dissertação (Mestrado) — FGV, 2014.

OTERO, J. D. Q. Not all sectors are alike: Differential impacts of shocks in oil prices on the sectors of the colombian economy. *Energy Economics*, Elsevier, v. 86, p. 104691, 2020. ISSN 0140-9883.

PAYNE, J. E. The causal dynamics between US renewable energy consumption, output, emissions, and oil prices. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, Taylor and Francis, v. 7, n. 4, p. 323–330, 2012.

PESARAN, M. H. *Time Series and Panel Data Econometrics*. [S.l.]: Oxford, 2015.

PFAFF, B. *Analysis of integrated and cointegrated time series with R*. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2008.

PHILLIPS, P. C. B.; PERRON, P. Testing for a unit root in time series regression. *Biometrika*, Oxford University Press, v. 75, p. 335–346, 1988. Disponível em: <<http://www.jstor.com/stable/2336182>>.

REYES, M. A. S. *Crónica de la concesión de mares: Apuntes sobre los principales acontecimientos que antecedieron a la creación de la Empresa Colombiana de Petróleos*. [S.l.]: Ecopetrol, 2019.

RIBEIRO, C. G.; NETO, H. B. A.; SENE, T. S. A oscilação do preço do petróleo: uma análise sobre o período entre 2010-2015. *Estudos Internacionais: revista de relações internacionais da PUC Minas*, v. 6, n. 1, p. 87–106, 2018.

RIBEIRO, F. et al. *Economia brasileira no período 1987-2013: relatos e interpretações da análise de conjuntura no IPEA*. [S.l.]: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), 2015. ISBN 978-85-7811-258-5.

RINCÓN-CASTRO, H. Precios de los combustibles e inflación. *Banco de la República de Colombia*, p. 421–442, 2011. Disponível em: <<https://repositorio.banrep.gov.co/bitstream/handle/20.500.12134/360/?sequence=1>>.

RINCÓN, L. Análisis de la formación de precios del mercado de la gasolina en Colombia y Ecuador. *Repositorio Universidad Autónoma de Bucaramanga*, 2012. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/20.500.12749/14857>>.

ROSSI, P. Taxa de câmbio no Brasil: dinâmicas da arbitragem e da especulação. *Observatório da economia global*, 2012.

SÁNCHEZ, H. C. *Reformas e inversión en la industria de hidrocarburos de América Latina*. [S.l.]: CEPAL, 2004.

SAUCEDO, E.; GONZÁLEZ, J. Efecto de los precios del petróleo en la actividad económica sectorial de México. análisis para el periodo 2002–2018. *Revista mexicana de economía y finanzas*, Instituto Mexicano de Ejecutivos de Finanzas, AC, v. 14, n. 2, p. 221–243, 2019.

- SCHEITRUM, D. P.; CARTER, C. A.; REVOREDO-GIHA, C. Wti and brent futures pricing structure. *Energy Economics*, v. 72, p. 462–469, 2018. ISSN 0140-9883.
- SCHOLTENS, B.; YURTSEVER, C. Oil price shocks and European industries. *Energy Economics*, v. 34, n. 4, p. 1187–1195, 2012. ISSN 0140-9883.
- SERJE, M.; STEINER, C. La magia del petróleo: una aproximación a la historia social de ecopetrol. *Ecopetrol, Energía limpia para el futuro*, v. 60, p. 319–360, 2011.
- SERRANO, F. A mudança na tendência dos preços das commodities nos anos 2000: aspectos estruturais. *OIKOS (Rio de Janeiro)*, v. 12, n. 2, 2014.
- SIEMINSKI, A. *International Energy Outlook*. 2014. Disponível em: <https://www.eia.gov/pressroom/presentations/sieminski_11182014.pdf>.
- SIMS, C. A. Macroeconomics and reality. *Econometrica*, JSTOR, v. 48, n. 1, p. 1, jan. 1980. ISSN 0012-9682.
- STEVENSON, E. 2003-2008 oil price shock: Changing effects of oil shocks on the economy. *Lehigh University*, 2018. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/228665034.pdf>>.
- TIQUE, S. L. G. *Impacto de los precios del petróleo sobre el crecimiento económico, evidencia para Colombia (1982-2013)*. Dissertação (Mestrado) — Universidad Nacional de Colombia, 2015. Disponível em: <<http://bdigital.unal.edu.co/48291/1/1019017948.2015.pdf>>.
- TORO, J. et al. El choque petrolero y sus implicaciones en la economía colombiana. *Borradores de economía*, v. 906, p. 1–65, 2015.
- VOLKOV, N. I.; YUHN, K. hyang. Oil price shocks and exchange rate movements. *Global Finance Journal*, Elsevier BV, v. 31, p. 18–30, nov. 2016. ISSN 1044-0283.
- WAHEED, R. et al. Impact of oil prices on firm stock return: industry-wise analysis. *Empirical Economics*, Springer, v. 55, n. 2, p. 765–780, 2018.
- WANG, P.; DUNNE, P. Real exchange rate fluctuations in east asia: Generalized impulse-response analysis. *Asian Economic Journal*, Wiley Online Library, v. 17, n. 2, p. 185–203, 2003.
- WANG, X.; ZHANG, C. The impacts of global oil price shocks on china fundamental industries. *Energy Policy*, Elsevier BV, v. 68, p. 394–402, maio 2014.
- WU, M.-H.; NI, Y.-S. The effects of oil prices on inflation, interest rates and money. *Energy*, v. 36, n. 7, p. 4158–4164, 2011. ISSN 0360-5442.
- ZIVOT, E.; ANDREWS, D. W. K. Further evidence on the great crash, the oil-price shock, and the unit-root hypothesis. *Journal of Business & Economic Statistics*, Informa UK Limited, v. 20, n. 1, p. 25–44, 2002.

6 Anexos

6.0.1 Causalidade de Granger

Nesta seção são apresentados os resultados do teste de causalidade de Wiener-Granger, ou causalidade de Granger. Este é um teste estatístico usado para determinar se uma série temporal pode prever outra. A Tabela 12 apresenta os resultados da análise causalidade para o caso do preço do petróleo. Note que segundo os resultados da tabela 8, a variável que Granger-causa o preço do petróleo é a taxa de cambio. Além disso as variáveis macroeconômicas em conjunto influenciam o preço do petróleo.

Tabela 12 – Causalidade de Granger Preço do Petróleo
Variável dependente: Preço do Petróleo

Excluded	Chi-sq	df	Prob.
Câmbio	22.09288	2	0.0000
Inflação	1.080239	2	0.5827
Juros	2.497542	2	0.2869
IED	3.854162	2	0.1456
Desemprego	3.931271	2	0.1401
Exportação	0.776777	2	0.6781
IAE	4.516294	2	0.1045
All	39.77923	14	0.0003

Por sua vez, a Tabela 13 apresenta os resultados da análise causalidade para a taxa de juros. Note que segundo os resultados da Tabela 13, a variável que Granger-causa a taxa de juros é a inflação. Além disso as variáveis macroeconômicas em conjunto influenciam desempenho da taxa de juros.

Tabela 13 – Causalidade de Granger Juros

Variável dependente: Taxa de Juros

Excluded	Chi-sq	df	Prob.
Preço do Petróleo	1.022586	2	0.5997
Câmbio	1.341379	2	0.5114
Inflação	17.91854	2	0.0001
IED	0.186371	2	0.9110
Desemprego	1.114681	2	0.5727
Exportação	0.957137	2	0.6197
IAE	0.264053	2	0.8763
All	21.61851	14	0.0868

Por sua vez, a Tabela 14 apresenta os resultados da análise causalidade para a inflação. Note que segundo os resultados da Tabela 14, as variáveis que Granger-causa a inflação são a taxa de juros e a taxa de câmbio. Além disso as variáveis macroeconômicas em conjunto influenciam desempenho da inflação.

Tabela 14 – Causalidade de Granger Inflação

Variável dependente: Inflação

Excluded	Chi-sq	df	Prob.
Preço do Petróleo	0.230093	2	0.8913
Câmbio	14.24314	2	0.0008
Juros	10.19456	2	0.0061
IED	0.752967	2	0.6863
Desemprego	1.713845	2	0.4245
Exportação	0.740073	2	0.6907
IAE	0.455296	2	0.7964
All	30.83857	14	0.0058

Por sua vez, a Tabela 15 apresenta os resultados da análise causalidade para a taxa de câmbio. Note que segundo os resultados da Tabela 15, nenhuma das variáveis no modelo Granger-causa a taxa de câmbio.

Tabela 15 – Causalidade de Granger Taxa de Câmbio

Variável dependente: Taxa de Câmbio

Excluded	Chi-sq	df	Prob.
Preço do Petróleo	2.871003	2	0.2380
Inflação	1.520803	2	0.4675
Juros	0.021704	2	0.9892
IED	0.909530	2	0.6346
Desemprego	1.126481	2	0.5694
Exportação	2.537480	2	0.2812
IAE	1.355364	2	0.5078
All	13.79997	14	0.4647

Por sua vez, a Tabela 16 apresenta os resultados da análise causalidade para a taxa de desemprego. Note que segundo os resultados da Tabela 16, nenhuma das variáveis no modelo Granger-cause a taxa de desemprego.

Tabela 16 – Causalidade Desemprego

Variável dependente: Desemprego

Excluded	Chi-sq	df	Prob.
Preço do Petróleo	0.781137	2	0.6767
Câmbio	2.423103	2	0.2977
Inflação	2.704836	2	0.2586
Juros	0.565548	2	0.7537
IED	1.629220	2	0.4428
Exportação	0.305565	2	0.8583
IAE	1.801620	2	0.4062
All	10.86167	14	0.6969

Por sua vez, a Tabela 17 apresenta os resultados da análise causalidade para as exportações. Note que segundo os resultados da Tabela 17, as variáveis que Granger-cause as exportações são a taxa taxa de câmbio e o preço do petróleo. Além disso as variáveis macroeconômicas em conjunto influenciam desempenho das exportações.

Tabela 17 – Causalidade de Granger Exportação

Variável dependente: Exportação

Excluded	Chi-sq	df	Prob.
Preço do Petróleo	17.83412	2	0.0001
Câmbio	6.860317	2	0.0324
Inflação	1.323948	2	0.5158
Juros	0.517026	2	0.7722
IED	0.163727	2	0.9214
Desemprego	1.228798	2	0.5410
IAE	0.056967	2	0.9719
All	41.64252	14	0.0001

Por sua vez, a Tabela 18 apresenta os resultados da análise causalidade para o investimento estrangeiro direto. Note que segundo os resultados da Tabela 18, nenhuma das variáveis no modelo Granger-cause o investimento estrangeiro direto.

Tabela 18 – Causalidade de IED

Variável dependente: IED

Excluded	Chi-sq	df	Prob.
Preço do Petróleo	0.867519	2	0.6481
Câmbio	0.198415	2	0.9056
Inflação	2.798075	2	0.2468
Juros	0.352578	2	0.8384
Desemprego	2.586468	2	0.2744
Exportação	1.453100	2	0.4836
IAE	1.230207	2	0.5406
All	10.58502	14	0.7183

Por sua vez, a Tabela 19 apresenta os resultados da análise causalidade para o índice de atividade econômica. Note que segundo os resultados da Tabela 19, as variáveis que Granger-cause o índice de atividade econômica são a taxa taxa de juros e as exportações. Além disso as variáveis macroeconômicas em conjunto influenciam desempenho das exportações.

Tabela 19 – Causalidade de Granger IAE

Variável dependente: IAE

Excluded	Chi-sq	df	Prob.
Preço do Petróleo	3.361271	2	0.1863
Câmbio	1.970867	2	0.3733
Inflação	0.080182	2	0.9607
Juros	8.118509	2	0.0173
IED	1.904952	2	0.3858
Desemprego	0.516403	2	0.7724
Exportação	6.277206	2	0.0433
All	23.03555	14	0.0597

6.0.2 Decomposição da variância do erro de previsão

Nesta seção são apresentados os resultados da decomposição de variância do erro de previsão para cada uma das séries com o intuito de determinar os principais canais de transmissão dos choques nos preços do petróleo.

A Tabela 20, mostra os resultados da decomposição da variância do erro de previsão do preço do petróleo. Os resultados indicam que em um primeiro instante a variação do petróleo é explicada pelo próprio preço (100%). Ainda observa-se que a variação do petróleo se estabiliza em torno de 83% após 5 meses, tendo uma participação da taxa de câmbio de 8,71%. Estes resultados são esperados dada a característica exógena desta variável, como observado na análise de causalidade granger apresentada na seção anterior.

Tabela 20 – Decomposição da variância do preço do petróleo

Período	Petróleo	Câmbio	Inflação	Juros	IED	Desemprego	Exportação	IAE
1	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	88.07	6.96	0.20	0.33	1.01	1.46	0.26	1.65
3	84.93	8.76	1.14	0.87	0.99	1.41	0.26	1.60
4	84.13	8.74	1.41	0.99	1.31	1.52	0.27	1.60
5	83.81	8.71	1.57	1.14	1.32	1.54	0.27	1.60
6	83.61	8.69	1.69	1.24	1.33	1.54	0.28	1.59
7	83.45	8.69	1.77	1.31	1.32	1.55	0.28	1.59
8	83.37	8.68	1.81	1.36	1.33	1.54	0.28	1.59
9	83.32	8.68	1.84	1.39	1.33	1.54	0.28	1.59
10	83.29	8.68	1.85	1.41	1.32	1.54	0.28	1.59

Por sua vez, a Tabela 21, mostra os resultados da decomposição da variância do erro da taxa de câmbio. Os resultados indicam que em um primeiro instante a variação da taxa de câmbio é explicada por a mesma taxa com (93,88%) e 6,11% pelo preço do petróleo. Ainda observa-se que a variação da taxa de câmbio se estabiliza em torno de 88% após quatro meses, tendo uma participação do preço do petróleo de 7,74% e das exportações de 1,37%. Este resultado respalda o encontrado nas funções resposta ao impulso onde foi determinado que choques no preço do petróleo é um dos principais determinantes da taxa de câmbio.

Tabela 21 – Decomposição da variância da taxa do câmbio

Período	Petróleo	Câmbio	Inflação	Juros	IED	Desemprego	Exportação	IAE
1	6.11	93.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	6.32	91.06	0.18	0.06	0.21	0.36	1.27	0.50
3	7.40	89.02	0.77	0.06	0.58	0.37	1.24	0.52
4	7.74	88.31	0.97	0.07	0.58	0.37	1.37	0.54
5	7.74	88.16	1.05	0.08	0.61	0.39	1.39	0.55
6	7.73	88.11	1.06	0.13	0.61	0.39	1.38	0.55
7	7.73	88.07	1.07	0.15	0.62	0.39	1.39	0.55
8	7.73	88.05	1.08	0.16	0.62	0.39	1.39	0.55
9	7.72	88.03	1.09	0.17	0.62	0.39	1.39	0.55
10	7.72	88.02	1.10	0.17	0.62	0.39	1.39	0.55

A Tabela 22, a Tabela 21, mostra os resultados da decomposição da variância do erro da taxa de juros. Os resultados indicam que em um primeiro instante a variação da taxa de câmbio é explicada por a mesma taxa com (96,09%) e 3,89% pelo índice de preços ao consumidor que reflete a inflação. Ainda observa-se que a variação da taxa de juros se estabiliza em torno de 78% após cinco meses, tendo uma participação da inflação de 19,61% e da taxa de câmbio de 0,65%.

Tabela 22 – Decomposição da variância da taxa de juros

Período	Petróleo	Câmbio	Inflação	Juros	IED	Desemprego	Exportação	IAE
1	0.00	0.02	3.89	96.09	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.04	0.21	5.99	92.96	0.03	0.39	0.26	0.09
3	0.09	0.28	13.83	85.03	0.03	0.34	0.28	0.11
4	0.13	0.33	17.95	80.82	0.03	0.32	0.31	0.09
5	0.14	0.57	19.61	78.83	0.04	0.37	0.33	0.09
6	0.14	0.65	20.30	78.04	0.07	0.37	0.32	0.09
7	0.14	0.66	20.76	77.58	0.07	0.37	0.32	0.09
8	0.14	0.66	21.09	77.24	0.08	0.37	0.33	0.09
9	0.14	0.68	21.31	77.03	0.08	0.37	0.32	0.09
10	0.13	0.67	21.43	76.89	0.07	0.37	0.32	0.09

A Tabela 23, mostra os resultados da decomposição da variância do erro de previsão do índice de preços ao consumidor o qual reflete a inflação. Os resultados indicam que em um primeiro instante a variação da inflação é explicada pelo próprio índice (99,78%) e 0.15% e 0.06% pelo preço do petróleo e taxa de câmbio respectivamente. Ainda observa-se que a variação da inflação se estabiliza em torno de 85% após cinco meses, tendo um aumento na participação da taxa de câmbio até 8,25%. Também pode observar-se um aumento na participação da taxa de juros, que no quinto mês representa 4,70% da decomposição da variância do erro de previsão da inflação. Este resultado respalda o encontrado nos coeficientes de repasse e das funções resposta ao impulso onde foi determinada a existência de um efeito pass-through.

Tabela 23 – Decomposição da variância da inflação

Período	Petróleo	Câmbio	Inflação	Juros	IED	Desemprego	Exportação	IAE
1	0.15	0.06	99.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.13	5.08	94.44	0.01	0.02	0.00	0.27	0.00
3	0.13	8.37	88.20	2.34	0.26	0.35	0.25	0.06
4	0.22	8.30	86.25	3.92	0.59	0.34	0.27	0.08
5	0.26	8.25	85.46	4.70	0.59	0.34	0.28	0.08
6	0.26	8.17	85.21	5.01	0.60	0.34	0.29	0.09
7	0.26	8.15	84.99	5.25	0.60	0.35	0.29	0.09
8	0.25	8.14	84.82	5.42	0.60	0.35	0.29	0.09
9	0.25	8.13	84.72	5.53	0.60	0.35	0.29	0.09
10	0.25	8.12	84.66	5.60	0.60	0.35	0.29	0.09

A Tabela 24, mostra os resultados da decomposição da variância do erro de previsão da taxa de desemprego. Os resultados indicam que em um primeiro instante a variação da taxa de desemprego é explicada pela própria taxa (96,72%). Ainda observa-se que a variação da taxa de desemprego se estabiliza em torno de 88% após quatro meses, tendo uma participação da taxa de câmbio 3,94%, e de 1,96% do investimento estrangeiro direto.

Tabela 24 – Decomposição da variância da taxa de desemprego

Período	Petróleo	Câmbio	Inflação	Juros	IED	Desemprego	Exportação	IAE
1	0.64	1.35	0.05	1.22	0.00	96.72	0.00	0.00
2	0.65	2.43	0.72	0.98	0.00	95.18	0.00	0.01
3	0.64	2.89	0.81	1.14	0.62	92.86	0.01	0.98
4	1.04	3.94	1.93	1.11	1.94	88.93	0.03	1.04
5	1.03	3.92	2.07	1.25	1.96	88.38	0.30	1.05
6	1.10	3.92	2.07	1.25	1.95	88.19	0.36	1.12
7	1.11	3.94	2.07	1.28	2.01	88.07	0.37	1.13
8	1.12	3.94	2.08	1.29	2.00	88.03	0.37	1.12
9	1.12	3.95	2.08	1.29	2.01	88.00	0.39	1.13
10	1.12	3.95	2.08	1.29	2.01	87.98	0.40	1.13

A Tabela 25, mostra os resultados da decomposição da variância do erro de previsão das exportações. Os resultados indicam que em um primeiro instante a variação das exportações é explicada em (86,20%) por a mesma variável e 12,45% pelo preço do petróleo. Ainda observa-se que a variação das exportações se estabiliza em torno de 85% após quatro meses, tendo uma participação do petróleo de 8,83%, e 1,7% da taxa de câmbio. Este resultado é esperado dada a relevância do petróleo nas exportações na Colômbia.

Tabela 25 – Decomposição da variância das exportações

Período	Petróleo	Câmbio	Inflação	Juros	IED	Desemprego	Exportação	IAE
1	12.46	0.00	0.48	0.08	0.43	0.32	86.20	0.00
2	8.48	1.62	0.83	0.05	0.29	0.23	88.43	0.04
3	8.73	1.69	1.51	0.22	0.35	0.26	86.54	0.66
4	8.83	1.66	1.64	0.23	0.62	0.39	85.89	0.71
5	8.88	1.79	1.76	0.27	0.62	0.62	85.34	0.71
6	8.87	1.79	1.76	0.30	0.66	0.71	85.19	0.70
7	8.86	1.79	1.77	0.30	0.66	0.71	85.17	0.72
8	8.86	1.80	1.78	0.31	0.68	0.73	85.12	0.72
9	8.86	1.80	1.78	0.31	0.69	0.73	85.10	0.72
10	8.86	1.81	1.78	0.31	0.69	0.73	85.09	0.72

A Tabela 26, mostra os resultados da decomposição da variância do erro de previsão do índice de atividade econômica. Os resultados indicam que em um primeiro instante a variação do IAE é explicada pelo próprio índice (92,73%) e 4,4% pelas exportações. Ainda observa-se que a variação do IAE se estabiliza em torno de 81% após seis meses, tendo uma participação da taxa de juros de 5,72%, e o aumento da participação das exportações em 8,51%.

Tabela 26 – Decomposição da variância do IAE

Período	Petróleo	Câmbio	Inflação	Juros	IED	Desemprego	Exportação	IAE
1	0.05	0.73	0.32	0.98	0.11	0.28	4.77	92.73
2	0.11	0.94	0.28	3.20	1.02	0.23	6.35	87.86
3	0.61	1.30	0.28	5.84	0.97	0.22	6.25	84.51
4	0.65	1.34	0.41	5.76	0.97	0.21	7.86	82.77
5	0.65	1.34	0.59	5.71	0.99	0.21	8.49	82.01
6	0.67	1.35	0.59	5.72	0.99	0.21	8.51	81.94
7	0.67	1.35	0.59	5.72	1.00	0.22	8.55	81.90
8	0.67	1.35	0.59	5.72	0.99	0.22	8.59	81.86
9	0.66	1.35	0.59	5.72	0.99	0.22	8.60	81.85
10	0.67	1.35	0.59	5.72	0.99	0.22	8.61	81.85

A Tabela 27, mostra os resultados da decomposição da variância do erro de previsão do investimento estrangeiro direto. Os resultados indicam que em um primeiro instante a variação do IED é explicada pelo próprio índice (99,50%). Ainda observa-se que a variação do IED se estabiliza em torno de 94% após cinco meses, tendo uma participação do petróleo de 0,54%, a taxa de desemprego de 1,44%.

Tabela 27 – Decomposição da variância do IED

Período	Petróleo	Câmbio	Inflação	Juros	IED	Desemprego	Exportação	IAE
1	0.21	0.20	0.01	0.07	99.50	0.00	0.00	0.00
2	0.37	0.24	1.02	0.19	97.51	0.00	0.57	0.09
3	0.51	0.31	0.99	0.18	95.77	0.56	0.89	0.79
4	0.54	0.31	0.89	0.25	94.89	1.34	0.82	0.95
5	0.54	0.32	0.89	0.29	94.69	1.44	0.84	0.96
6	0.54	0.32	0.93	0.34	94.52	1.43	0.83	1.08
7	0.54	0.39	0.91	0.34	94.46	1.49	0.83	1.08
8	0.54	0.34	0.93	0.33	94.40	1.51	0.84	1.09
9	0.55	0.34	0.93	0.33	94.39	1.51	0.84	1.10
10	0.54	0.35	0.93	0.34	94.38	1.51	0.84	1.10