

BRENO MATTOS VENTURI

Preços do petróleo e gasolina no Brasil: Análise longitudinal e correlações

São Paulo

2020

BRENO MATTOS VENTURI

Preços do petróleo e gasolina no Brasil: Análise longitudinal e correlações

Trabalho de Formatura apresentado à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para obtenção do diploma
de Engenheiro de Produção

São Paulo

2020

BRENO MATTOS VENTURI

Preços do petróleo e gasolina no Brasil: Análise longitudinal e correlações

Trabalho de Formatura apresentado à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para obtenção do diploma
de Engenheiro de Produção

Orientador: Prof. Dr. Reinaldo Pacheco da Costa

São Paulo

2020

Catalogação-na-publicação

Venturi, Breno

Preços do petróleo e gasolina no Brasil: Análise longitudinal e correlações /
B. Venturi -- São Paulo, 2020.
91 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São
Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.

1.Petróleo 2.Combustíveis 3.Regressão I.Universidade de São Paulo.
Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Produção II.t.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Walter e Priscila, por todo o amor e dedicação que dispuseram à minha educação durante todos estes anos. Nenhuma conquista até aqui teria sido alcançada sem o apoio deles.

Ao meu irmão, Diego, pelo suporte e amizade incondicional.

À minha namorada, Marianna, por ter compartilhado comigo essa fase do início ao fim, em todos os bons e maus momentos, pelo companheirismo, estabilidade, e alegrias, e por ter sempre me tranquilizado e confortado, ajudando a seguir em frente, tanto nessa fase como nas que estão por vir. Não teria alcançado esse objetivo sem a sua companhia.

A meus amigos do Colégio Agostiniano Mendel, pelos grandes exemplos e inspirações e por termos caminhado lado a lado até o fim desta etapa em nossas formações acadêmicas.

Aos amigos que a Escola Politécnica me proporcionou, e em especial a Guilherme e Marcelo, pela parceria ao longo da caminhada no curso de Engenharia de Produção e por fazerem de todos os trabalhos em equipe o menos penoso possível.

A toda a equipe da Fortezza Partners, onde estagiei e sigo trilhando minha carreira, por todo o aprendizado e preparo como profissional, mas também por toda a compreensão e apoio à minha graduação.

E ao Prof. Dr. Reinaldo Pacheco da Costa, pela confiança, dedicação e orientação que levaram à conclusão deste Trabalho de Formatura.

“All models are wrong, but some are useful”

George Box

RESUMO

O presente trabalho de formatura apresenta uma análise econômica histórica dos preços do petróleo cru e da gasolina comum brasileira. Como objetivo central são calculadas as correlações estatísticas entre essas duas variáveis, buscando compreender as relações entre os preços do petróleo nos mercados internacionais e os preços da gasolina vendida para o consumidor final no Brasil. Foi realizada uma pesquisa teórica sobre como considerar a inflação nas séries temporais de preços, e também de fundamentos de estatística, como os coeficientes de correlação e modelos de regressão. Em seguida, foi feito um aprofundamento sobre o tema estudado, detalhando as principais informações sobre o petróleo como substância, matéria prima e ativo estratégico no mundo. Em sequência, as séries temporais de preços foram deflacionadas e ajustadas para que duas análises fossem realizadas: em primeiro lugar, analisou-se qualitativamente a evolução dos preços do petróleo utilizando a série deflacionada para entender a natureza dos eventos econômicos e políticos que motivaram as principais variações; em sequência, a mesma análise foi feita de forma comparativa entre os preços do petróleo e os preços da gasolina para determinados períodos; finalmente, testes estatísticos foram realizados e validados em conformidade com a teoria. Concluiu-se que - feitos os devidos ajustes para tornar as duas variáveis comparáveis -, os preços do petróleo tem grande influência sobre os preços da gasolina, com uma tendência linear entre as duas variáveis.

Palavras-chave: Preços do Petróleo. Preços da Gasolina. Formação de preços dos combustíveis.

ABSTRACT

This study presents an economic analysis of both the crude oil and Brazilian gasoline price histories. The key objective is to calculate statistical correlations between these two variables, looking forward to understanding the relation between the international crude oil price and the prices of the gasoline sold to the final consumer in Brazil. To achieve these goals, a review on how to consider inflation on historical price series was performed, as well as on statistics fundamentals, such as correlation coefficients and regression models. Afterwards, the theme was further investigated, detailing the main information about oil as a substance, as raw material and as a strategic asset in the world. Following that, the historical price series were deflated and adjusted, to provide two analysis next. First, a qualitative analysis was done on the crude oil price evolution using the deflated series, to understand the nature of the economic and political events that motivated the most relevant price changes; next, the same type of analysis was done to compare oil and gasoline prices during the presented timeframe; finally, statistical tests were done and checked according to the theory reviewed. As a conclusion, it became clear that, after properly adjusting both series, oil prices materially impacts on gasoline prices, following a linear trend between the two variables.

Keywords: Crude oil prices. Gasoline prices. Fuel pricing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 — Diagrama de dispersão entre os preços da gasolina comum e do barril de petróleo cru, em dólares de agosto de 2020.....	37
Figura 2 — Quadro ANOVA	40
Figura 3 — Evolução da produção de petróleo no Brasil (milhares de barris por dia)	49
Figura 4 — Matriz energética brasileira (2019)	52
Figura 5 — Matriz energética brasileira: fontes não renováveis (2019).....	53
Figura 6 — Matriz energética brasileira: fontes renováveis (2019)	53
Figura 7 — Evolução do preço do barril de petróleo cru em termos nominais, em dólares correntes (1960-2020)	55
Figura 8 — Evolução do preço do barril de petróleo cru em termos reais, em dólares de agosto de 2020 (1960-2020).....	56
Figura 9 — Evolução do preço do barril de petróleo cru em termos reais, em dólares de agosto de 2020 (1960-1979).....	57
Figura 10 — Evolução do preço do barril de petróleo cru em termos reais, em dólares de agosto de 2020 (1960-1979).....	60
Figura 11 — Evolução do preço do barril de petróleo cru em termos reais, em dólares de agosto de 2020 (2001-2020).....	63
Figura 12 — Evolução do preço médio da gasolina comum em reais por litro, em termos nominais (2004-2020)	67
Figura 13 — Evolução do preço médio da gasolina comum em reais por barril, em termos nominais (2004-2020)	68
Figura 14 — Evolução do preço médio da gasolina comum em dólares por barril, em termos nominais (2004-2020)	69
Figura 15 — Evolução do preço médio da gasolina comum por barril em termos reais, em dólares de agosto de 2020 (2004-2020)	69
Figura 16 — Evolução do preço por barril em termos reais, em dólares de agosto de 2020...70	70
Figura 17 — Evolução da taxa de câmbio de reais para um dólar (2011-Jan2016)	71
Figura 18 — Evolução do preço por barril em termos reais, em dólares de agosto de 2020...73	73
Figura 19 — Diagrama de dispersão entre os preços da gasolina comum e do barril de petróleo cru, em dólares de agosto de 2020.....	74
Figura 20 — Quadro ANOVA para a análise realizada.....	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 — Interpretação da intensidade da correlação	35
---	----

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 — Conversão de valor de termos nominais para reais.....	32
Equação 2 — Exemplo de conversão de valor de termos nominais para reais	32
Equação 3 — Conversão de valor em reais para valor em dólares	33
Equação 4 — Coeficiente de correlação de Pearson	34
Equação 5 — Variância de uma variável X	34
Equação 6 — Covariância entre duas variáveis X e Y	35
Equação 7 — Equação base do modelo de regressão linear simples.....	38
Equação 8 — Soma dos quadrados dos erros.....	38
Equação 9 — Estimativa de β_1	38
Equação 10 — Estimativa de β_0	38
Equação 11 — Equação do modelo de regressão linear simples com erro minimizado	39
Equação 12 — Cálculo do R-quadrado.....	39
Equação 13 — Composição da Soma dos Quadrados Total	39
Equação 14 — Cálculo de SQ_{Total}	40
Equação 15 — Cálculo de SQ_{Reg}	40
Equação 16 — Cálculo de SQ_{Res}	40
Equação 17 — Variância de X calculada para a série analisada	74
Equação 18 — Variância de Y calculada para a série analisada	75
Equação 19 — Covariância de X e Y calculada para a série analisada	75
Equação 20 — Coeficiente de correlação de Pearson calculado para a série analisada	75
Equação 21 — Cálculo de SPD_{XY} para a série analisada	75
Equação 22 — Cálculo de SQD_x para a série analisada.....	76
Equação 23 — Estimativa de β_1 para a série analisada.....	76
Equação 24 — Estimativa de β_0 para a série analisada.....	76
Equação 25 — Equação de regressão para a série analisada	76
Equação 26 — Cálculo de SQ_{Reg} para a série analisada	77
Equação 27 — Cálculo de SQ_{Total} para a série analisada	77
Equação 28 — Cálculo do R-quadrado para a série analisada	77
Equação 29 — Equação de regressão otimizada para a série analisada	79

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA	Análise de Variância
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
CPI	Consumer Price Index
MMQ	Método dos Mínimos Quadrados
OPEP	Organização dos Países Exportadores de Petróleo
TF	Trabalho de Formatura
WTI	West Texas Intermediate

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	27
1.1	Contextualização do tema e relevância	27
1.2	Problema	28
1.3	Objetivos	28
1.4	Metodologia.....	28
1.5	Estrutura do trabalho.....	29
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	31
2.1	Inflação e indicadores	31
2.2	Estatística: correlação de Pearson e regressão linear.....	33
2.2.1	Coeficiente de correlação de Pearson	34
2.2.2	Regressão linear simples	36
3	CONHECIMENTO DO PROBLEMA	42
3.1	O petróleo.....	42
3.1.1	Refino e produtos obtidos	42
3.1.2	Os combustíveis.....	43
3.2	História do petróleo no cenário internacional	44
3.2.1	As Sete Irmãs.....	46
3.2.2	O surgimento da OPEP e as crises do petróleo	47
3.3	História do petróleo no brasil	47
3.3.1	A era pré-Vargas.....	47
3.3.2	"O Petróleo é nosso"	48
3.3.3	A abertura do mercado e o pré-sal	48
3.3.4	Formação de preços do petróleo nos mercados internacionais	49
3.3.5	História do mercado brasileiro de combustíveis	50
3.3.6	Composição do preço de revenda da gasolina brasileira	51
3.3.7	A matriz energética brasileira.....	51
4	ANÁLISE LONGITUDINAL DOS PREÇOS	54
4.1	Análise da evolução histórica dos preços	54
4.1.1	Análise longitudinal do preço do barril de petróleo cru	54
4.1.1.1	As primeiras crises do petróleo: 1960 a 1980	57
4.1.1.2	Anos 1980 e 1990	60
4.1.1.3	Século XXI.....	62
4.1.2	Análise longitudinal do preço de revenda da gasolina comum no Brasil	67
4.1.3	Conclusões da seção	72
4.2	Análises de correlação	72
4.2.1	Coeficiente de Correlação de Pearson	74
4.2.2	Regressão linear simples	75
5	CONCLUSÃO.....	79
	REFERÊNCIAS.....	80

ANEXO A — <i>Consumer Price Index</i>	83
ANEXO B — Distribuição F de Fisher-Snedecor.....	85
ANEXO C — Preço do barril de petróleo cru em dólares correntes	86
ANEXO D — Preço do barril de petróleo cru em dólares deflacionados	88
ANEXO E — Preço de revenda da gasolina comum em reais correntes	90
ANEXO F — Taxa de câmbio: R\$ por US\$.....	91
ANEXO G — Preço de revenda da gasolina comum em US\$ deflacionados	92

1 INTRODUÇÃO

Esta introdução apresenta o tema e a relevância de se estudar o petróleo no Brasil, a motivação do trabalho, os objetivos e os resultados esperados. Finalmente, conclui-se com a apresentação da estrutura do trabalho.

1.1 Contextualização do tema e relevância

O Brasil viveu, por muito tempo, um controle de preços do petróleo e dos combustíveis. Em 1997, a Lei nº 9.478/97 instituiu a Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), Agência Reguladora dotada de autonomia para regular a produção e a comercialização do petróleo e seus derivados no país. A partir de 2002, o monopólio foi parcialmente rompido com a abertura do mercado de petróleo; o governo, contudo, ainda mantinha o controle dos reajustes nos preços de combustíveis ao consumidor final, por ser um mecanismo crucial para o controle da inflação e que afeta todos os principais indicadores da economia nacional.

O petróleo é uma mercadoria que acompanha empiricamente a teórica "lei da oferta e demanda", ou seja, seu preço cai quando há excesso de oferta no mercado e sobe quando há escassez. Mundialmente, a OPEP (Organização dos Países Exportadores de Petróleo) é, há algumas décadas, responsável por gerir conflitos e permitir que os países que ditam a economia internacional do petróleo administrem os preços, ponderando sempre a oferta que será oferecida ao mercado mundial. Esse destaque da OPEP foi particularmente relevante na segunda metade do século XX, período em que os países enfrentaram as conhecidas crises do petróleo, que fortemente impactaram os preços até os dias de hoje.

De 2000 a 2012, foi possível observar um grande salto na importância do petróleo no PIB brasileiro (de 3% em 2000 para 13% em 2012, segundo a ANP), mostrando a relevância de se estudar o tema dos preços do petróleo e seus impactos internos no Brasil. No desenvolvimento deste trabalho, procurou-se estudar a formação dos preços de combustíveis no país levando em consideração os efeitos da abertura à livre comercialização dos derivados de petróleo.

Desde essa abertura, a livre comercialização dos combustíveis permite que empresas nacionais e internacionais atuem no mercado doméstico conforme regulamentação da ANP, de modo que, além da Petrobras, passassem a ter a possibilidade de fazer também a importação de petróleo e derivados.

1.2 Problema

A discussão sobre a formação de preços dos combustíveis no mercado doméstico e sua relação com o preço do petróleo nos mercados internacionais justificou utilizar métodos de projeção de preços dos combustíveis com fins de planejamento em vários setores da economia. Dessa forma, nota-se que uma análise de correlação de preços pode apoiar estudos de previsão de demanda.

Para tanto, é importante compreender a importância global do petróleo como ativo estratégico e seus indicadores internacionais de preço, a dinâmica setorial do mercado brasileiro de combustíveis, bem como sua estrutura de preços. É igualmente necessário identificar se é possível correlacionar ou não o preço dos combustíveis no mercado doméstico com o preço internacional do petróleo, levando em consideração os efeitos cambiais e inflacionários.

1.3 Objetivos

Dada a motivação para o tema e de sua crescente importância nos últimos anos para o país, estabeleceu-se como objetivo geral desse trabalho a verificação de correlações entre o preço dos combustíveis no Brasil e os preços internacionais do petróleo.

Para alcançar o objetivo geral, temos como objetivos específicos:

- a. Verificar a história internacional recente do petróleo e fatores que denotam efeitos nos preços internos do Brasil;
- b. Apresentar o mercado brasileiro de combustíveis, explicando brevemente a dinâmica setorial e como se dá a formação de preços;
- c. Apresentar as diferentes formações de preços do petróleo no mercado internacional;
- d. Identificar existência ou não da correlação entre os derivativos internacionais do petróleo e os preços dos combustíveis no Brasil, levando em consideração os efeitos cambiais.

1.4 Metodologia

O presente trabalho consiste em pesquisa aplicada de caráter descritivo, que visa analisar e compreender em detalhes a correlação dos preços nos mercados de petróleo e de combustíveis no Brasil.

Pesquisa descritiva é aquela que analisa, observa, registra e correlaciona aspectos (variáveis) que envolvem fatos ou fenômenos, sem manipulá-los. Os fenômenos humanos ou naturais são investigados sem a interferência do pesquisador que apenas “procura descobrir, com a precisão possível, a frequência com que um fenômeno ocorre, sua relação e conexão com outros, sua natureza e características”. (CERVO; BERVIAN; DA SILVA, 2007, p.61)

Neste sentido, os resultados serão apresentados de forma qualitativa e quantitativa. A abordagem qualitativa será importante para a compreensão do cenário econômico em torno do petróleo e para o entendimento dos fatores que podem afetar, direta e indiretamente, seus preços; enquanto isso, a abordagem quantitativa analisará as séries históricas, buscando comprovação matemática para as hipóteses formuladas de acordo com o estudo qualitativo. A análise parte da coleta de informações de fontes secundárias, incluindo monografias, publicações, documentações das associações responsáveis e dados quantitativos históricos.

Para analisar as principais variações nos preços de dois ativos diferentes, foi importante definir qual seria a padronização utilizada quanto à variação monetária e à desvalorização das moedas ao longo do tempo.

Para essa discussão, é importante compreender a diferença entre o valor nominal e o valor real de um ativo. O valor nominal é o valor anunciado no momento de qualquer estatística econômica, não ajustado por inflação, enquanto o valor real é o valor da estatística econômica ajustado pela inflação da moeda (OPENSTAX, 2020).

1.5 Estrutura do trabalho

O Trabalho de Formatura dividiu-se em cinco capítulos.

No capítulo 1, aqui apresentado, é feita a introdução ao trabalho, contextualizando a importância do tema no cenário atual do país e estabelecendo os objetivos que foram estabelecidos previamente à execução das análises.

No capítulo 2 está presente a fundamentação teórica necessária para dar suporte as análises. São descritas as equações utilizadas para ajustar o efeito cambial e aprimorar a análise longitudinal, assim como os métodos estatísticos utilizados para estudar as correlações, destacando conceitos como o coeficiente de correlação de Pearson e o método de regressão linear simples.

No capítulo 3, que consiste no conhecimento do problema, aprofunda-se o entendimento sobre o petróleo como matéria prima e como ativo estratégico e a evolução no mercado nacional de combustíveis, para entendimento e embasamento das análises a serem construídas.

No capítulo 4 é apresentada a análise longitudinal das séries históricas do preço do barril de petróleo e dos preços da gasolina no Brasil. Essa análise é feita por dois métodos dentro deste capítulo. Inicialmente, foi feita uma análise qualitativa da série, observando a evolução dos valores ajustados pela inflação ao longo da história e identificando os fatores geopolíticos que motivaram os principais períodos de volatilidade. Em sequência, é feita a análise quantitativa, utilizando metodologia estatística para buscar correlações entre as séries e entender a relevância do estudo.

Finalmente, o capítulo 5 discute os resultados das análises e as conclusões obtidas neste TF.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, se revisa a teoria utilizada no desenvolvimento das análises propostas, destacando, principalmente, a metodologia de deflação de séries históricas de preços, e conceitos de estatística, como correlação e o funcionamento do modelo de regressão linear simples.

2.1 Inflação e indicadores

Duas séries históricas de preços são analisadas detalhadamente neste trabalho: a série de preços do barril de petróleo, que contém dados mensais, em dólares correntes, de janeiro de 1960 a agosto de 2020; e a série dos preços da gasolina no Brasil, que contém dados mensais do preço médio para o consumidor final no território nacional, em reais correntes, de junho de 2004 a agosto de 2020.

A preocupação inicial para comparar preços de forma adequada dentro de uma mesma série – porém em diferentes pontos da história – é a de compreender a diferença entre os valores correntes ou nominais e os valores reais, tendo em vista a variação no valor do dinheiro ao longo do tempo.

A título de exemplo, quando dizemos que o valor do barril de petróleo em janeiro de 1990 era de US\$ 22,65 e que em janeiro de 2020 o valor era de US\$ 57,52, estamos falando em valores correntes ou valores nominais. Para utilizar o conceito de valores reais, é necessário estabelecer uma referência - por exemplo, o dólar de agosto de 2020 - e, utilizando a inflação da moeda na qual estão os dados da série, calcular quanto US\$ 1,00 em 1990 equivale em dólares de agosto de 2020.

Desta forma, para analisar comparativamente a evolução no preço de um ativo ao longo do tempo, a solução ideal é realizar a conversão dos valores nominais da série para valores reais de um mesmo período-base, de forma que a variação percebida no preço dos ativos passe a ser exclusivamente real e motivada pelas variações na oferta e na demanda do ativo.

A equação utilizada para calcular os valores reais, isto é, deflacionar a série, é descrita a seguir, na equação (1) (WILHER, 2017):

Equação 1: Conversão de valor de termos nominais para reais

$$V_r = V_t \times \frac{I_k}{I_t} \quad (1)$$

Onde V_r é o valor real a ser obtido. Define-se k como o período de referência para o qual todos os valores da série serão ajustados (neste trabalho, k será o período correspondente ao último dado disponível nas séries analisadas, ou seja, agosto de 2020). Por sua vez, a variável t representa o período ao qual o próprio valor nominal se refere. V_t , portanto, é o valor nominal que se quer converter. A variável I representa o índice de preços que será utilizado para deflacionar, sendo que I_k é o valor do índice no período k e I_t é o valor do índice no período t .

Para deflacionar as séries em dólares, ajustando-as ao valor do dólar em agosto de 2020, o índice de preços escolhido foi o *Consumer Price Index*, que é uma medida da inflação nos Estados Unidos calculada pelo *US Bureau of Labor Statistics* utilizando a evolução média no preço de mercado de uma cesta de produtos e serviços pré-estabelecidos. Essa escolha foi motivada, principalmente, pela utilização desse índice em larga escala nos mercados como a principal referência de inflação do dólar norte americano.

Para exemplificar a utilização dessa fórmula, faremos a conversão do preço nominal do barril de petróleo em janeiro de 1990 para dólares de agosto de 2020. Como já mencionado, o preço de um barril de petróleo em janeiro de 1990 era de US\$ 22,65, o que corresponde ao V_t na fórmula. Em sequência, é preciso identificar o valor do índice de preços em cada data. Segundo a tabela do Anexo A, o índice em janeiro de 1990, ou seja, o I_t , equivalia a 127,40 pontos, enquanto o mesmo índice em agosto de 2020, o I_k , valia 259,92 pontos.

Substituindo na equação (1), temos:

Equação 2: Exemplo de conversão de valor de termos nominais para reais

$$V_r = 22,65 \times \frac{259,92}{127,40} = 46,21 \quad (2)$$

Ou seja, o resultado da deflação nos mostra que o preço do barril em janeiro de 1990, deflacionado para o valor do dólar de agosto de 2020, seria de US\$ 46,21.

Além disso, dado que o preço do barril de petróleo cru, um dos ativos estudados no presente trabalho, tem cotações a mercado avaliadas em dólares, e que a outra categoria de ativos estudada, a dos combustíveis no Brasil, tem seus valores em reais, também foi necessário estabelecer que a comparação fosse sempre realizada a uma mesma moeda.

A opção feita foi analisar todos os ativos em dólares reais de agosto de 2020. A escolha pelos valores reais já foi esclarecida. O dólar foi adotado em detrimento do real por dois principais fatores: primeiramente, o dólar é uma moeda adotada como referência internacional e passou historicamente por uma inflação muito menor que as moedas de qualquer país emergente, incluindo o Brasil; em segundo lugar, o real brasileiro foi uma moeda criada apenas em 1994, enquanto a série histórica do barril de petróleo considerada no trabalho se inicia em 1960. Dessa forma, para converter essa série para a moeda brasileira, seria necessário considerar todas as alterações na moeda oficial brasileira no período, passando por cruzeiros, cruzados e reais e todos os períodos graves de inflação no país. A fórmula utilizada para converter os valores em reais correntes e nominais, para dólares também correntes e nominais, é a da equação (3):

Equação 3: Conversão de valor em reais para valor em dólares

$$V_D = V_B \times C_t \quad (3)$$

Onde V_D é o valor em dólares correntes, V_B é o valor em reais brasileiros correntes e C_t é a taxa de câmbio de real para dólar na data do valor convertido.

Na série histórica de preços da gasolina, os valores correntes em reais foram convertidos para dólares nominais para serem posteriormente deflacionados segundo a equação (1).

2.2 Estatística: correlação de Pearson e regressão linear

Na seção anterior, foi esclarecido o fundamento teórico utilizado para tratar as séries históricas e enriquecer as possíveis análises tanto no âmbito qualitativo como no âmbito quantitativo. Tal fundamento, como demonstrado, visava à exclusão dos efeitos da variação no valor do dinheiro ao longo do tempo, tornando mais simples a comparação de dados de diferentes períodos ou séries.

Nessa seção, o foco será detalhar a metodologia estatística empregada para realizar as análises quantitativas, expostas na segunda seção do capítulo 4, que descreve a análise longitudinal dos preços.

Quando se analisa a relação entre duas variáveis aparentemente independentes, existem alguns testes estatísticos potencialmente relevantes, a depender de cada caso. Por existir uma influência direta entre as variáveis da análise deste trabalho, visto que o preço do barril de petróleo influencia diretamente o preço da gasolina que será passado ao consumidor no Brasil,

dois modelos de análise foram seguidos: a análise do coeficiente de correlação de Pearson e o Modelo de Regressão Linear Simples.

2.2.1 Coeficiente de correlação de Pearson

Esse indicador, consolidado e desenvolvido por Karl Pearson, em 1896, é a principal medida estatística de correlação linear entre duas variáveis. Moore (2007, p.100) define que "a correlação mensura a direção e o grau da relação linear entre duas variáveis quantitativas". A fórmula que calcula esse coeficiente é a que fica descrita a seguir, na equação (4) (MUKAKA, 2012):

Equação 4: Coeficiente de correlação de Pearson

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} = \frac{\text{cov}(X, Y)}{\sqrt{\text{var}(X)\text{var}(Y)}} \quad (4)$$

Explicando as variáveis utilizadas, r é o coeficiente de correlação de Pearson, que se objetiva calcular e, posteriormente, interpretar. Toda análise de correlação linear é feita entre duas séries de variáveis distintas, sendo que uma fica definida como a variável x , e outra como a variável y .

A variável n representa o número de observações da série, ou seja, o número de pares (x, y) que compõem a série analisada. Como sequência, x_i e y_i são, respectivamente, os valores de x e y no par i , sendo que a somatória percorrerá todos os pares i , desde $i = 1$ até $i = n$. Finalmente, as notações \bar{x} e \bar{y} representam, respectivamente, as médias aritméticas das variáveis x e y na série.

$\text{Var}(X)$ e $\text{var}(Y)$ representam a variância de cada uma das variáveis dentro das respectivas séries observadas, ao passo que $\text{cov}(X, Y)$ representa a covariância entre as duas séries. A composição da equação que calcula o coeficiente de Pearson deriva das equações que calculam essas outras duas métricas, comuns na estatística, descritas a seguir, nas equações (5) e (6):

Equação 5: Variância de uma variável X

$$\text{Var}(X) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} \quad (5)$$

Equação 6: Covariância entre duas variáveis X e Y

$$Cov(X, Y) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n - 1} \quad (6)$$

Por fim, o coeficiente de Pearson analisa quanto as variáveis x e y testadas compartilham sua variância, ou seja, o quanto a tendência de variação de uma acompanha a da outra.

O resultado do cálculo feito com a equação (4) varia de -1 a 1. Como definido anteriormente por Moore, essa medida mensura a direção e o grau da relação, sendo que o sinal (positivo ou negativo) é de onde se extrai a interpretação da direção da relação linear, enquanto o módulo do coeficiente calculado é de onde se extrai a intensidade. As correlações de módulo 1, ou seja, quando o coeficiente resulta em $r = -1$ ou $r = 1$, indicam correlações perfeitas, ou seja, a relação é perfeitamente linear e, conhecendo o valor de uma das variáveis, é possível se saber exatamente o valor correspondente da outra.

Uma correlação de módulo 0, na contrapartida, indica que não há qualquer relação linear entre x e y. O sinal positivo, ou seja, quando $0 < r < 1$, indica que a direção da correlação é também positiva. Dito de outra forma, se r é positivo, a tendência é de que um aumento na variável x corresponda a também um aumento na variável y; inversamente, caso r seja negativo, um aumento em uma das variáveis corresponde a uma diminuição na outra.

Mukaka (2012) também consolida a interpretação da intensidade das correlações, já que valores como 0 e 1, que dão uma interpretação simples e sólida sobre o resultado, são bastante incomuns em análises como esta. A definição de grau de correlação de acordo com o módulo do coeficiente de Pearson é descrita na Tabela 1:

Tabela 1 — Interpretação da intensidade da correlação

Intensidade da Correlação	Interpretação
0,90 a 1,00	Correlação muito intensa
0,70 a 0,90	Correlação intensa
0,50 a 0,70	Correlação moderada
0,30 a 0,50	Correlação baixa
0,00 a 0,30	Correlação desprezível

Fonte: Mukaka (2012)

Uma limitação importante de observar nessa análise é a impossibilidade do coeficiente de determinar qualquer relação de causalidade entre as duas variáveis. O resultado calculado será o mesmo entre X e Y ou entre Y e X. Neste trabalho, pela natureza das variáveis, a qual

será estudada mais a fundo no capítulo 3, este não é um problema relevante para a análise, já que é logicamente muito mais provável que o preço do barril de petróleo influencie o preço da gasolina no Brasil do que o contrário.

2.2.2 Regressão linear simples

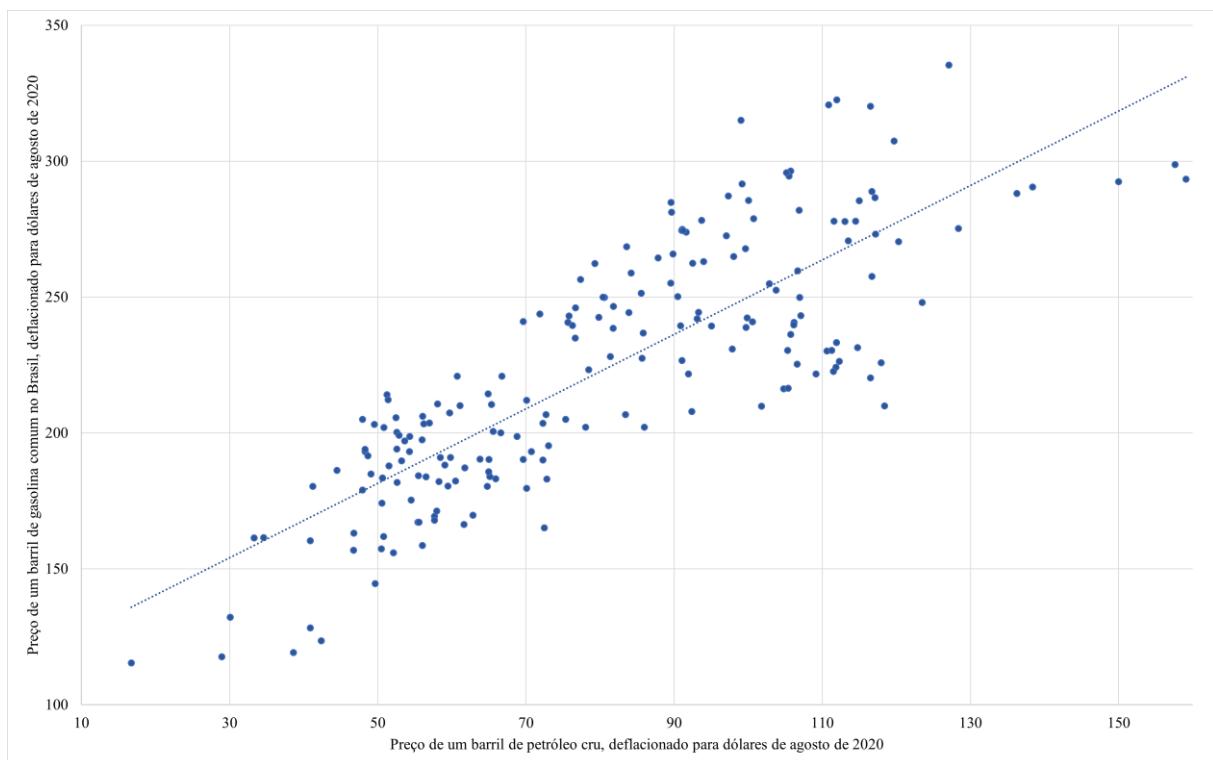
Ao tratar duas variáveis com uma relação aparentemente linear, uma análise um pouco mais avançada é a regressão linear simples. A análise visa identificar relações funcionais entre uma variável dependente e uma variável independente, ao obter uma equação que, considerando os erros devidos, descreva a variação da variável dependente de acordo com a independente.

Na análise deste trabalho, a variável independente é o preço do barril de petróleo e a variável dependente é o preço da gasolina no Brasil. A modelagem de regressão linear objetiva quantificar, o mais acuradamente possível, a influência da variável preço do petróleo sobre a variável preço da gasolina.

A base da regressão é um diagrama de dispersão, que é essencialmente um gráfico bidimensional contendo todos os pares (x,y) , de modo que seja possível comparar o comportamento dos pontos e identificar um tipo de curva ao qual os dados mais se aproximem visualmente, seja uma curva linear, quadrática, exponencial, logarítmica, ou de outro gênero.

A opção por realizar uma regressão linear vem da observação do diagrama de dispersão representado na Figura 1, que contém os pares de valores mensais de ambas as séries entre junho de 2004 e agosto de 2020. Nesse diagrama, o eixo X representa o preço do barril de petróleo no mercado internacional, em dólares de agosto de 2020, ajustado pela inflação, e o eixo Y representa o preço da quantidade equivalente a um barril de gasolina comum no Brasil, também em dólares de agosto de 2020.

Figura 1 — Diagrama de dispersão entre os preços da gasolina comum e do barril de petróleo cru, em dólares de agosto de 2020



Fonte: O autor (2020)

Por uma observação visual, percebe-se que a tendência dos pares é um comportamento linear, mesmo com a existência de algumas exceções. Por isso, foi feita a opção por seguir a análise de regressão linear.

Também é necessário observar que nem todos os pontos do diagrama de dispersão estão sobre a reta projetada da qual se aproximam. Existe, portanto, uma distância entre os pontos e essa curva, que configuram um erro dela na previsão do comportamento da relação entre as duas variáveis. O motivo desta distância é que os dados que estão sendo comparados são dados reais, sendo que o preço da gasolina no Brasil é certamente afetado por uma série de outras variáveis que não simplesmente o preço do petróleo, embora este seja um de seus principais componentes.

O objetivo do modelo aqui aplicado é obter uma equação estimada que minimize essas distâncias entre os pontos e a curva. Para isso, é empregado o Método dos Mínimos Quadrados (MMQ), que minimiza a soma dos quadrados das distâncias entre todos os pontos do diagrama e a curva da equação estimada, obtendo a relação funcional entre X e Y com o menor erro possível (PETERNELL, 2004, p. 3).

No modelo de regressão linear simples, a equação base é a demonstrada na equação (7) (PETERNELL, 2004, p. 4):

Equação 7: Equação base do modelo de regressão linear simples

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + e_i \quad (7)$$

Onde Y_i é o valor observado para a variável dependente Y no mesmo período da variável independente X_i , sendo que $i = 1, 2, \dots, n$ representa cada par de observação das variáveis X e Y . β_0 é a constante de regressão, que representa o valor de Y para $X = 0$, ao passo que β_1 é o coeficiente de regressão, que representa quanto varia Y a cada unidade variada na variável X . Finalmente, e_i representa o erro, ou seja, a distância vertical entre o valor Y_i realmente observado e o valor Y_i estimado pela curva no modelo proposto.

A variável e_i é isolada na equação (7) quando se elevam os dois membros da equação ao quadrado e aplica-se os somatórios, chegando na equação (8) elaborada para aplicação do MMQ:

Equação 8: Soma dos quadrados dos erros

$$\sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n [Y_i - \beta_0 - \beta_1 X_i]^2 \quad (8)$$

Consequentemente, o objetivo do MMQ é encontrar os valores para β_0 e β_1 que minimizam o valor obtido na equação (8). A solução desse sistema fornece as chamadas equações normais, que são descritas nas equações (9) e (10) a seguir (PETERNELL, 2004, p. 4):

Equação 9: Estimativa de β_1

$$\hat{\beta}_1 = \frac{\sum x_i y_i - \frac{\sum x_i \sum y_i}{n}}{\sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n}} = \frac{SPD_{xy}}{SQD_x} \quad (9)$$

Equação 10: Estimativa de β_0

$$\hat{\beta}_0 = \bar{Y} - \hat{\beta}_1 \bar{X} \quad (10)$$

Assim, reescreve-se a equação (7) como a equação (11):

Equação 11: Equação do modelo de regressão linear simples com erro minimizado

$$\hat{Y}_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_i \quad (11)$$

Dessa forma, obtém-se a equação de regressão. Após essa etapa, é preciso entender a adequação e a validez do método aplicado. O primeiro passo é o cálculo do coeficiente de determinação, conhecido como R^2 , que varia de 0 a 1 e é calculado pela equação (12). Quanto mais próximo de 1 for o valor encontrado, mais adequado será o modelo escolhido para descrever a relação das variáveis. Peternelli (2004, p. 6) conceitua que o R^2 indica a porcentagem da variação de Y que pode ser explicada pela regressão, ou seja, é de fato consequência da variação na variável independente X .

Equação 12: Cálculo do R-quadrado

$$R^2 = \frac{SQ_{Reg}}{SQ_{Total}} \quad (12)$$

As fórmulas para calcular SQ_{Total} e SQ_{Reg} são exibidas a seguir, nas equações (14) e (15).

Em seguida, são executados os testes de hipótese para avaliar a adequabilidade da equação de regressão encontrada, considerando os parâmetros do modelo e um intervalo de confiança. Neste trabalho, foi empregado o método da Análise de Variância (ANOVA), que, como explica Peternelli (2004, p. 6), "[...] consiste em fazer uma partição da variabilidade total da variável resposta Y em outros componentes de acordo com o modelo e o teste a ser feito. [...]". Na prática, verifica-se a identidade descrita na equação (13):

Equação 13: Composição da Soma dos Quadrados Total

$$SQ_{Total} = SQ_{Reg} + SQ_{Res} \quad (13)$$

Em que SQ_{Total} equivale à variação total na variável Y , SQ_{Reg} equivale à parcela da variação na variável X explicada pela regressão e, consequentemente, SQ_{Res} equivale à parcela não explicada pela regressão. Matematicamente, essas expressões se definem como descrito nas equações (14), (15) e (16) a seguir:

Equação 14: Cálculo de SQ_{Total}

$$SQ_{Total} = SQD_Y \quad (14)$$

Equação 15: Cálculo de SQ_{Reg}

$$SQ_{Reg} = \hat{\beta}_1 SPD_{XY} \quad (15)$$

Equação 16: Cálculo de SQ_{Res}

$$SQ_{Res} = SQD_Y - \hat{\beta}_1 SPD_{XY} \quad (16)$$

A ANOVA tem como resultado um quadro nos moldes apresentados na Figura 2, a seguir:

Figura 2 — Quadro ANOVA

FV	GL	SQ	QM	F
Regressão	1	SQ_{Reg}	SQ_{Reg}	$\frac{QM_{Reg}}{QM_{Res}}$
Resíduo	$n-2$	SQ_{Res}	$\frac{SQ_{Res}}{n-2}$	
Total	$n-1$	SQ_{Total}		

Fonte: Peternelli (2004, p. 7)

É importante ressaltar que essa tabela é utilizada para a regressão linear simples com uma variável dependente e uma independente, que está sendo utilizada neste trabalho, que já parte da premissa de que a regressão tem apenas 1 grau de liberdade, como descrito na coluna GL. A Coluna SQ (Soma de Quadrados) apresenta os resultados das equações (14) e (15), mostradas anteriormente. A partir desses resultados, calculam-se os Quadrados Médios, na coluna QM, considerando os graus de liberdade. Por fim, calcula-se o teste F, utilizando os Quadrados Médios.

Na interpretação da ANOVA, compara-se a estatística F calculada com um valor extraído da tabela de distribuição F de Fisher-Snedecor, disposta no Anexo B. A hipótese que está sendo testada no ANOVA é a da significância da regressão, testando $H_0: \beta_1 = 0$ contra $H_a: \beta_1 \neq 0$. A regra de decisão é rejeitar H_0 quando $F_{\text{calc}} \geq F_{(\alpha, 1, n-2)}$, ou seja, a regressão é significativa quando o valor de F calculado na ANOVA é superior ao valor correspondente na

tabela de Fisher-Snedecor, levando em consideração o nível de significância definido e aos graus de liberdade das variáveis. Para esta análise, adotou-se nível de significância de $\alpha = 5\%$.

3 CONHECIMENTO DO PROBLEMA

Este capítulo apresenta o ativo estudado neste trabalho, o petróleo, como matéria-prima e como ativo estratégico, bem como contextualiza a construção do mercado internacional de petróleo. Além disso, expõe-se a evolução do mercado nacional de produção de petróleo, as relações com outros países e a situação atual do mercado de combustíveis no Brasil.

3.1 O petróleo

A ANP (s.d., p. 2) define o petróleo como "[...] um material fóssil, oleoso e inflamável, de alto valor energético, geralmente menos denso do que a água, com cheiro característico e coloração que pode variar do incolor até o preto. [...]" Essa matéria prima tão importante nos tempos atuais pode ser extraída em terra ou no mar e demanda grande investimento de tempo e capital para que seja encontrada e explorada. Sua importância política e econômica vem de seu alto valor energético e da sua natureza não renovável, sendo um ponto estratégico de extrema relevância para todos os países que precisam importá-lo assim como o é para aqueles que têm reservas suficientes para exportá-lo.

Sua formação geológica vem do material orgânico que sofre, ao longo de períodos extremamente longos, transformações nas bacias sedimentares. Para que uma bacia sedimentar tenha potencial de ser uma reserva de petróleo, é necessário que exista uma rocha porosa e uma rocha seladora, para que a primeira seja capaz de armazenar o óleo e a segunda impeça a dissipação do óleo na superfície. Dada essa caracterização, o motivo da necessidade de equipamentos especializados e investimentos em pesquisa para extrair o petróleo das rochas que o armazenam é evidente. Algumas bacias sedimentares armazenam o petróleo em condições tão ruins para a extração que as empresas optam por não as explorar.

A composição química do Petróleo tem como elemento predominante o carbono e o hidrogênio, característicos de qualquer composto orgânico, formados por hidrocarbonetos. Nos derivados do petróleo, da mesma forma, esses são os principais componentes das substâncias encontradas.

3.1.1 Refino e produtos obtidos

Os diversos hidrocarbonetos que compõem o petróleo são separados nos processos de refino para compor os derivados, que são os produtos de fato utilizados em todo o planeta.

Inicialmente, ocorre um processo de separação por destilação, que aquece o petróleo até altas temperaturas e separa seus componentes de acordo com o ponto ebulição, que voltam ao estado líquido após o resfriamento em seu respectivo nível da torre de destilação. Para otimizar o aproveitamento do petróleo, é realizado um processo chamado de "conversão", que reduz as moléculas mais pesadas para originar maiores quantidades dos derivados mais nobres. Depois desse processo, com os derivados de petróleo já obtidos e separados, estes são tratados para atingirem os padrões de qualidade necessários para sua comercialização. O processo de tratamento mais comum é a remoção do enxofre (PETROBRAS).

Segundo a ANP (s.d.), os produtos que podem ser obtidos a partir do petróleo bruto são, em ordem de número de átomos de carbono por molécula:

- a. gás de petróleo;
- b. gás liquefeito de petróleo (GLP), utilizado principalmente para cozinha;
- c. nafta, utilizado como matéria prima para a gasolina ou na indústria petroquímica;
- d. gasolina, utilizada como combustível de motores do ciclo Otto;
- e. querosene, utilizada como combustível para turbinas de jatos;
- f. óleo diesel, utilizado em transporte rodoviário e aquaviário em motores do ciclo diesel;
- g. óleo lubrificante, utilizado para lubrificar motores e engrenagens e como matéria prima para graxas;
- h. óleo combustível, utilizado como fonte de calor para indústrias;
- i. resíduos, utilizados para fabricar outros produtos, como asfalto e ceras.

3.1.2 Os combustíveis

A distribuidora de combustíveis Ruff define o combustível como uma substância química queimada com o objetivo de gerar energia na forma de calor. Sua utilidade pode variar, sendo a mais comum fazer veículos automotivos funcionarem.

Sua origem pode variar entre fósseis animais e vegetais, como no caso do petróleo, ou ter como base as plantas, como no caso do etanol, que, no Brasil, é fabricado a partir da cana-de-açúcar. Há casos também que o etanol pode ser feito a partir da eletrólise da água ou mesmo o lixo, modo pelo qual é preparado o biogás.

Nesse sentido, o combustível pode possuir duas classificações: renovável ou não renovável. No primeiro caso, é aquele produzido a partir de fontes não fósseis, sendo, portanto,

renováveis e infinitos. No segundo caso, é obtido por meio de recursos de quantidade limitada na natureza e de fontes não renováveis (fósseis).

Quanto às variedades de combustíveis, Oliveira (2016) explica que o principal tipo no Brasil é a gasolina. Derivada do petróleo e facilmente encontrada nos postos nacionais, a gasolina possui 4 tipos: a comum, aditivada, premium e formulada. A diferença entre estas se resume ao rendimento oferecido ao motor dos veículos e ao custo.

Outro tipo de combustível comumente encontrado no país é o etanol, sendo que esse é produzido a partir de diversas fontes vegetais. Nos Brasil, é utilizada a cana-de-açúcar. Assim como a gasolina, existe o Etanol Aditivado, que promove maior durabilidade ao motor do veículo.

É possível encontrar também o GNV, o Gás Natural Veicular, menos usualmente encontrado ou utilizado, sendo um combustível mais barato e de menor impacto ambiental.

O diesel é outro combustível derivado do petróleo e o mais vendido no Brasil, sendo a sua principal vantagem o elevado rendimento energético de sua combustão. Assim como a gasolina e o etanol, o diesel possui mais 3 categorias: S-10, aditivado e premium. Da mesma forma que a gasolina, as distinções entre esses são, sumariamente, a composição e o rendimento dado aos motores.

3.2 História do petróleo no cenário internacional

O petróleo é utilizado pelo ser humano desde a antiguidade por diversos povos. Há 5.000 anos, o petróleo já era parte da vida de muitas culturas, como no caso dos egípcios e dos mesopotâmios. O óleo e seus derivados eram usados na construção canais de água com betume, selante em barcos de madeira para evitar vazamentos, piche e asfalto, graxa de carruagens e até mesmo na preservação de corpos no procedimento de mumificação (HASSAN, 2013). Data do ano de 700 A.C. o primeiro registro de descobrimento e extração de petróleo subterrâneo, na China, por acidente, durante uma escavação de poços de sal. Nos séculos seguintes, existem alguns registros de descobrimento e exploração do petróleo no Mediterrâneo e no Oriente Médio.

Durante cerca de 2.000 anos, o povo chinês avançou mais que qualquer outro no desenvolvimento da indústria do petróleo. No século XVI, existiam poços de petróleo de mais de 500 metros de profundidade construídos pelos chineses, que também construíram sistemas para bombear o petróleo e o gás natural para a superfície.

Apesar desses registros de utilização, o primeiro registro de que o ser humano percebeu a grande importância que esse ativo teria foi no século XVIII, quando Pedro I, da Rússia, liderou uma guerra contra a Pérsia e tomou uma região que hoje corresponde a Baku (Afeganistão), permitindo a exploração e extração do petróleo na região por empresas privadas com um repasse percentual para a Coroa Russa.

A era moderna do petróleo e gás se iniciou nas Américas no século XIX, e George Bissell foi um dos grandes responsáveis pelo desenvolvimento do mercado nos Estados Unidos. Com a ideia de que o material poderia ser utilizado para iluminação, Bissell reuniu alguns investidores e um químico renomado para analisar essa possibilidade. A análise feita pelo Professor Benjamin Silliman concluiu que o óleo poderia ser induzido a níveis de ebulação e destilado para formar hidrocarbonetos derivados, e que um desses, hoje conhecido como querosene, era um ótimo iluminador. Dessa iniciativa surgiu a primeira empresa do mercado nos Estados Unidos, a Pennsylvania Rock Oil Company.

Durante o século XIX, várias refinarias foram construídas no país e a querosene substituiu diversos produtos anteriormente utilizados como combustíveis para iluminação. A indústria era muito instável e sofria muito com as variações na oferta e na demanda até que John D. Rockefeller, em 1865, comprou a participação de seu sócio por 72.500 dólares e fundou a Standard Oil Company. A indústria de querosene nessa época produzia uma quantidade de querosene três vezes maior que a demanda. Rockefeller aproveitou essa situação em que muitas pequenas empresas tinham dificuldades financeiras e criou praticamente um monopólio, controlando, em 1879, cerca de 90% do mercado nacional de refinarias. No meio da década de 1880, a Standard Oil chegou a controlar mais de 80% da comercialização de petróleo e, no final da década, chegou a 33% do mercado de exploração.

Em paralelo, nos anos 1870, o governo russo abriu o mercado interno para participação competitiva. A família Nobel teve o maior sucesso no início da exploração na Rússia, chegando a deter 50% do mercado nacional de querosene. A família de banqueiros Rothschild levou uma rodovia de Baku a Batum, um porto no Mar Negro que foi dominado pela Rússia em guerra com a Turquia. Essa rodovia permitiu que as companhias russas do setor petroleiro acessassem o mercado internacional, tornando as empresas das duas famílias (Nobel e Rothschild) as maiores competidoras mundiais da Standard Oil.

3.2.1 As Sete Irmãs

No início do século XX, um empresário britânico chamado William Know D'Arcy foi à Pérsia e obteve uma concessão para procurar petróleo cru no país, através de um mandato que o dava direito sobre a exploração em 75% do território. Apesar de ter, com insistência, chegado ao sucesso na exploração de poços, a empresa quase faliu, mas foi recuperada pelo governo britânico e fundida com a Burmah Oil, criando um conglomerado hoje conhecido como British Petroleum, inicialmente com capital majoritariamente estatal e com o objetivo de produzir combustível para navios da marinha inglesa.

Por duas décadas, a Standard Oil manteve sua posição de um quase monopólio, ditando os preços nos mercados nacionais e até internacionais. Em 1909, a corte norte-americana estabeleceu uma lei anti-truste que ordenou a separação da empresa em 34 partes. Apesar de terminar o domínio de uma empresa sobre o petróleo mundial, os Estados Unidos continuavam sendo o mercado mais maduro e produziam mais de 50% do petróleo mundial. Entre as 34 partes formadas da Standard Oil, se destacam 3 grandes multinacionais dos tempos atuais: a Exxon, a Mobil e a Chevron. Essas 3 empresas, juntamente com a Gulf Oil, a Royal Dutch Shell, a Texaco e a British Petroleum formaram as globalmente conhecidas "Sete Irmãs", que hoje são 5, após a fusão da Chevron com a Texaco e da Exxon com a Mobil.

Após a primeira guerra mundial, um engenheiro de minas neozelandês chamado Frank Holmes obcecou-se pela ideia de explorar derivados de petróleo no golfo da Arábia. Holmes viajou por diversos países conversando com governantes sobre o potencial lucrativo de explorar petróleo na região e acumulando concessões no Bahrein, Kuwait, Arábia Saudita e Iraque. Para sua infelicidade, não conseguiu financiamento nos mercados financeiros norte-americanos e londrinos, que eram relutantes com o potencial da região. A americana Gulf Oil concordou em trabalhar com Holmes e se tornou posteriormente parte da Turkish Petroleum Company.

Na década de 1960, um movimento das Sete Irmãs reduziu drasticamente os preços do petróleo e causou grande descontentamento nos países exportadores de petróleo, como Irã, Arábia Saudita, Venezuela, Kuwait, Iraque e Catar, que se reuniram em resposta à redução de preços. Nessa época, esses países já eram responsáveis por 80% da oferta mundial de petróleo e fundaram a OPEP (Organização dos Países Exportadores de Petróleo), com dois propósitos: defender o preço do petróleo e evitar reduções unilaterais de preço por multinacionais ocidentais (HASSAN, 2013).

3.2.2 O surgimento da OPEP e as crises do petróleo

A criação dessa entidade fez com que as Sete Irmãs relutassem com a redução de preços. Posteriormente, as nações ocidentais, grandes consumidoras do petróleo, trataram a OPEP como pouco importante, fazendo com que as empresas também passassem a não mais se preocupar com o assunto.

O poder de barganha da OPEP, nesse período, era limitado pelo fato de a maioria das reservas dos países membros serem, tecnicamente, propriedades das multinacionais contra quem lutavam. Reconhecendo essa dificuldade, a OPEP voltou-se para ajudar seus membros a recuperar controle total de seus recursos naturais. Em meados da década de 1970, todos os membros tinham um controle significante sobre suas reservas naturais de petróleo e a organização passou a ser temida pelas multinacionais, que viram o poder da precificação sair de suas mãos e passar para a OPEP.

Durante a década de 1970, o mundo viu duas crises de preços no setor que alteraram a dinâmica global do setor até a atualidade. Essas crises tiveram também uma motivação política, dado que os Estados Unidos, país que tinha crescente dependência da importação do petróleo do Oriente Médio, declarou seu apoio a Israel na Guerra do Yom Kippur, contra Síria e Egito. A retaliação dos países árabes, que se opunham a Israel, veio por meio do preço do petróleo: foi imposto um embargo na exportação de petróleo para os Estados Unidos e alguns países europeus, levando o preço do barril de petróleo de US\$ 2,90 para US\$ 11,65 em poucos meses, entre 1973 e 1974. O mercado passou cerca de 5 anos estável nesse novo patamar de preços (cerca de US\$ 12,00 por barril), até a Revolução Iraniana. Apesar da queda da oferta iraniana ser menos de 10% da oferta global, o pânico causado nos mercados aumentou gravemente os preços, e, em 1980, a Guerra Irã-Iraque levou o preço do barril para cerca de US\$ 38,00. Esse preço foi, por muito tempo, o mais alto da história, seguido de quase uma década de queda nos preços do barril desde então (CBIE, 2020).

3.3 História do petróleo no brasil

3.3.1 A era pré-Vargas

Não existiam, ao longo do período do Brasil Imperial, leis específicas para regular o petróleo nacional. Ainda assim, foi nesse período que as primeiras minas começaram a ser exploradas, ainda valendo a determinação da Constituição de 1824 de que eram de domínio do

Estado todas as riquezas de seu subsolo. Após a proclamação da República, a Constituição de 1891 passou a conceder os direitos de exploração aos proprietários de terras sobre as riquezas de seus subsolos.

Acompanhando o cenário global, a Standard Oil, a Shell e a Texaco se instalaram no país nas primeiras décadas do século XX. A indústria brasileira, que crescia rapidamente, gerava demanda por importação de petróleo. O panorama do mercado nacional foi esse até o governo de Getúlio Vargas, que, com sua política nacionalista e intervencionista, foi extremamente relevante para a evolução do setor no Brasil.

3.3.2 "O Petróleo é nosso"

Além das alterações feias pela Constituição de 1934, que centralizou novamente os direitos sobre o petróleo brasileiro para o Estado, houve a criação, em 1938, do Conselho Nacional de Petróleo (CNP), dando largada à atuação daquele governo no setor. Mesmo sem evidências claras da possibilidade de explorar comercialmente o petróleo no Brasil, três refinarias foram construídas ainda na década de 1930.

Ao fim do primeiro governo de Vargas, a Constituição de 1946 não regulou o setor, e surgiu em paralelo a proposta do "Estatuto do Petróleo", que previa a abertura do setor ao capital privado. Dessa proposta nasceu a expressão popular "O Petróleo é nosso", originada da reação contrária dos nacionalistas, que venceram as campanhas das multinacionais pela abertura. De volta ao poder, Vargas criou, em 1953, a Petrobras, que teria o direito monopolista de explorar todas as etapas da indústria do petróleo com exceção da distribuição.

Pouco mudou nesse cenário até o final do século XX, quando, durante o governo Fernando Henrique Cardoso, foi criada a ANP pela Lei 9.478/97, a "Lei do Petróleo". Essa reestruturação da concepção do papel do Estado na economia nacional e, especialmente, nesse setor, será mais detalhada em um item específico do presente trabalho.

3.3.3 A abertura do mercado e o pré-sal

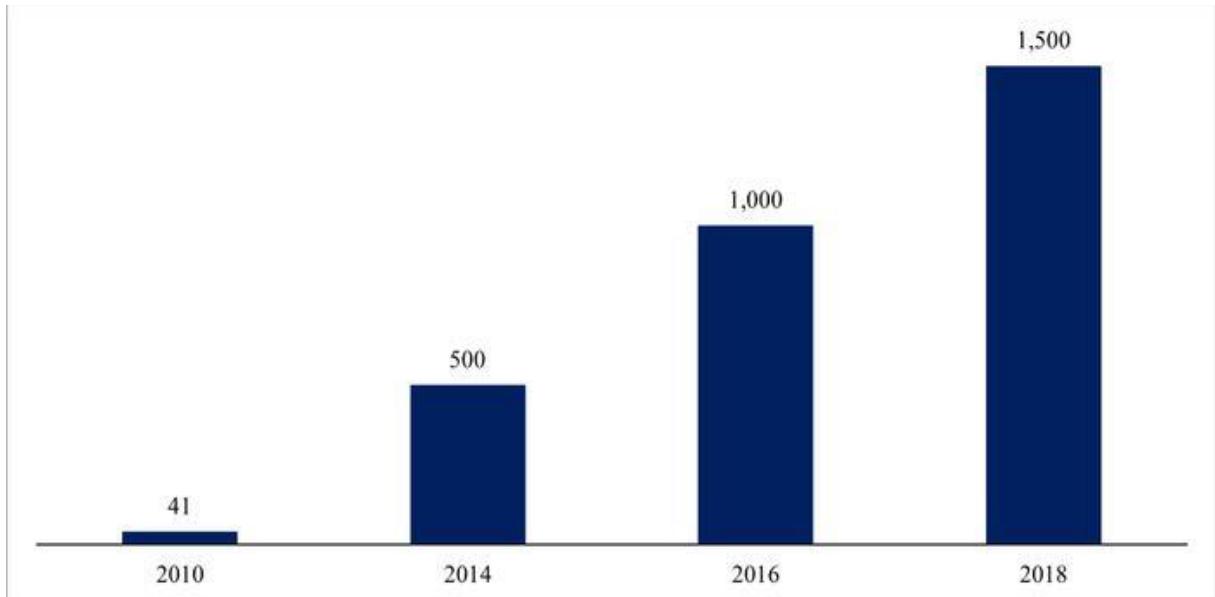
Ao longo dos primeiros anos de sua história, a ANP comandou licitações competitivas para atrair produtores de petróleo para o Brasil. Cinco importantes rodadas de licitações foram feitas nos 10 primeiros anos, acelerando muito o crescimento da indústria com o interesse do capital estrangeiro. A partir de 2005, a ANP também passou a requerer que os concessionários

investissem 1% de seu faturamento gerado na exploração dos campos brasileiros em pesquisa, desenvolvimento e inovação (ANP, 2019).

A mais recente mudança drástica no mercado brasileiro de petróleo foi a descoberta do pré-sal, que começou em 2007, na Bacia de Santos. O pré-sal é uma parcela do subsolo formada há centenas de milhões de anos, compostas por rochas sedimentares durante a separação entre os continentes americano e africano. Os compostos orgânicos, que antes ficavam nos rios dessas regiões foram gradativamente sobrepostos pelas águas do Oceano Atlântico, formando-se ali uma camada de sal que hoje tem 2.000 metros de altura. A matéria orgânica que ficou sob essa camada passou por processos termoquímicos durante milhões de anos, transformando-se em grandes reservas de petróleo e gás natural.

O petróleo explorado nessas camadas é de ótima qualidade e tem muita viabilidade comercial, deixando o Brasil numa situação confortável frente a política internacional quanto à disponibilidade do petróleo. A última década foi de muita evolução na exploração, como pode-se perceber na Figura 3.

Figura 3 — Evolução da produção de petróleo no Brasil (milhares de barris por dia)



Fonte: Petrobras

3.3.4 Formação de preços do petróleo nos mercados internacionais

O petróleo cru é uma fonte de energia tão fundamental para a economia mundial que se tornou uma das *commodities* mais negociadas no mundo todo. Seu preço é extremamente sensível, seja com relação a eventos geopolíticos como também climáticos, vistas as distorções

que ambos podem causar na oferta e demanda do produto. Tratando-se de petróleo cru, são várias as categorias, entre as quais se destacam, mercadologicamente, duas: o Brent e o WTI.

Segundo Hecht (2020), tanto o Brent como o WTI são categorias de petróleo conhecidas como "doce", por possuírem um teor de enxofre de menos de 1% e por serem menos densas do que muitas outras extraídas ao redor do planeta. Essas duas características estão entre as principais que os fazem ser de fácil refino e boa viabilidade comercial.

O Brent é o petróleo cru extraído nos campos de produção do Mar do Norte e serve como parâmetro para a precificação de petróleo e derivados na Europa, África e Oriente Médio, de forma que o Brent dita os mecanismos de precificação de mais 60% do petróleo mundial. Já o WTI, ou *West Texas Intermediate*, é o petróleo cru extraído nos campos do Golfo do México, e serve como parâmetro para a precificação nas Américas, incluindo os Estados Unidos e o Brasil.

As negociações de contratos futuros dessas categorias de petróleo também ocorrem em mercados diferentes: enquanto o Brent é negociado na Bolsa de Londres, o WTI é negociado na Bolsa de Nova York. Esse é um dos fatores que pode causar uma diferença entre os preços de cada ativo: o chamado *spread* de localização. Além disso, existe uma diferença na qualidade, sendo o WTI uma categoria de qualidade ligeiramente superior, que também cria o *spread* de qualidade. A variação das cotações desses dois ativos e no *spread* será discutida no desenvolvimento deste trabalho.

3.3.5 História do mercado brasileiro de combustíveis

No Brasil, o primeiro posto de combustível foi inaugurado em 1915. Entretanto, antes dessa data, duas empresas estrangeiras já atuavam em solo nacional como distribuidoras.

As duas crises do petróleo da década de 1970 levaram à busca de diversas fontes de energia. O Brasil, ao procurar outra matriz, realizou a fermentação da sacarose e do álcool anidro, que começou a ser utilizado em veículos emitindo poucos gases poluentes. Esse combustível, originado da cana-de-açúcar, foi muito utilizado desde os anos 1980 (SOUSA, s.d.).

O mercado de combustíveis sofreu o domínio por oligopólios nos anos 1990, e a sua flexibilização permitiu a criação de novas distribuidoras de combustíveis e o estabelecimento de um mercado mais competitivo.

A liberação dos preços da gasolina e do etanol no Brasil e sua comercialização se iniciaram em 1996, nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste.

A intervenção estatal no mercado de combustíveis perdurou até o meio dos anos noventa, quando foi promulgada a Lei nº 9.478/97, conhecida como Lei do Petróleo, determinando a liberação do mercado de combustíveis e dispendo sobre a política energética nacional, bem como as atividades relativas ao monopólio do petróleo. É na mesma época, inclusive, que se institui o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional do Petróleo (ANP).

A conclusão da instauração da referida lei e a aplicação de seus artigos se deu no final de 2001. Desde então, os reajustes nos preços dos combustíveis passaram a ser aplicados por meio da proteção do processo competitivo dos mercados e da livre concorrência, já que a competência da ANP era exclusivamente a proteção dos interesses do consumidor em relação ao preço, qualidade e oferta dos combustíveis como petróleo, gás natural, biocombustíveis e seus derivados dentro do território nacional, assim como da implementação da política energética nacional.

A Lei do Petróleo, como previsto em seu artigo 1º, tinha como objetivo:

"I - preservar o interesse nacional; II - promover o desenvolvimento, ampliar o mercado de trabalho e valorizar os recursos energéticos; III - proteger os interesses do consumidor quanto a preço, qualidade e oferta dos produtos; IV - proteger o meio ambiente e promover a conservação de energia; V - garantir o fornecimento de derivados de petróleo em todo o território nacional; VI - incrementar, em bases econômicas, a utilização do gás natural; VII - identificar as soluções mais adequadas para o suprimento de energia elétrica nas diversas regiões do País; VIII - utilizar fontes alternativas de energia, mediante o aproveitamento econômico dos insumos disponíveis e das tecnologias aplicáveis; IX - promover a livre concorrência; X - atrair investimentos na produção de energia; XI - ampliar a competitividade do País no mercado internacional. XII - incrementar, em bases econômicas, sociais e ambientais, a participação dos biocombustíveis na matriz energética nacional. XIII - garantir o fornecimento de biocombustíveis em todo o território nacional. XIV - incentivar a geração de energia elétrica a partir da biomassa e de subprodutos da produção de biocombustíveis, em razão do seu caráter limpo, renovável e complementar à fonte hidráulica; XV - promover a competitividade do País no mercado internacional de biocombustíveis; XVI - atrair investimentos em infraestrutura para transporte e estocagem de biocombustíveis; XVII - fomentar a pesquisa e o desenvolvimento relacionados à energia renovável; XVIII - mitigar as emissões de gases causadores de efeito estufa e de poluentes nos setores de energia e de transportes, inclusive com o uso de biocombustíveis."

3.3.6 Composição do preço de revenda da gasolina comum

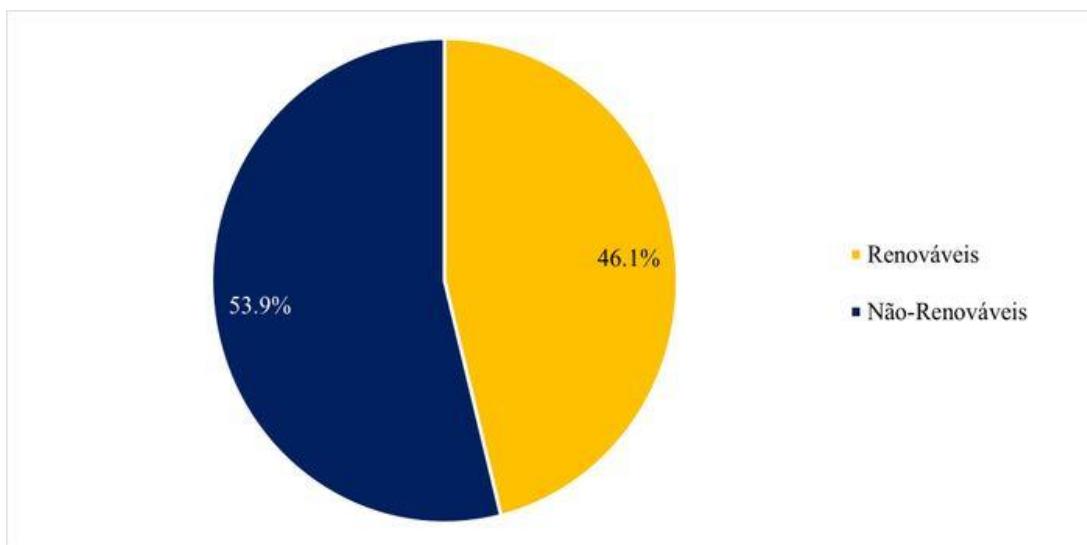
A gasolina comum, vendida nos postos de combustíveis no Brasil, é formalmente conhecida como Gasolina C, e é formada por uma mistura entre a Gasolina A e o Etanol Anidro. A gasolina A é a gasolina pura, produzida por refinarias. A formulação da gasolina C é feita, em geral, pelos distribuidores, que compram a gasolina A da Petrobras ou outros refinadores e

o etanol anidro de usinas sucroalcooleiras. A regulamentação permite que até 27% da gasolina C seja álcool anidro, concentração usualmente utilizada pelas distribuidoras para otimizar o custo. Segundo pesquisa realizada pela Petrobras (2020), apenas 43% do preço de revenda é composto pelo custo da matéria-prima e pelo custo de produção das refinarias. Uma parcela ligeiramente maior, de 45%, é formada pelo conjunto de impostos incidentes sobre o combustível, sendo 29% de impostos estaduais (ICMS) e 16% de impostos federais (CIDE, PIS e COFINS). Os 12% restantes que compõem o preço da revenda representam os custos e a margem de lucro dos distribuidores e revendedores.

3.3.7 A matriz energética brasileira

Em comparação a outros países, o Brasil tem uma participação mais relevante das energias de fontes renováveis na sua matriz. Segundo o Ministério de Minas e Energia na Resenha Energética Brasileira de 2019, 46,1% da matriz brasileira em 2019 veio de fontes renováveis. Apesar de ainda ser menor que a participação das fontes não-renováveis, o número se destaca comparado à média internacional (14,2%), especialmente quando comparado à média dos países membros da OCDE (10,8%). As Figuras 4, 5 e 6 descrevem a abertura detalhada da matriz energética brasileira, separando as fontes renováveis das fontes não-renováveis.

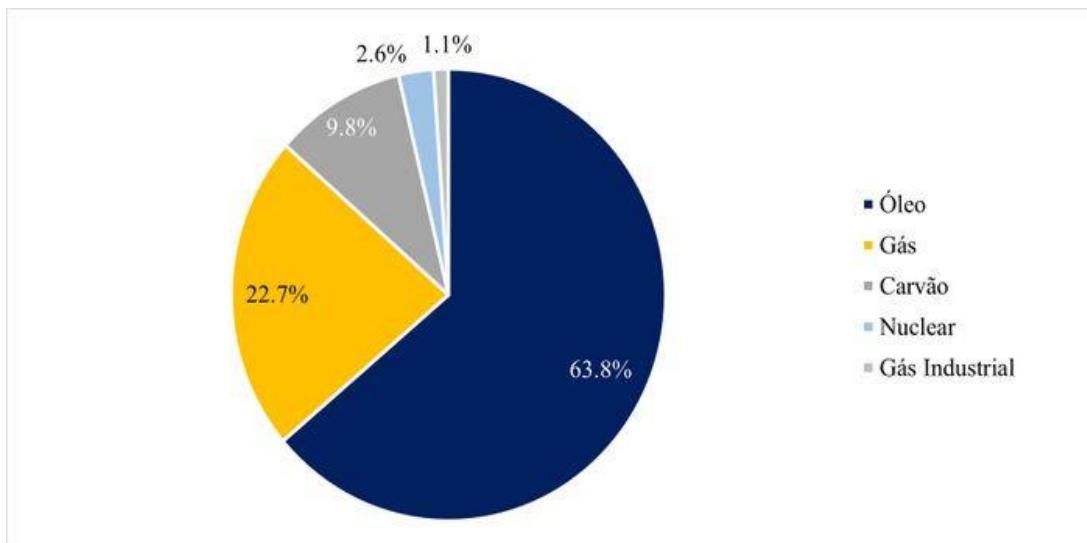
Figura 4 — Matriz energética brasileira (2019)



Fonte: Brasil, Ministério de Minas e Energia. Resenha Energética Brasileira. (2020, p. 5)

Entre as fontes não renováveis, existe uma clara predominância no uso de óleo e gás, enquanto a energia nuclear, por exemplo, ainda é pouco empregada, como observado na Figura 5.

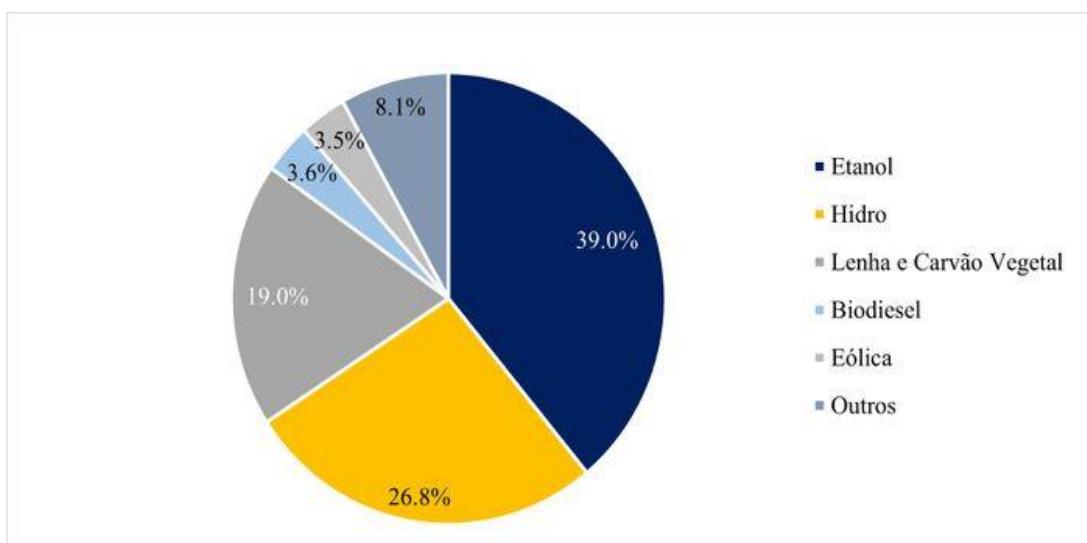
Figura 5 — Matriz energética brasileira: fontes não renováveis (2019)



Fonte: Brasil, Ministério de Minas e Energia. Resenha Energética Brasileira. (2020, p. 5)

Entre as fontes renováveis, destaca-se o etanol, que é amplamente utilizado no país como combustível automotivo, em substituição à gasolina, e a energia hidrelétrica, dado que a energia fornecida a residências e indústrias no país vem predominantemente de usinas dessa natureza.

Figura 6 — Matriz energética brasileira: fontes renováveis (2019)



Fonte: Brasil, Ministério de Minas e Energia. Resenha Energética Brasileira. (2020, p. 5)

4 ANÁLISE LONGITUDINAL DOS PREÇOS

Para entender como se relacionam as variáveis analisadas neste trabalho, o seu desenvolvimento ficou dividido em duas etapas.

Inicialmente, serão analisadas as séries históricas dos preços do barril de petróleo cru e da gasolina brasileira, com a finalidade de se entender, qualitativamente, quais são os principais fatores que influenciam as variações nos preços e, olhando dentro de intervalos reduzidos de tempo, compreender se a tendência é semelhante, oposta ou se não existe relação entre as duas variáveis.

Na segunda seção do desenvolvimento serão apresentadas as análises quantitativas utilizadas com a mesma finalidade, considerando a metodologia estatística previamente detalhada e apresentando os resultados obtidos.

4.1 Análise da evolução histórica dos preços

Esta primeira seção é dedicada à aplicação da deflação às séries históricas do preço do barril de petróleo cru, como fundamentado no capítulo 2, para, com dados comparáveis ao longo do tempo, entender quais foram os fatores externos que motivaram as maiores ascensões e declínios no preço ao longo das últimas seis décadas. Posteriormente, apresentam-se as conversões feitas no preço médio por litro da gasolina brasileira: inicialmente, a conversão do preço por litro em reais correntes para o preço por barril em reais correntes; em segundo lugar, a conversão de reais correntes para dólares correntes; e, por último, a deflação, ajustando toda a série para dólares de agosto de 2020.

4.1.1 Análise longitudinal do preço do barril de petróleo cru

A primeira série histórica analisada será também a mais longa: a do preço do barril de petróleo cru nos mercados internacionais. A principal referência desse preço, negociada com liquidez no mercado financeiro mundial, é o *West Texas Intermediate*, o derivativo do barril de petróleo negociado na bolsa de Nova York. Essa é a referência preferencial, já que o WTI é negociado nos Estados Unidos e é o principal parâmetro para todo o petróleo comercializado no continente americano.

No entanto, o WTI é um derivativo que foi criado apenas em 1982. Considerando o contexto histórico previamente analisado, é sabido que a década de 1970 foi crucial para a

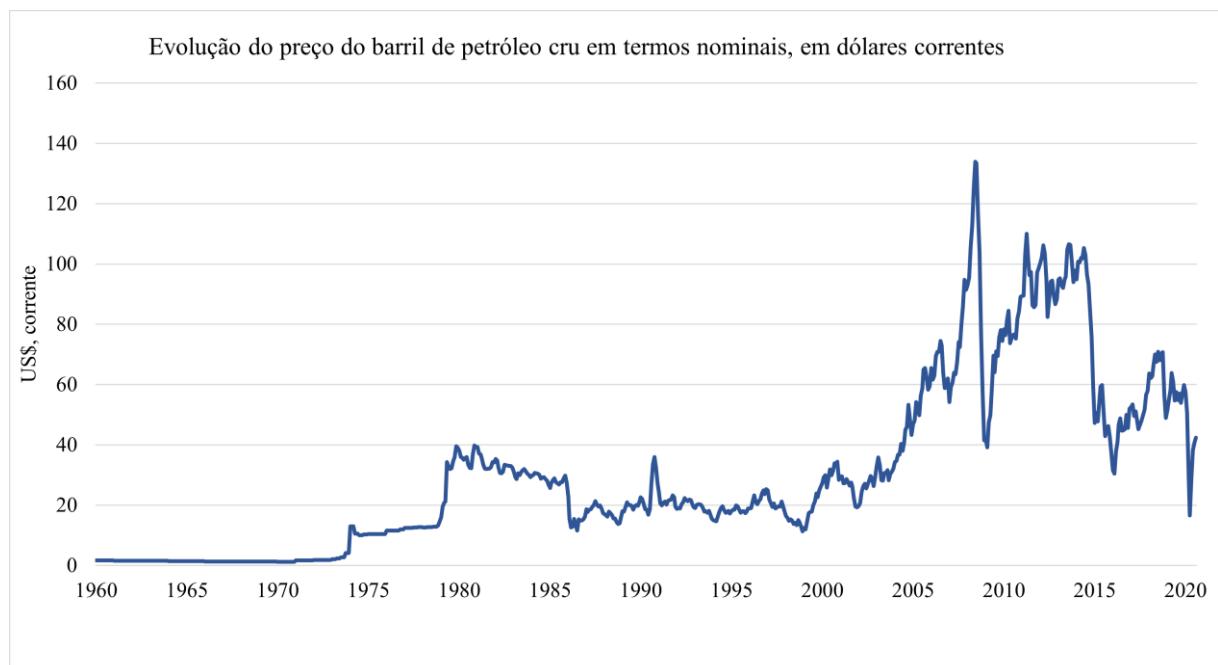
construção dos preços do petróleo como são hoje, devido às crises do petróleo e ao nascimento da OPEP. Apesar da série histórica do WTI não capturar essas variações, seria prejudicial para o objetivo final deste trabalho iniciar as análises apenas em 1982, já passados alguns fatores geopolíticos sensíveis ao tema.

Assim, para os anos de 1960 a 1981, a série histórica utilizada será do barril de petróleo Saudi Arabian Light (34' API) (World..., 2020). As variações de preço anteriores a 1960 não foram analisadas, pois seria necessário estabelecer um terceiro parâmetro de precificação para além do WTI e do barril da Arábia Saudita, dado que este último começou a ser negociado em janeiro de 1960.

A fonte de dados utilizada foi a *World Bank Commodity Price Data (Pink Sheet)* de agosto de 2020, atualizada e mantida pelo Banco Mundial, que fornece a série histórica dos valores mensais para diversas *commodities*. A base de dados está apresentada no Anexo C.

Observando a série como um todo em valores nominais (Figura 7), percebemos que as primeiras grandes variações no preço do barril ocorreram na década de 1970, coincidindo com as mencionadas crises do petróleo. Após esse período, o barril passou cerca de uma década e meia precificado por volta de US\$ 20,00, voltando a subir ao longo do século XXI, já com uma volatilidade maior dada por diversas motivações geopolíticas.

Figura 7 — Evolução do preço do barril de petróleo cru em termos nominais, em dólares correntes (1960-2020)



Fonte: World Bank Commodity Price Data (2020)

Como discutido no capítulo 2 deste trabalho, considerando que os valores da série estão em dólares estadunidenses, o ajuste para deflacioná-los e obter valores reais utilizou o *Consumer Price Index* (CPI), principal índice de inflação nos Estados Unidos. Os valores utilizados foram convertidos ao valor do dólar de agosto de 2020, de acordo com os dados para o CPI apresentados no Anexo A (U.S. Bureau of Labor Statistics, 2020).

O resultado do tratamento dessa série está apresentado graficamente a seguir, na Figura 8, e os resultados mensais estão apresentados no Anexo D.

Figura 8 — Evolução do preço do barril de petróleo cru em termos reais, em dólares de agosto de 2020 (1960-2020)



Fonte: O autor (2020)

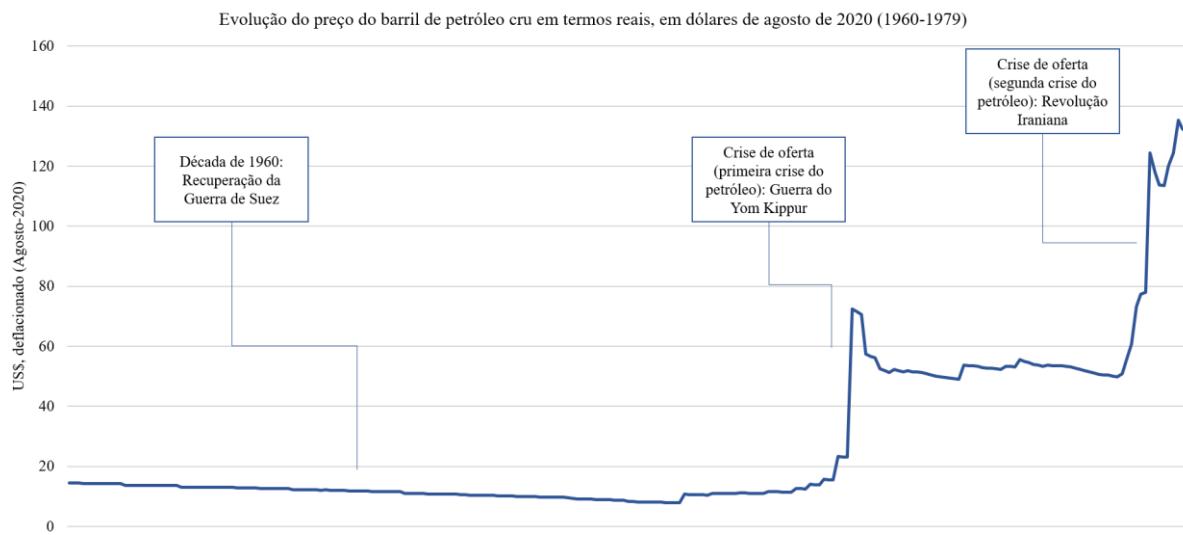
Analizando a Figura 8, a diferença que mais se destaca ao corrigir a evolução dos preços pela variação monetária é ao longo das décadas de 1970 e 1980. É notável, por exemplo, que o início dos anos 1980 registrou uma máxima local que só foi superada cerca de 30 anos depois.

Considerando a intensa volatilidade do preço do barril nesses 60 anos, a melhor forma de aprofundar a análise qualitativa sobre essa série histórica foi a sua divisão em séries menores, sempre realizando as comparações em dólares de agosto de 2020 e utilizando a série deflacionada.

4.1.1.1 As primeiras crises do petróleo: 1960 a 1980

A primeira fração temporal analisada vai de 1960 a 1979, incluindo as duas primeiras crises do petróleo e a fundação da OPEP, como visualizado na Figura 9 e descrito a seguir.

Figura 9 — Evolução do preço do barril de petróleo cru em termos reais, em dólares de agosto de 2020 (1960-1979)



Fonte: O autor (2020)

A primeira série analisada considera os preços de janeiro de 1960 a dezembro de 1979. Nesse período, o preço do barril, em termos nominais, foi de US\$ 1,63 para US\$ 39,00, configurando um aumento muito específico. A comparação é mais precisa em se tratando de termos reais, como os apresentados na Figura 9. Nesse caso, o preço foi de US\$ 14,46 em janeiro de 1960 para US\$ 132,16, representando um aumento de mais de 9 vezes no preço do barril.

Antes dos aumentos acelerados no preço, viu-se uma queda constante nos valores do barril ao longo da década de 1960, que chegou a 39% em termos reais entre o início e o fim da década. O principal fator motivador dessa tendência foi, na verdade, anterior à própria série: em 1956, o presidente do Egito, Gamal Nasser, nacionalizou o Canal de Suez, que pertencia a uma empresa inglesa. Essa atitude nacionalista gerou uma guerra entre o Egito e Israel, que dependia desse acesso ao Mar Vermelho, apoiado por França e Inglaterra. Em meio à situação caótica, o abastecimento de produtos da região para países do ocidente ficou interrompido, o que causou um aumento súbito no preço do petróleo.

Dessa forma, a queda observada ao longo da década de 1960 foi apenas um longo ajuste aos patamares de preços anteriores a esse primeiro choque. Sobre esse período, é também importante destacar a fundação da OPEP em 1960, em Bagdá, numa reunião entre Arábia Saudita, Irã, Iraque, Kuwait e Venezuela, visando aumentar a receita desses países, assegurar o controle dos mesmos sobre a produção de petróleo em detrimento das multinacionais e unificar políticas. A OPEP, como mencionado anteriormente, não afetou diretamente os preços do petróleo ao longo da primeira década a partir de sua fundação.

No começo da década de 1970, dadas as preocupações com as incertezas no cenário geopolítico relacionado aos países árabes, ocorreu um aumento constante dos preços do barril de petróleo, culminando, entre 1973 e 1974, na primeira grande crise mundial do petróleo.

Muitos fatores se somam a este cenário de crise internacional, a mencionar a eclosão da Guerra do Yom Kippur, quando uma coalisão formada por Egito e Síria e apoiada por outros países árabes, invadiu Israel. Importante destacar, igualmente, polarização mundial causada pela Guerra Fria em seu auge, com o apoio dos Estados Unidos para Israel e da União Soviética ao lado árabe do conflito.

Nesse contexto, a Organização dos Países Árabes Exportadores de Petróleo, composta pelos então membros árabes da OPEP e por Egito e Síria, declarou um embargo no fornecimento do petróleo contra as nações que se aliaram a Israel, dentre os quais estavam os Estados Unidos, o Japão e alguns países europeus. Esse embargo durou até março de 1974, causando um grande choque nos preços do petróleo, que foram, na série deflacionada, de US\$ 15,53 em setembro de 1973 para US\$ 70,69 em março de 1974, representando um aumento de 4,5 vezes no preço do barril do petróleo em um período de seis meses.

Após o fim do embargo, os preços se ajustaram rapidamente para cerca de US\$ 50,00, o que representou uma queda de quase 30% frente ao pico, mas ainda num patamar mais de 3 vezes superior ao que o antecedeu. O nível dos US\$ 15,00 por barril não foi alcançado novamente em nenhum momento ao longo dos 45 anos seguintes.

Os Estados Unidos não presenciavam uma crise econômica tão relevante desde a Grande Depressão, em 1929. O Brasil, inclusive, sofreu com os impactos do conflito. Vivenciando no início da década o chamado "milagre econômico", com altos índices de crescimento durante o período do governo Médici, a crise do petróleo de 1973 foi um dos primeiros fatores a desacelerar esse crescimento. Por consequência, gerou um incentivo adicional para que a população se opusesse mais ao regime militar em vigor, cujos abusos estavam sendo encobertos pelo desenvolvimento que se apresentava.

Em 1974, os embargos foram interrompidos após uma negociação dos Estados Unidos com Israel, que concordou em tirar as tropas das áreas que foram ocupadas depois de vencer a Guerra do Yom Kippur. Os países árabes, então, concordaram em suspender os embargos.

O período de 1975 a 1978 ficou marcado por algumas oscilações causadas pela tensão geopolítica mundial, tanto no mundo árabe, que havia recentemente presenciado um grande conflito bélico, como entre Estados Unidos e União Soviética, que vivenciaram o auge da Guerra Fria ao longo dessa década.

Durante esse período, os países ocidentais começaram a explorar soluções alternativas de energia para reduzir sua exposição à política do mundo árabe. O Brasil, por exemplo, implementou em 1975 o programa Proálcool, estimulando a maior rentabilidade do combustível ao misturar gasolina com etanol, uma fonte renovável e abundante no Brasil.

Após esse período de estabilização, 1979 foi o ano da segunda grande crise do petróleo. Diferentemente da primeira, essa crise não foi motivada por conflitos entre o mundo árabe e o Estado israelense ou a cultura ocidental; mas teve como foco o Irã, que, até então, vivia sob uma monarquia autocrática, o regime dos Xás.

A população iraniana estava insatisfeita com a penetração da cultura ocidental promovida pelo Xá e com a situação socioeconômica no país. Ruhollah Khomeini teve grande apoio popular como oposição ao Xá, forçando-o a abandonar o país em janeiro de 1979 e assumindo o governo como líder supremo de uma república teocrática islâmica.

O Irã já era, nesse período, um dos grandes exportadores de petróleo no mundo. O receio de uma queda na produção, somada à instabilidade política que o país vivia, refletiu num aumento vertiginoso do preço do barril de petróleo a níveis globais. Na série em valores reais, o preço variou de US\$ 50,90 em novembro de 1978 para US\$ 135,27 em novembro de 1979, um aumento de cerca de 170% num período de 1 ano.

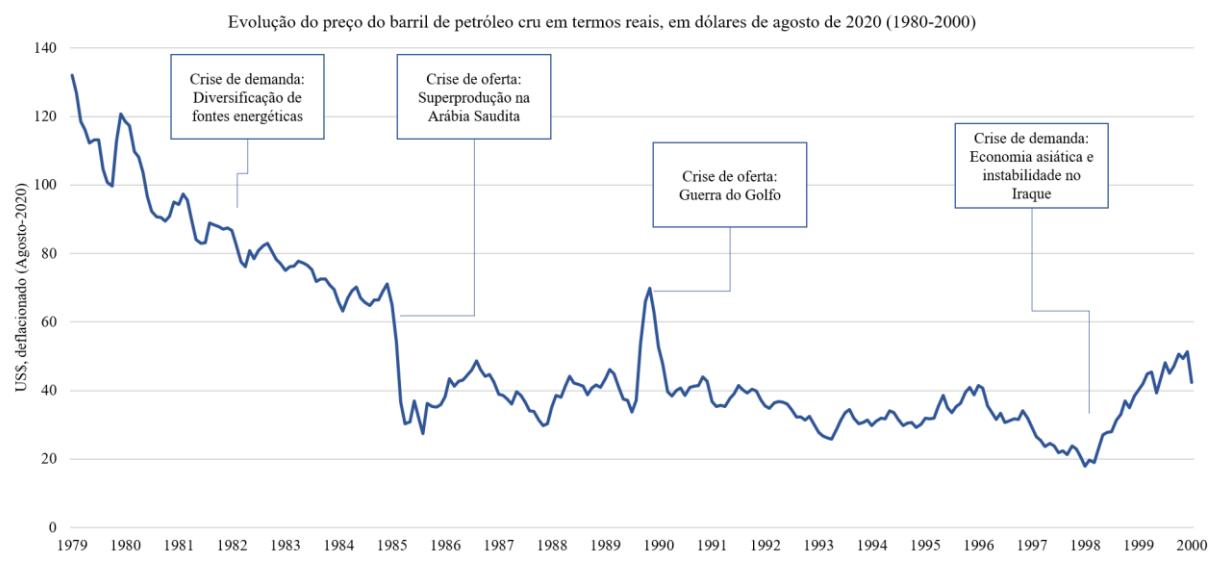
Além da Revolução Iraniana, outro conflito em consequência desse foi a Guerra Irã-Iraque, que durou 8 anos e reduziu também a produção de petróleo dos dois países.

Em suma, as duas variações mais intensas ao longo do período foram motivadas por crises de oferta, quando a percepção do mercado foi consensualmente receosa de que os conflitos no mundo árabe poderiam causar uma escassez de petróleo no mercado e, portanto, aumentaram os preços de negociação.

4.1.1.2 Anos 1980 e 1990

A sequência de duas crises do petróleo levou o preço do barril a níveis antes inimagináveis. Em valores reais, o preço alcançado em novembro de 1979 perdurou como a máxima histórica por mais quase 30 anos, até a crise mundial de 2008.

Figura 10 — Evolução do preço do barril de petróleo cru em termos reais, em dólares de agosto de 2020 (1980-1979)



Esse choque fez com que os países importadores se preocupassem ainda mais em diversificar suas compras, passando a comprar de produtores que não faziam parte da OPEP, além de investir em outras fontes de energia.

A diversificação promovida pelos países ocidentais, aliada a políticas econômicas liberais implementadas por Ronald Reagan, nos Estados Unidos, fez com que, mesmo durante a Guerra Irã-Iraque, os preços caíssem constantemente na primeira metade da década de 1980. Também é possível interpretar essa redução como uma simples regressão à média, já que os preços alcançados em 1979 eram extremamente artificiais e motivados por conflitos políticos, mas insustentáveis na economia mundial.

Em termos reais, o preço do barril foi de US\$ 135,27 no final de 1979 para US\$ 65,04 no final de 1985, uma redução de praticamente 50%, embora não tenha reestabelecido os patamares anteriores à crise de 1979.

Em seguida, destaca-se em 1986 a primeira queda rápida e acentuada no preço do barril dentro da série. Até então, os aumentos de preços eram reações rápidas do mercado, enquanto

as quedas eram lentas e duravam longos períodos. Neste ano, a Arábia Saudita, maior produtora de petróleo do mundo, tomou a decisão de aumentar sua participação no mercado de exportação e começou a produzir quantidades altas de petróleo, derrubando rapidamente o preço do barril em todo o mundo. Os sauditas acreditavam que, ao derrubar os preços, forçariam os outros países a reduzir a produção, para reequilibrar os níveis de oferta e demanda no mundo. A prática também foi uma retaliação a alguns países membros da OPEP, que não estavam respeitando as diretrizes da organização.

No entanto, a maioria dos grandes consumidores já vinham se preparando durante o começo da década para depender menos dos países da OPEP e começaram a importar de outros produtores como Brasil, Egito, Índia e Malásia, o que dificultou ainda mais a absorção desse excedente produzido.

Nos valores reais analisados neste trabalho, o barril foi de US\$ 65,04 em dezembro de 1985 para US\$ 30,22 em março de 1986, uma queda de mais de 50% em apenas 3 meses. Isso significava que muitas das plantas de alta tecnologia não conseguiam ser lucrativas, o que aumentou abruptamente a dívida pública do país árabe.

A oferta e demanda mundial variaram muito no restante da década, com o preço do barril oscilando nessa faixa de 30 a 50 dólares na série deflacionada.

A quarta grande ascensão no preço do barril veio em 1990. Recapitulando, as três primeiras haviam acontecido em 1956, no conflito do Canal de Suez; em 1973, na Guerra do Yom Kippur; e em 1979, na Revolução Iraniana. Desta vez, não diferente das outras, a crise foi novamente causada por um conflito no mundo árabe.

Esse conflito foi conhecido como a Guerra do Golfo, e se iniciou quando o Iraque invadiu e tomou o Kuwait após diversos desentendimentos de natureza econômica. Tal atitude foi condenada internacionalmente e motivou as grandes potências mundiais a imporem sanções econômicas ao Iraque.

A dominação do Kuwait pelo Iraque foi extremamente problemática para o preço do petróleo, dada a importância do país invadido como produtor e exportador. Durante o período de guerra no país, além da interrupção na produção, diversos poços de petróleo foram incendiados, o que causou uma crise de oferta que elevou os preços de US\$ 33,72 em junho de 1990 para US\$ 69,90 em outubro do mesmo ano, em termos reais, logo após a invasão iraquiana.

Como já observado anteriormente, os grandes choques que causam elevações abruptas no preço do petróleo são seguidos por um período prolongado de queda de preços, sem a mesma intensidade e geralmente nunca alcançando os patamares anteriores. O período posterior à

Guerra do Golfo não fugiu à regra, mas a reação foi mais rápida que o comum: enquanto os preços atingiram o patamar dos US\$ 70, em outubro de 1990, em fevereiro de 1991 os preços já estavam de volta abaixo da linha dos US\$ 40, permanecendo nesse patamar ao longo dos anos de 1991 e 1992 com a solução do conflito no Kuwait.

Após o conflito, no entanto, o Iraque ficou sancionado pela ONU e não produzia grandes quantidades de petróleo por não ter como exportar o excedente. Nos 5 anos seguintes, a percepção de oferta foi bastante volátil com as constantes mudanças na relação geopolítica com o Iraque, que ora se mostrava interessado em retomar as relações comerciais com as nações ocidentais, ora tomava atitudes contrárias a essa intenção.

Os preços voltaram a subir moderadamente ao longo de 1995 e 1996, quando os EUA impuseram importantes sanções contra o Irã em resposta ao programa nuclear do país e ao apoio que o governo iraniano deu a organizações consideradas terroristas pelo país ocidental, como o Hezbollah e o Hamas.

A subida especulativa nos dois anos anteriores a essa série deixou os preços artificialmente elevados, e entre 1997 e 1998 foi possível observar uma queda que chegou a 50% no preço do barril devido à redução das sanções impostas ao Iraque. A partir de 1998, a OPEP também reajustou em 10% para cima o limite de produção para os países membros, o que aumentou a oferta, facilitando a queda de preços. Durante esse período, a crise econômica na Ásia, que afetou importantes mercados consumidores como o Japão e a Coreia do Sul, cooperou com a redução da demanda por petróleo nessas nações.

Com os preços abaixo dos US\$ 20 por barril, a OPEP estabeleceu, no início de 1999, um corte na produção dos países membros para aumentar os preços e maximizar as receitas dos exportadores. Essa redução na oferta, combinada a um aumento na demanda com uma recuperação na atividade econômica mundial, colaborou para levar os preços de volta à faixa dos US\$ 40, ao passo que se encerrava o século XX.

4.1.1.3 Século XXI

O começo de 2001 foi turbulento para a economia dos Estados Unidos e diversos países de fora da OPEP aumentaram sua produção. Para evitar a queda no preço, a OPEP voltou a cortar os limites de produção dos países membros. Em 11 de setembro de 2001, ocorreu o conhecido atentado terrorista contra o *World Trade Center*, em Nova Iorque, que chocou o mundo.

Figura 11 — Evolução do preço do barril de petróleo cru em termos reais, em dólares de agosto de 2020 (2001-2020)



Fonte: O autor (2020)

Com o medo generalizado dos impactos que o terrorismo podia provocar em grandes mercados, o preço do barril caiu rapidamente, de US\$ 40,19 em agosto de 2001 para US\$ 28,70 em novembro do mesmo ano, uma queda de aproximadamente 30% em apenas 3 meses. A OPEP aguardou a redução na tensão geopolítica para anunciar novos cortes de produção, que vieram em 2002 e foram acompanhados por importantes exportadores não membros, como a Rússia. Isso foi suficiente para fazer os preços voltarem a subir. Outro fator que contribuiu com a volta da subida foi uma greve dos produtores de petróleo venezuelanos, que cortou rapidamente a produção no país.

Nos dois anos seguintes, o crescimento rápido das economias asiáticas e o aumento como um todo do consumo de produtos derivados de petróleo, além do enfraquecimento do dólar frente a moedas emergentes, motivaram um aumento nos preços. A tendência de alta foi mantida até a crise de 2008, com algumas quedas pontuais causadas por furacões nos Estados Unidos.

Em 2007 e no primeiro semestre de 2008, a tendência de alta se acentuou frente à euforia com o crescimento econômico global, que gerava grandes expectativas de demanda. A desvalorização do dólar em relação a outras moedas e algumas tensões geopolíticas, como a gerada por testes de mísseis no Irã em julho de 2008, corroboraram esta tendência. Em termos reais, em abril de 2008 o preço ultrapassou a máxima histórica até então, os US\$ 135,27 atingidos em dezembro de 1979, fechando o mês em US\$ 136,26. Dois meses após, em junho,

o preço atingiu os US\$ 159,08, o valor mais alto dentro de toda a série histórica analisada neste trabalho.

Nesses 18 meses, o preço do barril praticamente dobrou, em meio a uma grande onda especulativa baseada na confiança dos investidores. A percepção no momento sugeria que não havia um limite para os preços.

No entanto, mais rápida que a ascensão do período anterior foi a queda que o seguiu, quando muitas realidades se inverteram. Em um primeiro momento, os altos preços do petróleo forçaram o comportamento do consumidor a reduzir o consumo e buscar fontes alternativas, reduzindo a demanda e puxando os preços para baixo, levando ao fechamento em US\$ 123,48 em setembro de 2008.

Mesmo após esse reajuste de mais de 20% em 3 meses, os preços continuavam altos em comparação aos patamares históricos. No mês de outubro de 2008, a economia mundial ficou marcada com a explosão de uma crise econômica internacional que não se via desde a Grande Depressão, em 1929. Os mercados de ações despencaram, grandes bancos americanos foram forçados a declarar falência e a euforia que antecedeu esse período foi substituída por um grande sentimento de pânico, o que impactou também os preços do petróleo.

Em dezembro de 2008, o preço já era de US\$ 51,23, queda de mais de 65% em apenas 6 meses. O mundo estava receoso com a desaceleração da atividade econômica e, assim como todos os outros ativos, o petróleo sofreu com uma rápida depreciação em seu valor.

A OPEP, insatisfeita com a queda no preço do barril, promoveu um relevante corte de produção, a fim de reduzir a oferta e equilibrar novamente a demanda, e fazer com que os preços voltassem a subir. Uma recuperação na demanda pelo rápido crescimento nas economias asiáticas, envolvendo a China e alguns Tigres Asiáticos, suportou uma recuperação até o final de 2010, voltando a atingir o patamar dos US\$ 100, em valores reais.

Entre 2011 a 2013, o preço oscilou muitas vezes dentro da faixa dos US\$ 100 aos US\$ 120 em termos reais, passando pela tensão política no princípio da conhecida Primavera Árabe. Isso gerava uma preocupação novamente com a oferta, levando os preços para cima. Em contrapartida, havia também uma preocupação com a crise econômica na Europa, que ainda sofria consequências de 2008, como um possível fator redutor do consumo.

Após 5 anos de preços elevados, apesar de um pequeno hiato, iniciou-se uma breve crise de hiper abastecimento. Os Estados Unidos, por exemplo, aumentaram muito a sua produção interna, enquanto a demanda na China e na Europa começou a diminuir ao longo de 2014. A nova queda rápida no preço dos barris foi motivada, para além do hiper abastecimento, por

problemas econômicos na Ásia e na Europa e por uma recuperação do dólar, que voltou a valorizar-se frente às moedas emergentes e ao euro.

Essa foi a terceira queda mais acentuada de preços na série analisada, após o ano de 1986, quando o aumento da produção na Arábia Saudita derrubou os preços artificialmente, e o fim de 2008, quando a crise econômica assolou os mercados mundiais.

Os preços variaram de US\$ 114,77 em junho de 2014 até uma mínima de US\$ 33,31 em fevereiro de 2016, dentro desse período, representando uma desvalorização real de 70% sobre o ativo.

O preço se estabilizou no patamar de US\$ 50 a US\$ 55 até o final de 2016 e por boa parte de 2017. A narrativa a partir do final de 2017, e que se estendeu por boa parte de 2018, era de um aumento de preços constante, dado o crescimento econômico e os baixos níveis de estoque de petróleo em grandes potências mundiais.

A partir de então, um grupo dentro da OPEP, liderado pela Arábia Saudita, voltou a aumentar a produção, tanto para compensar menores produções no Irã, Líbia e Venezuela, como também para aproveitar o nível dos preços. Ficou clara a intenção dos sauditas em relação ao preço do barril: encontrar um ponto de equilíbrio que não seja baixo a ponto de inviabilizar economicamente a exploração, mas que não seja alto demais a ponto de estimular a busca por fontes alternativas de energia.

O ano de 2020 trouxe uma ingrata surpresa para o mundo todo. A pandemia do Covid-19, doença causada pelo corona vírus, foi declarada pela Organização Mundial da Saúde em março deste ano, sendo que, até a data deste trabalho, mais de 46 milhões de pessoas foram contaminadas no mundo todo, com mais de 1,2 milhão de mortes registradas.

A velocidade com que o vírus se espalha e a dificuldade em prevenir o contágio, aliadas à impossibilidade dos sistemas de saúde em quase todos os países do mundo para tratar doentes na velocidade com que o contágio ocorre, motivaram uma paralisação da economia global.

Dentro do escopo deste trabalho, o impacto econômico causado pela pandemia é de extrema relevância. Muitos países do mundo decretaram longos períodos de quarentena, fechando vários estabelecimentos comerciais, *shopping centers* e proibindo viagens internacionais. A desaceleração econômica causada pela pandemia representa a maior recessão econômica mundial vista desde a Grande Depressão, quase um século atrás.

Um exemplo concreto do impacto da desaceleração econômica é a redução por demanda de transportes, que impactou diretamente numa queda da demanda por petróleo. A OPEP, se preparando para essa redução, promoveu cortes importantes na produção para o segundo trimestre, e convidou a Rússia e outros produtores não-membros para seguir a decisão.

A real crise nos preços em 2020 começou a partir dessa negociação: a Rússia se recusou a reduzir sua produção e rompeu sua relação com a OPEP, causando uma queda de 10% no preço do barril de petróleo já no dia seguinte a esse anúncio. O argumento do governo russo foi de que ainda seria muito cedo para cortar a produção, antes de entender completamente quais seriam os impactos do surto, e que uma instabilidade política que existia na Líbia já estaria reduzindo a oferta a ponto de compensar a queda na demanda.

Repetindo um comportamento observado em 1986, quando grandes produtores de petróleo não cooperaram com a manutenção dos preços em um nível saudável, a Arábia Saudita retaliou a atitude da Rússia, iniciando uma guerra de preços ao abaixar o preço dos barris e anunciar um aumento de 25% na produção diária.

Essa situação colocou os preços em queda livre. Apesar de essa ter sido a quarta vez na história com grandes quedas de preço, foi certamente a mais acentuada. Apesar de não ser possível visualizar no gráfico da Figura 11, por ser uma série com dados mensais, o barril de petróleo foi negociado no dia 20 de abril a valores negativos, chegando à absoluta mínima histórica em US\$ 37,63 negativos.

Conceitualmente, os preços do WTI podem ser negativos, já que se trata de um contrato futuro. A produção de petróleo pode ser sempre desacelerada, mas nunca completamente paralisada. A percepção de que o menor nível possível de produção ainda forneça uma oferta maior que a demanda seria a causa para que proprietários de contratos futuros de petróleo, como o WTI, estivessem dispostos a pagar para se livrar de contratos que imaginavam não ter espaço para armazenar.

Logicamente, a demanda nunca atingiu níveis tão baixos e esse movimento teve uma natureza fortemente especulativa, rapidamente voltando a valores positivos. Ainda assim, com a guerra de preços entre Rússia e Arábia Saudita, o preço terminou abril de 2020 em US\$ 16,75, que, em termos reais, foi o menor preço de fechamento de um mês desde setembro de 1973, anterior a todas as crises do petróleo e poucos dias antes da Guerra do Yom Kippur.

A recuperação foi alcançada quando os dois países entraram em consenso para cortar a produção, inclusive com forte pressão dos Estados Unidos sobre o país árabe, dada a enorme instabilidade econômica que essa volatilidade causou.

O valor mais recente da série histórica analisada é o do fechamento de agosto de 2020, em US\$ 42,36. Esse valor ainda é baixo, comparada a toda a tendência de alta observada no século XXI. Ainda não existe clareza para os mercados sobre a retomada total da atividade econômica e um fim da pandemia só é esperado após a vacinação em massa da população.

Na data de elaboração deste trabalho, existe um novo receio mundial em relação a um novo aumento nos casos de Covid-19 na Europa, sendo que o Reino Unido anunciando um novo período de *lockdown* em 31/10/2020.

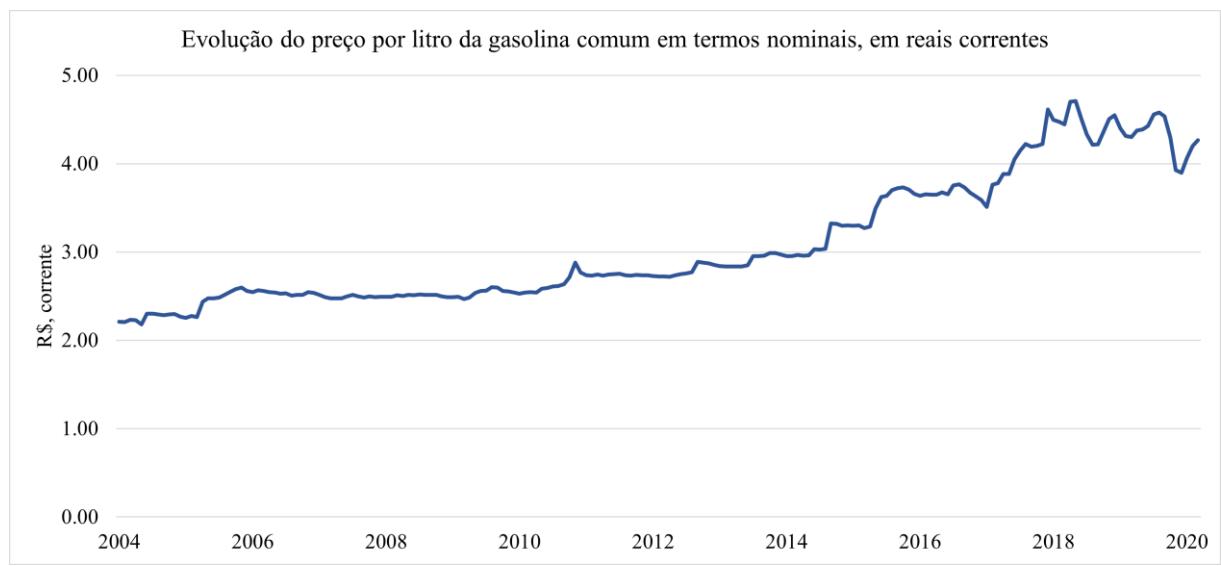
4.1.2 Análise longitudinal do preço de revenda da gasolina comum no Brasil

Em comparação à série analisada do preço do barril de petróleo cru, a segunda série histórica a ser analisada será a dos preços de venda para o consumidor final da gasolina comum no Brasil, por ser o principal combustível derivado de petróleo utilizado no país.

Como descrito anteriormente, até o final do século XX a formação dos preços dos combustíveis era totalmente regulada pela Petrobras. O livre mercado no setor foi adotado a partir de 2001, sendo que a série histórica de preços fornecida pela ANP tem início em junho de 2004. No escopo deste trabalho, portanto, será analisada a evolução mensal dos preços médios de revenda em todo território nacional desde esse período até agosto de 2020.

Entre julho de 2001 e maio de 2004, o Levantamento de Preços e de Margens de Comercialização de Combustíveis (LPMCC) incluía os preços de revenda e distribuição em 411 municípios, sendo que a partir de junho de 2004 foram incluídos outros 144. Essa alteração é o motivo para a série analisada iniciar-se apenas em 2004.

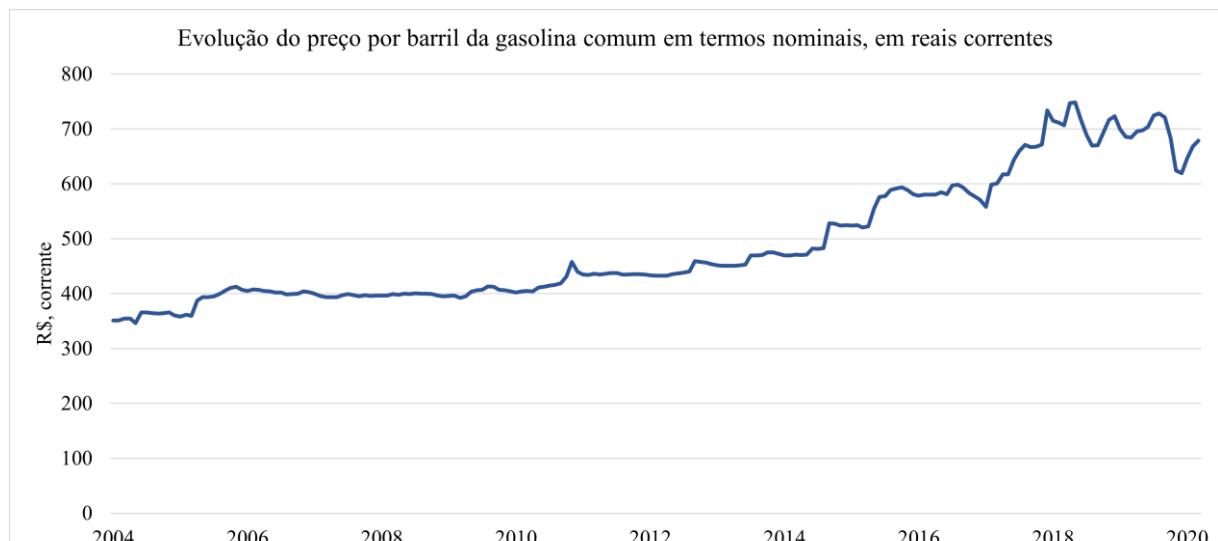
Figura 12 — Evolução do preço médio da gasolina comum em reais por litro, em termos nominais (2004-2020)



A série apresentada na Figura 12 contém os dados do Anexo E e apresenta toda a evolução mensal em valores nominais, em reais brasileiros por litro. Porém, para fazer sentido comparar a evolução dessa série com a evolução do preço do barril de petróleo cru, diversos ajustes de natureza econômica precisam ser feitos.

A primeira adaptação é uma mera conversão de unidades, para comparar os preços da mesma quantidade de matéria. Considerando que um barril contém 158,987 litros, os valores da série foram multiplicados por esse valor a fim de construir uma nova série, que representa o preço em reais correntes de um barril de gasolina, como mostrado na Figura 13 a seguir.

Figura 13 — Evolução do preço médio da gasolina comum em reais por barril, em termos nominais (2004-2020)



Fonte: O autor (2020)

O próximo ajuste feito é de natureza econômica, para considerar a evolução da taxa de câmbio entre o dólar e o real. Os dados utilizados foram extraídos da Investing.com e estão expressos no Anexo F. Convertendo os preços para valores nominais em dólares, a série formada fica como apresentada na Figura 14 a seguir.

Figura 14 — Evolução do preço médio da gasolina comum em dólares por barril, em termos nominais (2004-2020)



Fonte: O autor (2020)

Diferente da impressão transmitida na primeira série apresentada, os valores da gasolina em 2020 estão, se observados em dólares, nos menores patamares de toda a série, seguindo a tendência internacional do preço do petróleo, que será observada detalhadamente a seguir.

O último ajuste feito na série é o mesmo que foi feito para o barril de petróleo: considerar a inflação da moeda estadunidense (o CPI, segundo dados descritos no Anexo A) e converter os valores nominais históricos ao valor do dólar em agosto de 2020 deflacionado à série para melhores comparações. A série final analisada fica exposta na Figura 15 a seguir e tem seus dados detalhados no Anexo G.

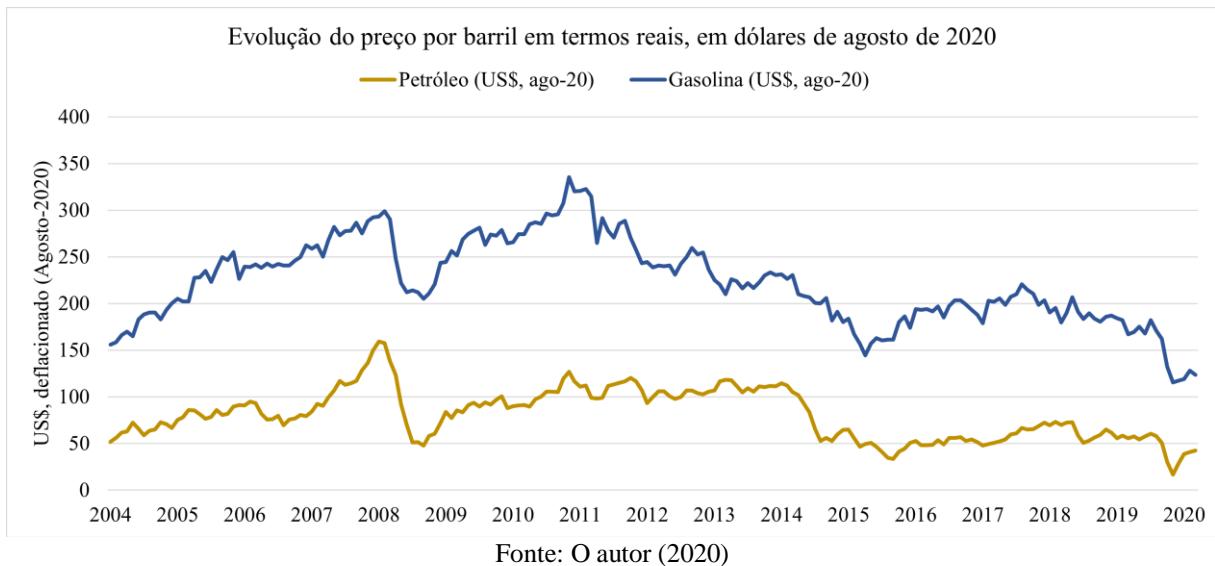
Figura 15 — Evolução do preço médio da gasolina comum por barril em termos reais, em dólares de agosto de 2020 (2004-2020)



Fonte: O autor (2020)

Finalmente, dado que para todo o período dessa série existem os dados previamente analisados de preços do barril, é importante no escopo deste trabalho analisar a evolução de ambos em paralelo, feitos os devidos ajustes. A Figura 16 mostra a evolução mensal, de junho de 2004 a agosto de 2020, dos preços por barril do petróleo cru e da gasolina comum, em dólares, em séries deflacionadas e ajustadas para o valor do dólar em agosto de 2020.

Figura 16 — Evolução do preço por barril em termos reais, em dólares de agosto de 2020



Com todos os valores ajustados e devidamente comparáveis, é possível revisitar a análise feita para o período em relação ao petróleo e entender os reflexos no preço da gasolina.

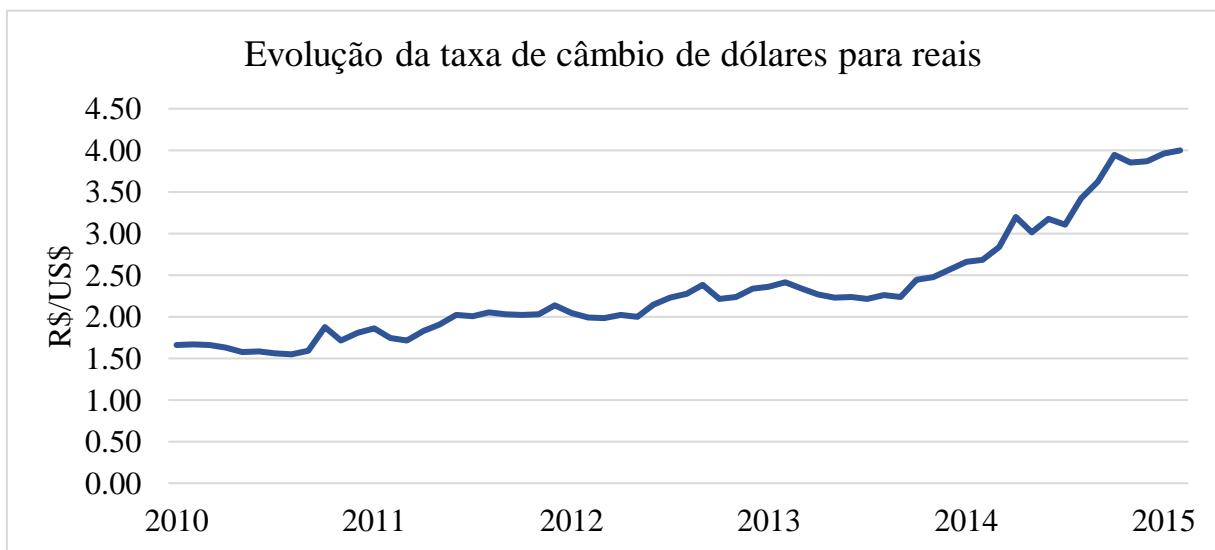
Entre 2004 e 2006, o preço da gasolina no Brasil aumentou em cerca de 60%, acompanhando o aumento no preço do petróleo cru. Como já mencionado anteriormente, a própria desvalorização do dólar foi um dos motivos para esse aumento. Isso fica claro quando se observa a variação na série em moeda local, que foi de menos de 20% no mesmo período.

Após esse período, apesar da euforia, que dobrou o preço do barril de petróleo no mercado internacional, o preço da gasolina no Brasil apresentou um crescimento mais moderado, sendo que manteve essencialmente igual valor nominal em reais por cerca de um ano e meio, enquanto a moeda americana continuava se desvalorizando.

Após o estopim da crise econômica mundial, houve a rápida desvalorização de todos os ativos, principalmente frente ao dólar. A valorização da moeda americana veio no movimento econômico conhecido como *"flight to quality"*, quando, em períodos de crise e grandes incertezas, os investidores tendem a levar suas reservas para as economias mais sólidas, sendo a norte americana a principal delas. Com o grande fluxo de aquisição de dólares, a moeda se valoriza frente a todos os ativos, incluindo o barril de petróleo e o próprio real.

Na primeira metade da década de 2010, observa-se na série analisada uma queda de praticamente 50% nos preços da gasolina, acompanhando a tendência colocada pelo preço do barril, que chegou a cair mais de 60%. A população brasileira não viu esse efeito enquanto a moeda brasileira se desvalorizava e o preço nominal em reais pago pela gasolina ficava até mesmo mais alto, principalmente devido ao cenário político do país, que se deteriorou no segundo mandato da presidente Dilma Rousseff em meio a um processo de *impeachment*. Nesse período, o Brasil foi duramente afetado por uma retração do Produto Interno Bruto (PIB) e por um período de inflação mais elevada, que foi uma das grandes causas da desvalorização do real frente ao dólar. A Figura 17 mostra essa tendência.

Figura 17 — Evolução da taxa de câmbio de reais para um dólar (2011-Jan2016)



Fonte: O autor (2020)

Posteriormente a essa crise local, a tendência do preço da gasolina acompanhou novamente o cenário global do petróleo, enfrentando alguma variabilidade, mantendo-se, contudo, dentro de um mesmo patamar, enquanto a OPEP buscava um ponto de equilíbrio para o preço da *commodity*.

Em 2020, com a grande crise causada pela pandemia da Covid-19 e o conflito entre Arábia Saudita e Rússia no preço do petróleo, o preço da gasolina foi nesse momento afetado pela queda no preço do petróleo, mesmo em termos nominais. Isso prova o forte impacto dessa queda no preço internacional do petróleo, já que o real se desvalorizou muito durante a crise, novamente devido ao mesmo movimento de *"flight to quality"* observado em 2008.

Na série analisada, nota-se também que o preço médio de um barril de gasolina comum é de US\$ 223,28, enquanto o de um barril de petróleo cru é de US\$ 80,50. Desta forma, o preço do petróleo é, em média, 36,1% do preço de revenda da gasolina comum.

4.1.3 Conclusões da seção

Como um todo, a análise detalhada da evolução do preço do barril de petróleo em valores reais tornou claro que os preços são fortemente influenciados pelo contexto geopolítico, e que o mercado financeiro, na precificação desse ativo, responde rapidamente a todas as expectativas de assimetrias entre a oferta e a demanda no mundo.

No período analisado, a série da gasolina, em dólares deflacionados, acompanha a mesma tendência em cada período, mostrando que, de fato, o preço do barril de petróleo e a taxa de câmbio do dólar para o real são os principais fatores na formação do preço da gasolina no país.

Além disso, utilizando a estimativa da Petrobras (2020) discutida no tópico 3.3.6 deste trabalho, é possível calcular que o petróleo vendido pela mesma, já com o custo das refinarias e sua margem de lucro, representa 36,2% do preço final de revenda, que é bastante próximo aos 36,1% calculados com a média histórica das séries analisadas. De fato, a carga tributária tem um peso maior no preço de revenda da gasolina comum que a própria matéria prima, o petróleo.

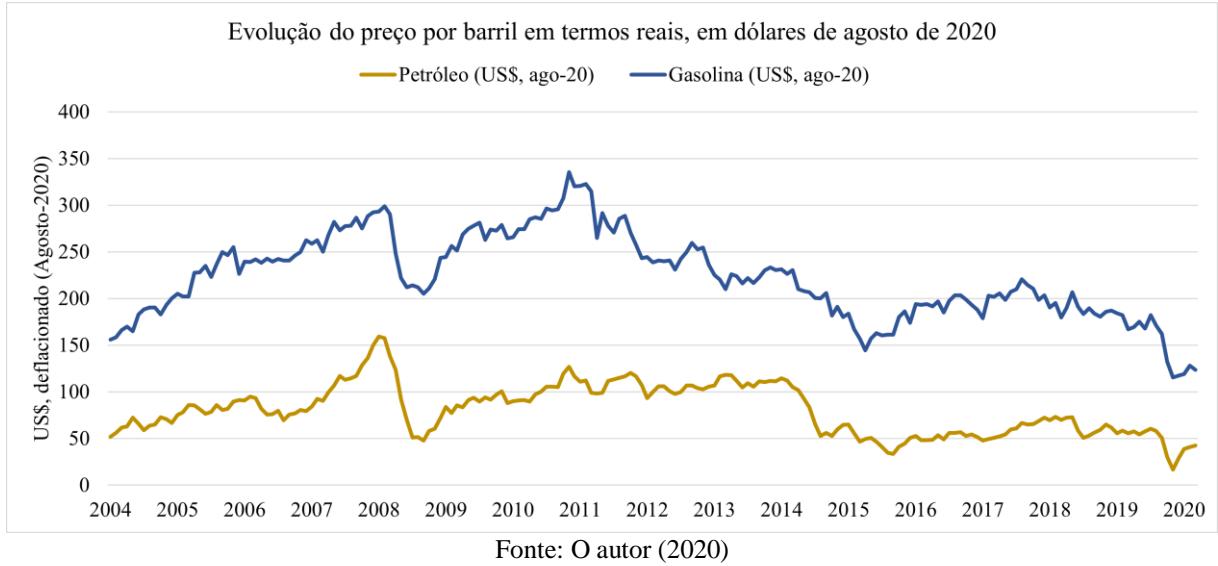
4.2 Análises de correlação

Após ter analisado qualitativamente a evolução dos dois ativos, o próximo objetivo deste trabalho é de analisar quantitativamente, fazendo uso de métodos estatísticos, as duas séries históricas e entender sua correlação.

Para tanto, a série analisada foi a dos valores históricos de junho de 2004 até agosto de 2020, já que é a maior amostra possível com dados confiáveis sobre o preço médio da gasolina no Brasil.

Como já discutido anteriormente, é de maior interesse analítico conduzir as comparações adotando a mesma moeda para as duas séries e excluindo o efeito da inflação, para um entendimento global mais adequado. O gráfico que descreve as séries utilizadas na análise estatística é o da Figura 18 a seguir, e representa a evolução mensal, de junho de 2004 a agosto de 2020, dos preços por barril do petróleo cru e da gasolina comum, em dólares, em séries deflacionadas e ajustadas para o valor do dólar em agosto de 2020.

Figura 18 — Evolução do preço por barril em termos reais, em dólares de agosto de 2020

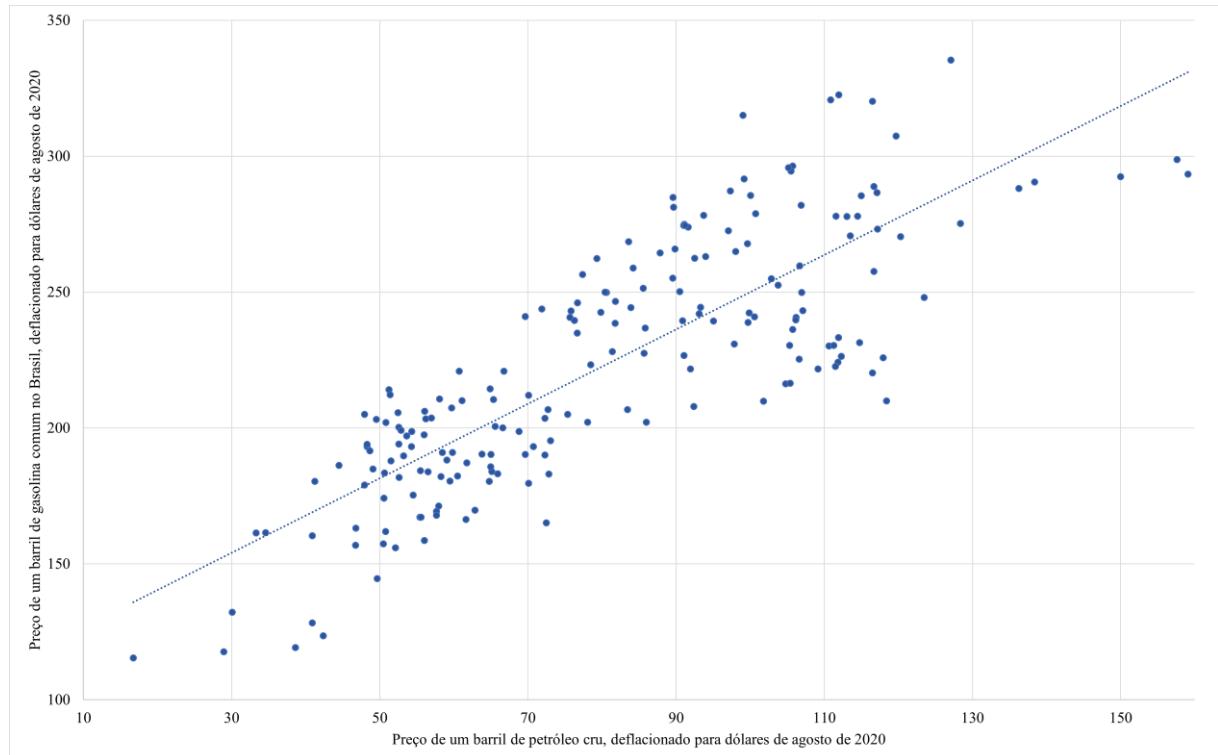


A análise gráfica dessas duas séries mostra uma relação relevante no comportamento das duas variáveis, incluindo a tendência global da série. Enquanto o preço da gasolina caiu 21% em termos reais entre junho de 2004 e agosto de 2020, o preço do petróleo caiu 19% no mesmo período.

As principais distorções observadas foram em 2008, quando o pico no preço do barril de petróleo, que atingiu suas máximas históricas, foi bastante mais acentuado que a ascensão no preço da gasolina no mesmo período e entre 2012 e 2014, quando ambos ativos mantiveram seus valores nominais praticamente constantes, mas uma valorização linear do dólar fez com que, em dólares, a gasolina ficasse mais barata, sem a mesma reação no preço do petróleo.

Outro gráfico importante construído com a mesma série de dados é o diagrama de dispersão, que coloca os preços da variável independente no eixo X e seus respectivos pares na variável dependente no eixo Y. Para os efeitos da análise de regressão linear que foi executada, definiu-se que a variável X seria o preço do barril de petróleo cru, deflacionado para dólares de agosto de 2020, e que a variável Y seria o preço de um barril de gasolina comum, convertido e deflacionado para dólares de agosto de 2020.

Figura 19 — Diagrama de dispersão entre os preços da gasolina comum e do barril de petróleo cru, em dólares de agosto de 2020



Fonte: O autor (2020)

Como antecipado na fundamentação teórica, pelo diagrama de dispersão, observa-se uma tendência linear de correlação entre as duas variáveis.

Por essa tendência, o primeiro teste realizado foi calcular o coeficiente de correlação de Pearson, a métrica mais utilizada de dependência entre duas variáveis e a mais eficiente para analisar relações lineares. Em seguida, foi utilizado o modelo de regressão linear simples para entender com maior profundidade a tendência e validar a adequabilidade do modelo.

4.2.1 Coeficiente de Correlação de Pearson

Para calcular esse coeficiente, foram utilizadas as equações (4), (5) e (6), descritas na fundamentação teórica. Os resultados atingidos foram os exibidos a seguir, nas equações (17), (18) e (19):

Equação 17: Variância de X calculada para a série analisada

$$Var(X) = 725,3 \quad (17)$$

Equação 18: Variância de Y calculada para a série analisada

$$Var(Y) = 2.027,1 \quad (18)$$

Equação 19: Covariância de X e Y calculada para a série analisada

$$Cov(X, Y) = 993,6 \quad (19)$$

Equação 20: Coeficiente de correlação de Pearson calculado para a série analisada

$$r = \frac{993,6}{\sqrt{725,3 \cdot 2.027,1}} = 0,8195 \quad (20)$$

O resultado desse cálculo, portanto, foi um coeficiente de correlação igual a 0,8195, que mostra uma alta dependência linear entre as duas variáveis.

Segundo a interpretação sugerida por Mukaka (2012), como explicado na Tabela 1, essa correlação pode ser considerada intensa.

4.2.2 Regressão linear simples

Como também fundamentado anteriormente, a regressão linear simples é uma análise importante para tentar quantificar a relação funcional quando se tem uma variável dependente em relação a outra variável, como é o caso desta análise. Nela, foi mantida a definição da variável X como o preço do barril de petróleo cru, deflacionado para dólares de agosto de 2020, e da variável Y como o preço de um barril de gasolina comum, convertido e deflacionado para dólares de agosto de 2020.

Tendo como base o diagrama de dispersão apresentado nas Figuras 1 e 19, a curva da qual a relação entre as duas variáveis mais se aproxima é de fato uma curva linear. Com a aplicação do modelo, visando obter uma relação funcional no formato descrito na equação (11) com o menor efeito possível dos erros, foram calculados os valores de β_0 e β_1 que optimizam esse modelo, utilizando as equações normais (9) e (10), como descrito a seguir:

Equação 21: Cálculo de SPD_{XY} para a série analisada

$$SPD_{xy} = 1.404.432,2 - \frac{15.698,0 \cdot 43.540,1}{195} = 192.764,0 \quad (21)$$

Após calcular o SPD_{xy} , foi necessário calcular também o SQD_x para encontrar o coeficiente de regressão.

Equação 22: Cálculo de SQD_x para a série analisada

$$SQD_x = \frac{1.404.432,2 - 15.698,0^2}{195} = 140.704,8 \quad (22)$$

Assim, calculou-se o coeficiente de regressão, que resultou em 1,37, como mostrado na equação (23).

Equação 23: Estimativa de β_1 para a série analisada

$$\hat{\beta}_1 = \frac{SPD_{XY}}{SQD_x} = \frac{192.764,0}{140.704,8} = 1,37 \quad (23)$$

Com essa definição, pode-se calcular também a constante de regressão, resultando em 112,99.

Equação 24: Estimativa de β_0 para a série analisada

$$\hat{\beta}_0 = \bar{Y} - \hat{\beta}_1 \bar{X} = 223,3 - 1,37 \cdot 80,5 = 112,99 \quad (24)$$

Tendo calculados os valores desses parâmetros que minimizam os erros, ou seja, a soma dos quadrados das distâncias dos pontos (\underline{X}_i, Y_i) até a curva, pode-se escrever a função linear que melhor descreve a relação entre as duas variáveis, sendo ela:

Equação 25: Equação de regressão para a série analisada

$$Y_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_i = 112,99 + 1,37 X_i \quad (25)$$

A equação (25) é a equação de regressão das variáveis X e Y modeladas no problema deste trabalho. Em sequência, fez-se a validação do método, observando o R^2 e fazendo a ANOVA. Para o cálculo do R^2 , foram empregadas as equações (12), (14) e (15):

Equação 26: Cálculo de SQ_{Reg} para a série analisada

$$SQ_{Reg} = \hat{\beta}_1 SPD_{XY} = 1,37 \cdot 192.764,0 = 264.084,5 \quad (26)$$

Após calcular o SQ_{Reg} , também foi importante definir o SQ_{Total} , que é igual ao valor do SQD_Y .

Equação 27: Cálculo de SQ_{Total} para a série analisada

$$SQ_{Total} = SQD_Y = 393.256,5 \quad (27)$$

Com esses valores calculados, encontrou-se o R-quadrado para a análise a seguir.

Equação 28: Cálculo do R-quadrado para a série analisada

$$R^2 = \frac{SQ_{Reg}}{SQ_{Total}} = \frac{264.084,5}{393.256,5} = 67,15\% \quad (28)$$

Isso significa, como conceituado por Peternelli (2004) , que 67,15% da variação na variável Y, dentro da amostra estudada, pode ser explicada pela variação correspondente na variável X. Como uma conclusão mais concreta, entende-se que 67,15% da variação no preço de um barril de gasolina, em dólares e em termos reais, pode ser explicada pela variação no preço internacional de um barril de petróleo cru, também em dólares e em termos reais.

O método da ANOVA foi utilizado em sequência para validar o teste de hipótese seguindo um intervalo de confiança. O quadro resultante da ANOVA foi o exibido na Figura 20 a seguir, e seguiu a metodologia exibida na Figura 2:

Figura 20 — Quadro ANOVA para a análise realizada

FV	GL	SQ	QM	F
Regressão	1	264.084,5	264.084,5	394,6
Resíduo	193	129.171,9	669,3	
Total	194	393.256,5		

Fonte: O autor (2020)

Finalmente, para validar a análise feita, é preciso rejeitar a hipótese H_0 , ou seja, é necessário que $F_{\text{calc}} \geq F_{(5\%, 1, 193)}$. Consultando a tabela de Fisher-Snedecor, constante no Anexo B, para um nível de significância de $\alpha = 5\%$ e graus de liberdade 1 e 193, o valor de $F_{(5\%, 1, 193)}$ é de aproximadamente 3,9, enquanto $F_{\text{calc}} = 394,6$. Desta forma, fica rejeitada a hipótese H_0 , de forma a validar mais uma vez a análise feita e a qualidade da equação de regressão encontrada dentro do nível de significância.

5 CONCLUSÃO

O conteúdo abordado ao longo do presente trabalho demonstra a importância da compreensão sobre a formação do preço do petróleo e sobre quais fatores externos causam as principais variações ao longo das séries avaliadas ao longo do desenvolvimento desta tese.

Como principais resultados, fica evidenciado que, historicamente, o preço do petróleo responde rapidamente a crises de dois tipos: crises de oferta e crises de demanda. Em ambos os casos, as crises podem ser positivas ou negativas, sendo que crises de excesso de oferta ou de redução de demanda derrubam os preços e crises de escassez de oferta ou de alta demanda elevam os preços. Também foi observado pela pesquisa longitudinal desenvolvida no capítulo 4 que as crises de oferta costumam ter impactos mais acelerados sobre os preços do petróleo, sendo que as grandes crises do petróleo foram de oferta, em períodos de instabilidade no mundo árabe, e que os momentos de redução mais acelerada nos preços corresponderam a períodos de hiper abastecimento no cenário global.

Qualitativamente, também se observou uma grande tendência de que o preço da gasolina acompanhe as variações que o preço do petróleo sofre, quando desconsiderados os efeitos da inflação e da variação monetária entre o dólar e o real.

O âmbito quantitativo da pesquisa provou que existe uma correlação intensa entre o preço do barril de petróleo cru, deflacionado para dólares de agosto de 2020, e o preço de um barril de gasolina comum, convertido e deflacionado para dólares de agosto de 2020, com um coeficiente de correlação de Pearson calculado de 0,8195.

Além disso, a regressão linear simples chegou na expressão representada na equação (29) como a curva que melhor retrata a relação funcional entre essas duas variáveis:

Equação 28: Cálculo do R-quadrado para a série analisada

$$Y_i = 112,99 + 1,37X_i \quad (29)$$

Onde Y_i é o preço de um barril de gasolina comum, em dólares reais de agosto de 2020, e X_i é o preço de um barril de petróleo cru, na mesma moeda.

Os testes realizados apontam que esta curva é capaz de representar com o menor erro possível o comportamento dos pares (X, Y) , como fica comprovado pela rejeição da hipótese H_0 na ANOVA e pelo R^2 encontrado de 67,15%.

REFERÊNCIAS

- ANP. **A história do petróleo no Brasil. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis.** 2019. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/institucional/a-historia-do-petroleo>. Acesso em: 1 out. 2020.
- ANP. **Levantamento de Preços de Combustíveis. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis.** Disponível em: <http://www.anp.gov.br/precos-e-defesa-da-concorrencia/precos/levantamento-de-precos>. Acesso em: 21 out. 2020.
- ANP. **Petróleo. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis.** Disponível em: <http://www.anp.gov.br/petroleo-derivado/petroleo>. Acesso em: 23 set. 2020.
- BRASIL. **Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997.** Dispõe sobre a política energética nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, institui o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional do Petróleo e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19478.htm. Acesso em: 10 out. 2020.
- CBIE. **Como foram as Crises do Petróleo?. Centro Brasileiro de Infraestrutura.** 2020. Disponível em: <https://cbie.com.br/artigos/como-foram-as-crises-do-petroleo/>. Acesso em: 10 out. 2020.
- CERVO, Amado Luiz; BERVIAN, Pedro Alcino; DA SILVA, Roberto. **Metodologia Científica.** 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.
- DMITRUK, Hilda Beatriz (Org.). **Cadernos metodológicos:** diretrizes da metodologia científica. 5. ed. Chapecó: Argos, 2001. 123 p.
- FILHO, Dalson Britto Figueiredo; JÚNIOR, José Alexandre da Silva. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r). **Revista Política Hoje**, Recife, v. 18, p. 32, 2009. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/politicahoje/article/viewFile/3852/3156>. Acesso em: 29 out. 2020.
- HASSAN, Aminu. Review of The Global Oil And Gas Industry: A Concise Journey From Ancient Time to Modern World. **Petroleum Technology Development Journal**, v. 3, Julho 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/259583043_Review_of_the_Global_Oil_And_Gas_Industry_A_Concise_Journey_From_Ancient_Time_to_Modern_World/link/0deec52cc4c86e9993000000/download. Acesso em: 2 out. 2020.
- HECHT, Andrew. **Understanding the Crude Oil Market:** Pricing Differentials Between Brent Crude and WTI. **The Balance.** 2020. Disponível em: <https://www.thebalance.com/crude-oil-brent-versus-wti-808872>. Acesso em: 8 out. 2020.
- HORSNELL, Paul. **Oil Pricing Systems.** **The Oxford Institute for Energy Studies.** Disponível em: <https://www.oxfordenergy.org/publications/oil-pricing-systems/>. Acesso em: 8 out. 2020.

INVESTING.COM. **USD/BRL - Dólar Americano Real Brasileiro.** Investing.com. Disponível em: <https://br.investing.com/currencies/usd-brl>. Acesso em: 24 set. 2020.

MOORE, David S.. **The Basic Practice of Statistics.** Nova Iorque: Palgrave Macmillan, f. 365, 2009. 730 p.

MUKAKA, MM. A guide to appropriate use of Correlation coefficient in medical research. **Malawi Medical Journal,** 2012. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3576830/>. Acesso em: 2 nov. 2020.

OLIVEIRA, Filipe. Conheça os diferentes tipos de combustíveis que existem nos postos: Etanol aditivado, gasolina, GNV, diesel S-10... Entenda como cada um funciona no abastecimento do seu carro. **Revista AutoEsporte,** 05 set. 2016. Disponível em: <https://autoesporte.globo.com/servicos/noticia/2016/09/conheca-os-diferentes-tipos-de-combustiveis-que-existem-nos-postos.ghtml>. Acesso em: 12 out. 2020.

OPENSTAX. **Adjusting Nominal Values to Real Values.** CNX. 2020. Disponível em: <https://cnx.org/contents/3jDwxsR1@4/Adjusting-Nominal-Values-to-Real-Values>. Acesso em: 25 out. 2020.

PETERNELLI, Luiz Alexandre. **Capítulo 9 - Regressão Linear e Correlação.** UFV. 2004. 11 p. Disponível em: <http://www.dpi.ufv.br/~peternelly/inf162.www.16032004/materiais/CAPITULO9.pdf>. Acesso em: 22 out. 2020.

PETROBRAS. **Pré-Sal. Petrobras.** Disponível em: <https://petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/areas-de-atuacao/exploracao-e-producao-de-petroleo-e-gas/pre-sal/>. Acesso em: 10 out. 2020.

PETROBRAS. **Refino.** Disponível em: <https://petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/areas-de-atuacao/refino/>. Acesso em: 23 set. 2020.

RESENHA Energética Brasileira, 30 mai. 2020. 32 p. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/36208/948169/Resenha+Energ%C3%A9tica+Brasileira++edi%C3%A7%C3%A3o+2020/ab9143cc-b702-3700-d83a-65e76dc87a9e>. Acesso em: 12 out. 2020.

RUFF. **Conheça a história dos combustíveis.** Ruff. <https://www.ruff.com.br/blog/conheca-a-historia-dos-combustiveis/>. Disponível em: <https://www.ruff.com.br/blog/conheca-a-historia-dos-combustiveis/>. Acesso em: 10 out. 2020.

SOUZA, Rainer Gonçalves. **História dos Combustíveis. Brasil Escola.** Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/historia/historia-dos-combustiveis.htm>. Acesso em: 12 out. 2020.

U.S. BUREAU OF LABOR STATISTICS. **Databases, Tables & Calculators by Subject.** BLS. 2020. Disponível em: <https://data.bls.gov/pdq/SurveyOutputServlet>. Acesso em: 16 out. 2020.

WILHER, Vitor. **Como deflacionar uma série? Análise Macro.** 2017. Disponível em: <https://analisemacro.com.br/economia/inflacao/como-deflacionar-uma-serie/>. Acesso em: 7 nov. 2020.

WORLD Bank Commodities Price Data (The Pink Sheet), 02 out. 2020. Disponível em: <http://pubdocs.worldbank.org/en/561011486076393416/CMO-Historical-Data-Monthly.xlsx>. Acesso em: 13 out. 2020.

ANEXO A — *Consumer Price Index*

Evolução mensal do *Consumer Price Index*

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
1960	29.30	29.40	29.40	29.50	29.50	29.60	29.60	29.60	29.60	29.80	29.80	29.80
1961	29.80	29.80	29.80	29.80	29.80	29.80	30.00	29.90	30.00	30.00	30.00	30.00
1962	30.00	30.10	30.10	30.20	30.20	30.20	30.30	30.30	30.40	30.40	30.40	30.40
1963	30.40	30.40	30.50	30.50	30.50	30.60	30.70	30.70	30.70	30.80	30.80	30.90
1964	30.90	30.90	30.90	30.90	30.90	31.00	31.10	31.00	31.10	31.10	31.20	31.20
1965	31.20	31.20	31.30	31.40	31.40	31.60	31.60	31.60	31.60	31.70	31.70	31.80
1966	31.80	32.00	32.10	32.30	32.30	32.40	32.50	32.70	32.70	32.90	32.90	32.90
1967	32.90	32.90	33.00	33.10	33.20	33.30	33.40	33.50	33.60	33.70	33.80	33.90
1968	34.10	34.20	34.30	34.40	34.50	34.70	34.90	35.00	35.10	35.30	35.40	35.50
1969	35.60	35.80	36.10	36.30	36.40	36.60	36.80	37.00	37.10	37.30	37.50	37.70
1970	37.80	38.00	38.20	38.50	38.60	38.80	39.00	39.00	39.20	39.40	39.60	39.80
1971	39.80	39.90	40.00	40.10	40.30	40.60	40.70	40.80	40.80	40.90	40.90	41.10
1972	41.10	41.30	41.40	41.50	41.60	41.70	41.90	42.00	42.10	42.30	42.40	42.50
1973	42.60	42.90	43.30	43.60	43.90	44.20	44.30	45.10	45.20	45.60	45.90	46.20
1974	46.60	47.20	47.80	48.00	48.60	49.00	49.40	50.00	50.60	51.10	51.50	51.90
1975	52.10	52.50	52.70	52.90	53.20	53.60	54.20	54.30	54.60	54.90	55.30	55.50
1976	55.60	55.80	55.90	56.10	56.50	56.80	57.10	57.40	57.60	57.90	58.00	58.20
1977	58.50	59.10	59.50	60.00	60.30	60.70	61.00	61.20	61.40	61.60	61.90	62.10
1978	62.50	62.90	63.40	63.90	64.50	65.20	65.70	66.00	66.50	67.10	67.40	67.70
1979	68.30	69.10	69.80	70.60	71.50	72.30	73.10	73.80	74.60	75.20	75.90	76.70
1980	77.80	78.90	80.10	81.00	81.80	82.70	82.70	83.30	84.00	84.80	85.50	86.30
1981	87.00	87.90	88.50	89.10	89.80	90.60	91.60	92.30	93.20	93.40	93.70	94.00
1982	94.30	94.60	94.50	94.90	95.80	97.00	97.50	97.70	97.90	98.20	98.00	97.60
1983	97.80	97.90	97.90	98.60	99.20	99.50	99.90	100.20	100.70	101.00	101.20	101.30
1984	101.90	102.40	102.60	103.10	103.40	103.70	104.10	104.50	105.00	105.30	105.30	105.30
1985	105.50	106.00	106.40	106.90	107.30	107.60	107.80	108.00	108.30	108.70	109.00	109.30
1986	109.60	109.30	108.80	108.60	108.90	109.50	109.50	109.70	110.20	110.30	110.40	110.50
1987	111.20	111.60	112.10	112.70	113.10	113.50	113.80	114.40	115.00	115.30	115.40	115.40
1988	115.70	116.00	116.50	117.10	117.50	118.00	118.50	119.00	119.80	120.20	120.30	120.50
1989	121.10	121.60	122.30	123.10	123.80	124.10	124.40	124.60	125.00	125.60	125.90	126.10
1990	127.40	128.00	128.70	128.90	129.20	129.90	130.40	131.60	132.70	133.50	133.80	133.80
1991	134.60	134.80	135.00	135.20	135.60	136.00	136.20	136.60	137.20	137.40	137.80	137.90
1992	138.10	138.60	139.30	139.50	139.70	140.20	140.50	140.90	141.30	141.80	142.00	141.90
1993	142.60	143.10	143.60	144.00	144.20	144.40	144.40	144.80	145.10	145.70	145.80	145.80
1994	146.20	146.70	147.20	147.40	147.50	148.00	148.40	149.00	149.40	149.50	149.70	149.70
1995	150.30	150.90	151.40	151.90	152.20	152.50	152.50	152.90	153.20	153.70	153.60	153.50
1996	154.40	154.90	155.70	156.30	156.60	156.70	157.00	157.30	157.80	158.30	158.60	158.60
1997	159.10	159.60	160.00	160.20	160.10	160.30	160.50	160.80	161.20	161.60	161.50	161.30
1998	161.60	161.90	162.20	162.50	162.80	163.00	163.20	163.40	163.60	164.00	164.00	163.90
1999	164.30	164.50	165.00	166.20	166.20	166.20	166.70	167.10	167.90	168.20	168.30	168.30
2000	168.80	169.80	171.20	171.30	171.50	172.40	172.80	172.80	173.70	174.00	174.10	174.00
2001	175.10	175.80	176.20	176.90	177.70	178.00	177.50	177.50	178.30	177.70	177.40	176.70
2002	177.10	177.80	178.80	179.80	179.80	179.90	180.10	180.70	181.00	181.30	181.30	180.90
2003	181.70	183.10	184.20	183.80	183.50	183.70	183.90	184.60	185.20	185.00	184.50	184.30

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
2004	185.20	186.20	187.40	188.00	189.10	189.70	189.40	189.50	189.90	190.90	191.00	190.30
2005	190.70	191.80	193.30	194.60	194.40	194.50	195.40	196.40	198.80	199.20	197.60	196.80
2006	198.30	198.70	199.80	201.50	202.50	202.90	203.50	203.90	202.90	201.80	201.50	201.80
2007	202.42	203.50	205.35	206.69	207.95	208.35	208.30	207.92	208.49	208.94	210.18	210.04
2008	211.08	211.69	213.53	214.82	216.63	218.82	219.96	219.09	218.78	216.57	212.43	210.23
2009	211.14	212.19	212.71	213.24	213.86	215.69	215.35	215.83	215.97	216.18	216.33	215.95
2010	216.69	216.74	217.63	218.01	218.18	217.97	218.01	218.31	218.44	218.71	218.80	219.18
2011	220.22	221.31	223.47	224.91	225.96	225.72	225.92	226.55	226.89	226.42	226.23	225.67
2012	226.67	227.66	229.39	230.09	229.82	229.48	229.10	230.38	231.41	231.32	230.22	229.60
2013	230.28	232.17	232.77	232.53	232.95	233.50	233.60	233.88	234.15	233.55	233.07	233.05
2014	233.92	234.78	236.29	237.07	237.90	238.34	238.25	237.85	238.03	237.43	236.15	234.81
2015	233.71	234.72	236.12	236.60	237.81	238.64	238.65	238.32	237.95	237.84	237.34	236.53
2016	236.92	237.11	238.13	239.26	240.23	241.02	240.63	240.85	241.43	241.73	241.35	241.43
2017	242.84	243.60	243.80	244.52	244.73	244.96	244.79	245.52	246.82	246.66	246.67	246.52
2018	247.87	248.99	249.55	250.55	251.59	251.99	252.01	252.15	252.44	252.89	252.04	251.23
2019	251.71	252.78	254.20	255.55	256.09	256.14	256.57	256.56	256.76	257.35	257.21	256.97
2020	257.97	258.68	258.12	256.39	256.39	257.80	259.10	259.92				

(BLS, 2020)

ANEXO B — Distribuição F de Fisher-Snedecor

Limites unilaterais da distribuição F de Fisher-Snedecor ao nível de significância de 5%

Tabela 5. Limites unilaterais da distribuição F de Fisher-Snedecor ao nível de 5% de probabilidade.

GL	V1																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	40	60	120	240			
V2	161.4	199.5	215.7	224.6	230.2	234.0	236.8	238.9	240.5	241.9	243.0	243.9	244.7	245.4	245.9	248.0	251.1	252.2	253.3	253.8			
1	161.4	199.5	215.7	224.6	230.2	234.0	236.8	238.9	240.5	241.9	243.0	243.9	244.7	245.4	245.9	248.0	251.1	252.2	253.3	253.8			
2	18.513	19.000	19.164	19.247	19.296	19.329	19.353	19.371	19.385	19.396	19.405	19.412	19.419	19.424	19.429	19.446	19.471	19.479	19.487	19.492			
3	10.128	9.552	9.277	9.117	9.013	8.941	8.887	8.845	8.812	8.785	8.763	8.745	8.729	8.715	8.703	8.660	8.594	8.572	8.549	8.538			
4	7.709	6.944	6.591	6.388	6.256	6.163	6.094	6.041	5.999	5.964	5.936	5.912	5.891	5.873	5.858	5.803	5.717	5.688	5.658	5.643			
5	6.608	5.786	5.409	5.192	5.050	4.950	4.876	4.818	4.772	4.735	4.704	4.678	4.655	4.636	4.619	4.558	4.464	4.431	4.398	4.382			
6	5.987	5.143	4.757	4.534	4.387	4.284	4.207	4.147	4.099	4.060	4.027	4.000	3.976	3.956	3.938	3.874	3.774	3.740	3.705	3.687			
7	5.591	4.737	4.347	4.120	3.972	3.866	3.787	3.726	3.677	3.637	3.603	3.575	3.550	3.529	3.511	3.445	3.340	3.304	3.267	3.249			
8	5.318	4.459	4.066	3.838	3.688	3.581	3.500	3.438	3.388	3.347	3.313	3.284	3.259	3.237	3.218	3.150	3.043	3.005	2.967	2.947			
9	5.117	4.256	3.863	3.633	3.482	3.374	3.293	3.230	3.179	3.137	3.102	3.073	3.048	3.025	3.006	2.936	2.825	2.787	2.748	2.727			
10	4.965	4.103	3.708	3.478	3.326	3.217	3.135	3.072	3.020	2.978	2.943	2.913	2.887	2.865	2.845	2.774	2.661	2.621	2.580	2.559			
11	4.844	3.982	3.587	3.357	3.204	3.095	3.012	2.948	2.899	2.854	2.818	2.788	2.761	2.739	2.719	2.646	2.531	2.490	2.448	2.426			
12	4.747	3.885	3.490	3.259	3.106	2.996	2.913	2.849	2.796	2.753	2.717	2.687	2.660	2.637	2.617	2.544	2.426	2.384	2.341	2.319			
13	4.667	3.805	3.411	3.179	3.025	2.915	2.832	2.767	2.714	2.671	2.635	2.604	2.577	2.554	2.533	2.459	2.339	2.297	2.252	2.230			
14	4.600	3.739	3.344	3.112	2.958	2.848	2.764	2.699	2.646	2.602	2.565	2.534	2.507	2.484	2.463	2.388	2.266	2.223	2.178	2.155			
15	4.543	3.688	3.287	3.056	2.901	2.790	2.707	2.641	2.588	2.544	2.507	2.475	2.448	2.424	2.403	2.328	2.204	2.160	2.114	2.090			
16	4.494	3.634	3.239	3.007	2.852	2.741	2.657	2.591	2.538	2.494	2.456	2.425	2.397	2.373	2.352	2.276	2.151	2.106	2.059	2.035			
17	4.451	3.592	3.197	2.965	2.810	2.699	2.614	2.548	2.494	2.450	2.413	2.381	2.353	2.329	2.308	2.230	2.104	2.058	2.011	1.986			
18	4.414	3.555	3.160	2.928	2.773	2.661	2.577	2.510	2.456	2.412	2.374	2.342	2.314	2.290	2.269	2.191	2.063	2.017	1.968	1.943			
19	4.381	3.522	3.127	2.895	2.740	2.626	2.544	2.477	2.423	2.378	2.340	2.308	2.280	2.256	2.234	2.155	2.028	1.980	1.930	1.905			
20	4.351	3.493	3.098	2.866	2.711	2.599	2.514	2.447	2.393	2.348	2.310	2.278	2.250	2.225	2.203	2.124	1.994	1.946	1.896	1.870			
21	4.325	3.467	3.072	2.840	2.685	2.573	2.488	2.420	2.366	2.321	2.283	2.250	2.222	2.197	2.176	2.096	1.965	1.916	1.866	1.839			
22	4.301	3.443	3.049	2.817	2.661	2.549	2.464	2.397	2.342	2.297	2.259	2.226	2.198	2.173	2.151	2.071	1.938	1.889	1.838	1.811			
23	4.279	3.422	3.028	2.796	2.640	2.528	2.442	2.375	2.320	2.275	2.236	2.204	2.175	2.150	2.128	2.048	1.914	1.865	1.813	1.785			
24	4.260	3.403	3.009	2.776	2.621	2.508	2.423	2.355	2.300	2.255	2.216	2.183	2.155	2.130	2.108	2.027	1.892	1.842	1.790	1.762			
25	4.242	3.385	2.991	2.759	2.603	2.490	2.405	2.337	2.282	2.236	2.198	2.165	2.136	2.111	2.089	2.007	1.872	1.822	1.768	1.740			
26	4.225	3.369	2.975	2.743	2.587	2.474	2.388	2.321	2.265	2.220	2.181	2.148	2.119	2.094	2.072	1.990	1.853	1.803	1.749	1.720			
27	4.210	3.354	2.960	2.728	2.572	2.459	2.373	2.305	2.250	2.204	2.166	2.132	2.103	2.078	2.056	1.974	1.838	1.785	1.731	1.702			
28	4.196	3.340	2.947	2.714	2.558	2.445	2.359	2.291	2.236	2.190	2.151	2.118	2.089	2.064	2.041	1.959	1.820	1.769	1.714	1.685			
29	4.183	3.328	2.934	2.701	2.545	2.432	2.346	2.278	2.223	2.177	2.138	2.104	2.075	2.050	2.027	1.945	1.806	1.754	1.698	1.669			
30	4.171	3.316	2.922	2.690	2.534	2.421	2.334	2.266	2.211	2.165	2.126	2.092	2.063	2.037	2.015	1.932	1.792	1.740	1.683	1.654			
40	4.085	3.232	2.839	2.606	2.449	2.336	2.249	2.180	2.124	2.077	2.038	2.003	1.974	1.948	1.924	1.839	1.693	1.637	1.577	1.544			
50	4.034	3.183	2.790	2.557	2.400	2.286	2.199	2.130	2.073	2.026	1.986	1.952	1.921	1.895	1.871	1.784	1.634	1.576	1.511	1.476			
60	4.001	3.150	2.758	2.525	2.368	2.254	2.167	2.097	2.040	1.993	1.952	1.917	1.887	1.860	1.836	1.748	1.594	1.534	1.467	1.430			
80	3.960	3.111	2.719	2.486	2.329	2.214	2.126	2.056	1.999	1.951	1.910	1.875	1.845	1.817	1.793	1.703	1.545	1.482	1.411	1.370			
100	3.936	3.087	2.696	2.463	2.305	2.191	2.103	2.032	1.975	1.927	1.886	1.850	1.819	1.792	1.768	1.676	1.515	1.450	1.376	1.333			
120	3.920	3.072	2.680	2.447	2.290	2.175	2.087	2.016	1.959	1.910	1.869	1.834	1.803	1.775	1.750	1.659	1.495	1.429	1.352	1.307			
240	3.881	3.033	2.642	2.409	2.252	2.136	2.048	1.977	1.919	1.870	1.829	1.793	1.761	1.733	1.708	1.614	1.445	1.375	1.290	1.237			

ANEXO C — Preço do barril de petróleo cru em dólares correntes

Evolução mensal do preço do barril de petróleo cru, em termos nominais, em dólares correntes, de janeiro de 1960 a agosto de 2020

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
1960	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63
1961	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57
1962	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52
1963	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
1964	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45
1965	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42
1966	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36
1967	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33
1968	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32
1969	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27
1970	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21
1971	1.64	1.64	1.64	1.64	1.64	1.64	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74
1972	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77	1.87	1.87	1.87	1.87	1.87	1.87
1973	2.08	2.08	2.08	2.35	2.35	2.35	2.70	2.70	2.70	4.10	4.10	4.10
1974	13.00	13.00	13.00	10.60	10.60	10.60	10.00	10.00	10.00	10.30	10.30	10.30
1975	10.42	10.42	10.42	10.42	10.42	10.42	10.43	10.43	10.43	10.46	10.46	10.46
1976	11.51	11.51	11.51	11.51	11.51	11.51	11.60	11.60	11.60	11.90	11.90	11.90
1977	12.50	12.50	12.50	12.45	12.45	12.45	12.63	12.63	12.63	12.68	12.68	12.68
1978	12.66	12.66	12.66	12.68	12.70	12.73	12.77	12.79	12.80	12.85	13.20	14.50
1979	15.95	19.50	20.80	21.20	34.25	32.85	32.00	32.25	34.50	36.00	39.50	39.00
1980	38.00	36.00	35.75	35.00	35.60	36.00	33.35	32.30	32.25	36.80	39.75	39.35
1981	39.25	37.10	36.85	35.55	33.38	32.17	31.96	32.17	32.06	32.68	34.24	34.12
1982	35.30	34.80	32.60	30.70	30.60	31.05	33.35	33.20	33.10	32.95	33.00	32.55
1983	31.06	29.24	28.66	30.63	29.98	30.95	31.60	31.96	31.26	30.40	30.00	29.24
1984	29.84	30.08	30.73	30.63	30.45	30.04	28.79	29.17	29.30	28.64	28.16	26.70
1985	25.65	27.35	28.30	28.85	27.65	27.20	26.85	27.60	27.65	28.85	29.85	27.35
1986	22.90	15.40	12.65	12.90	15.45	13.50	11.55	15.30	14.95	14.90	15.25	16.25
1987	18.60	17.75	18.45	18.65	19.40	20.05	21.30	20.20	19.50	19.85	18.85	17.30
1988	17.15	16.75	16.20	17.85	17.40	16.65	15.50	15.55	14.45	13.80	14.00	16.30
1989	18.00	17.80	19.45	20.95	20.05	20.00	19.75	18.55	19.60	20.10	19.80	21.10
1990	22.65	22.10	20.40	18.60	18.45	16.85	18.65	27.15	33.70	35.90	32.30	27.15
1991	24.70	20.55	19.90	20.80	21.25	20.20	21.45	21.70	21.85	23.25	22.60	19.55
1992	18.80	19.00	18.95	20.25	21.00	22.35	21.75	21.30	21.90	21.70	20.35	19.40
1993	19.05	20.05	20.35	20.30	20.00	19.15	17.90	18.00	17.50	18.15	16.75	15.55
1994	15.00	14.75	14.65	16.30	17.85	19.05	19.65	18.35	17.45	17.65	18.10	17.16
1995	17.99	18.53	18.54	19.87	19.64	18.50	17.42	17.96	18.03	17.33	17.79	18.83
1996	18.89	19.07	21.16	23.20	21.08	20.27	21.36	21.97	23.92	24.94	23.66	25.32
1997	24.93	21.83	20.69	19.40	20.50	18.87	19.30	19.62	19.59	21.21	19.88	18.09
1998	16.51	15.81	14.76	15.32	14.90	13.71	14.11	13.40	14.98	14.42	12.96	11.31
1999	12.49	12.01	14.66	17.34	17.75	17.89	20.07	21.25	23.86	22.64	24.85	26.08
2000	27.27	29.28	29.92	25.84	28.83	31.86	29.97	31.31	33.89	33.05	34.37	28.40
2001	29.55	29.57	27.24	27.42	28.61	27.56	26.44	27.45	26.12	22.18	19.59	19.31
2002	19.69	20.72	24.38	26.24	27.04	25.51	26.92	28.37	29.67	28.85	26.28	29.44
2003	32.95	35.80	33.32	28.22	28.13	30.71	30.75	31.58	28.28	30.32	31.09	32.12

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
2004	34.24	34.73	36.73	36.71	40.29	38.03	40.82	44.92	45.93	53.25	48.45	43.23
2005	46.82	47.96	54.17	52.96	49.81	56.39	58.67	64.96	65.54	62.36	58.28	59.41
2006	65.48	61.62	62.89	69.41	70.93	70.93	74.40	73.04	63.82	58.85	59.13	62.00
2007	54.24	59.25	60.60	63.94	63.45	67.49	74.14	72.38	79.91	85.90	94.76	91.36
2008	92.98	95.38	105.47	112.62	125.01	133.93	133.38	116.64	103.94	76.61	57.29	41.44
2009	41.74	39.15	47.52	49.81	59.13	69.62	64.12	71.06	69.44	75.77	78.00	74.49
2010	78.36	76.41	81.25	84.48	73.73	75.35	76.35	76.60	75.29	81.90	84.24	89.15
2011	89.41	89.53	102.92	109.96	101.28	96.25	97.31	86.32	85.58	86.41	97.12	98.56
2012	100.29	102.21	106.15	103.28	94.68	82.36	87.90	94.11	94.51	89.52	86.68	88.22
2013	94.74	95.30	92.91	92.02	94.76	95.79	104.70	106.55	106.25	100.50	93.95	97.85
2014	94.86	100.73	100.57	102.08	101.86	105.24	102.94	96.38	93.22	84.40	75.81	59.26
2015	47.27	50.61	47.78	54.44	59.27	59.80	50.90	42.86	45.45	46.20	42.70	37.23
2016	31.54	30.39	37.77	40.96	46.73	48.75	44.69	44.75	45.20	49.89	45.57	52.01
2017	52.51	53.40	49.58	51.06	48.50	45.17	46.65	48.03	49.83	51.56	56.65	57.94
2018	63.67	62.17	62.76	66.32	69.98	67.52	70.84	67.99	70.21	70.75	56.67	48.95
2019	51.52	54.95	58.15	63.87	60.84	54.68	57.52	54.84	56.95	53.98	57.06	59.80
2020	57.52	50.53	29.88	16.52	28.56	38.30	40.75	42.36				

(World Bank Commodities Price Data, 2020)

ANEXO D — Preço do barril de petróleo cru em dólares deflacionados

Evolução mensal do preço do barril de petróleo cru, em termos reais, em dólares de agosto de 2020, de janeiro de 1960 a agosto de 2020

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
1960	14.46	14.41	14.41	14.36	14.36	14.31	14.31	14.31	14.31	14.22	14.22	14.22
1961	13.69	13.69	13.69	13.69	13.69	13.69	13.60	13.65	13.60	13.60	13.60	13.60
1962	13.17	13.13	13.13	13.08	13.08	13.08	13.04	13.04	13.00	13.00	13.00	13.00
1963	12.82	12.82	12.78	12.78	12.78	12.74	12.70	12.70	12.70	12.66	12.66	12.62
1964	12.20	12.20	12.20	12.20	12.20	12.16	12.12	12.16	12.12	12.12	12.08	12.08
1965	11.83	11.83	11.79	11.75	11.75	11.68	11.68	11.68	11.68	11.64	11.64	11.61
1966	11.12	11.05	11.01	10.94	10.94	10.91	10.88	10.81	10.81	10.74	10.74	10.74
1967	10.51	10.51	10.48	10.44	10.41	10.38	10.35	10.32	10.29	10.26	10.23	10.20
1968	10.06	10.03	10.00	9.97	9.94	9.89	9.83	9.80	9.77	9.72	9.69	9.66
1969	9.27	9.22	9.14	9.09	9.07	9.02	8.97	8.92	8.90	8.85	8.80	8.76
1970	8.32	8.28	8.23	8.17	8.15	8.11	8.06	8.06	8.02	7.98	7.94	7.90
1971	10.71	10.68	10.66	10.63	10.58	10.50	11.11	11.08	11.08	11.06	11.06	11.00
1972	11.19	11.14	11.11	11.09	11.06	11.03	11.60	11.57	11.55	11.49	11.46	11.44
1973	12.69	12.60	12.49	14.01	13.91	13.82	15.84	15.56	15.53	23.37	23.22	23.07
1974	72.51	71.59	70.69	57.40	56.69	56.23	52.61	51.98	51.37	52.39	51.98	51.58
1975	51.98	51.59	51.39	51.20	50.91	50.53	50.02	49.93	49.65	49.52	49.16	48.99
1976	53.81	53.61	53.52	53.33	52.95	52.67	52.80	52.53	52.34	53.42	53.33	53.14
1977	55.54	54.97	54.60	53.93	53.66	53.31	53.82	53.64	53.47	53.50	53.24	53.07
1978	52.65	52.31	51.90	51.58	51.18	50.75	50.52	50.37	50.03	49.78	50.90	55.67
1979	60.70	73.35	77.45	78.05	124.51	118.10	113.78	113.58	120.20	124.43	135.27	132.16
1980	126.95	118.59	116.01	112.31	113.12	113.14	104.82	100.78	99.79	112.79	120.84	118.51
1981	117.26	109.70	108.23	103.70	96.62	92.29	90.69	90.59	89.41	90.94	94.98	94.34
1982	97.30	95.61	89.66	84.08	83.02	83.20	88.91	88.32	87.88	87.21	87.52	86.68
1983	82.55	77.63	76.09	80.74	78.55	80.85	82.22	82.90	80.69	78.23	77.05	75.02
1984	76.11	76.35	77.85	77.22	76.54	75.29	71.88	72.55	72.53	70.69	69.51	65.91
1985	63.19	67.06	69.13	70.15	66.98	65.70	64.74	66.42	66.36	68.98	71.18	65.04
1986	54.31	36.62	30.22	30.87	36.88	32.04	27.42	36.25	35.26	35.11	35.90	38.22
1987	43.48	41.34	42.78	43.01	44.58	45.92	48.65	45.89	44.07	44.75	42.46	38.97
1988	38.53	37.53	36.14	39.62	38.49	36.67	34.00	33.96	31.35	29.84	30.25	35.16
1989	38.63	38.05	41.34	44.23	42.09	41.89	41.27	38.70	40.76	41.60	40.88	43.49
1990	46.21	44.88	41.20	37.51	37.12	33.72	37.17	53.62	66.01	69.90	62.75	52.74
1991	47.70	39.62	38.31	39.99	40.73	38.61	40.93	41.29	41.39	43.98	42.63	36.85
1992	35.38	35.63	35.36	37.73	39.07	41.43	40.24	39.29	40.28	39.78	37.25	35.53
1993	34.72	36.42	36.83	36.64	36.05	34.47	32.22	32.31	31.35	32.38	29.86	27.72
1994	26.67	26.13	25.87	28.74	31.45	33.46	34.42	32.01	30.36	30.69	31.43	29.79
1995	31.11	31.92	31.83	34.00	33.54	31.53	29.69	30.53	30.59	29.31	30.10	31.88
1996	31.80	32.00	35.32	38.58	34.99	33.62	35.36	36.30	39.40	40.95	38.77	41.50
1997	40.73	35.55	33.61	31.48	33.29	30.60	31.25	31.71	31.58	34.11	31.99	29.15
1998	26.55	25.38	23.65	24.50	23.79	21.86	22.48	21.32	23.80	22.85	20.54	17.94
1999	19.76	18.98	23.09	27.12	27.76	27.98	31.29	33.05	36.94	34.99	38.38	40.28
2000	41.99	44.82	45.42	39.21	43.69	48.03	45.08	47.09	50.71	49.36	51.31	42.43
2001	43.86	43.72	40.18	40.29	41.85	40.24	38.72	40.19	38.07	32.44	28.70	28.41
2002	28.89	30.29	35.44	37.94	39.10	36.85	38.86	40.81	42.61	41.36	37.68	42.29
2003	47.13	50.82	47.01	39.91	39.85	43.45	43.46	44.47	39.69	42.60	43.80	45.30

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
2004	48.06	48.48	50.95	50.75	55.37	52.11	56.02	61.62	62.87	72.50	65.93	59.04
2005	63.81	65.00	72.84	70.74	66.60	75.35	78.04	85.96	85.69	81.37	76.66	78.47
2006	85.83	80.60	81.81	89.54	91.05	90.86	95.03	93.11	81.75	75.80	76.27	79.85
2007	69.65	75.68	76.70	80.40	79.31	84.20	92.52	90.48	99.62	106.87	117.18	113.05
2008	114.49	117.11	128.39	136.26	149.99	159.08	157.60	138.38	123.48	91.95	70.10	51.23
2009	51.38	47.96	58.07	60.71	71.86	83.90	77.39	85.57	83.57	91.10	93.71	89.65
2010	93.99	91.64	97.04	100.72	87.84	89.86	91.03	91.20	89.59	97.33	100.06	105.72
2011	105.52	105.15	119.70	127.08	116.50	110.84	111.95	99.04	98.03	99.19	111.59	113.52
2012	115.00	116.70	120.28	116.67	107.08	93.28	99.72	106.18	106.15	100.59	97.86	99.86
2013	106.94	106.69	103.75	102.86	105.73	106.63	116.49	118.41	117.94	111.85	104.77	109.13
2014	105.40	111.51	110.63	111.92	111.29	114.77	112.30	105.32	101.79	92.39	83.44	65.60
2015	52.57	56.04	52.60	59.81	64.78	65.13	55.44	46.75	49.65	50.49	46.76	40.91
2016	34.60	33.31	41.23	44.50	50.56	52.57	48.27	48.29	48.66	53.64	49.08	55.99
2017	56.20	56.98	52.86	54.27	51.51	47.93	49.53	50.85	52.47	54.33	59.69	61.09
2018	66.77	64.90	65.37	68.80	72.30	69.64	73.06	70.09	72.29	72.72	58.44	50.64
2019	53.20	56.50	59.46	64.96	61.75	55.49	58.27	55.56	57.65	54.52	57.66	60.49
2020	57.95	50.77	30.09	16.75	28.95	38.62	40.88	42.36				

(O autor, 2020)

ANEXO E — Preço de revenda da gasolina comum em reais correntes

Evolução mensal do preço médio de revenda por litro de gasolina comum no Brasil, em termos nominais, em reais correntes, de junho de 2004 a agosto de 2020

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
2004						2.21	2.21	2.23	2.23	2.18	2.30	2.30
2005	2.29	2.29	2.29	2.30	2.27	2.25	2.28	2.26	2.44	2.48	2.48	2.49
2006	2.51	2.55	2.58	2.60	2.56	2.55	2.57	2.56	2.55	2.54	2.53	2.53
2007	2.51	2.51	2.52	2.54	2.54	2.52	2.49	2.48	2.48	2.48	2.50	2.51
2008	2.50	2.48	2.50	2.49	2.49	2.49	2.49	2.51	2.50	2.52	2.51	2.52
2009	2.52	2.52	2.51	2.50	2.49	2.49	2.49	2.47	2.49	2.54	2.56	2.56
2010	2.60	2.60	2.56	2.56	2.54	2.53	2.54	2.55	2.54	2.59	2.59	2.61
2011	2.62	2.64	2.71	2.88	2.77	2.74	2.73	2.75	2.73	2.74	2.75	2.75
2012	2.74	2.73	2.74	2.74	2.74	2.73	2.72	2.72	2.72	2.74	2.75	2.76
2013	2.77	2.89	2.88	2.87	2.85	2.84	2.84	2.84	2.84	2.84	2.85	2.95
2014	2.96	2.96	2.99	2.99	2.97	2.96	2.96	2.97	2.96	2.96	3.03	3.03
2015	3.04	3.32	3.32	3.30	3.30	3.30	3.30	3.27	3.29	3.49	3.63	3.64
2016	3.70	3.72	3.73	3.70	3.66	3.64	3.65	3.65	3.65	3.68	3.66	3.76
2017	3.77	3.73	3.67	3.63	3.59	3.51	3.76	3.78	3.88	3.88	4.05	4.15
2018	4.22	4.19	4.20	4.23	4.61	4.50	4.47	4.45	4.70	4.71	4.51	4.33
2019	4.21	4.22	4.36	4.51	4.55	4.40	4.31	4.30	4.37	4.39	4.43	4.56
2020	4.58	4.54	4.30	3.93	3.90	4.06	4.20	4.27				

(ANP, 2020)

ANEXO F — Taxa de câmbio: R\$ por US\$

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
2004						3.09	3.04	2.93	2.86	2.86	2.72	2.66
2005	2.61	2.59	2.68	2.53	2.41	2.34	2.38	2.36	2.23	2.25	2.20	2.34
2006	2.21	2.12	2.16	2.09	2.31	2.17	2.18	2.14	2.17	2.14	2.17	2.14
2007	2.12	2.12	2.06	2.03	1.92	1.93	1.88	1.97	1.83	1.74	1.80	1.78
2008	1.76	1.69	1.76	1.66	1.63	1.60	1.57	1.63	1.91	2.16	2.30	2.31
2009	2.32	2.39	2.32	2.19	1.97	1.95	1.87	1.88	1.77	1.76	1.76	1.74
2010	1.89	1.81	1.78	1.74	1.82	1.80	1.75	1.76	1.69	1.70	1.72	1.66
2011	1.67	1.66	1.63	1.58	1.58	1.56	1.55	1.59	1.88	1.72	1.81	1.86
2012	1.75	1.72	1.83	1.91	2.02	2.01	2.06	2.03	2.03	2.03	2.14	2.05
2013	1.99	1.98	2.02	2.00	2.14	2.23	2.28	2.39	2.22	2.24	2.34	2.36
2014	2.41	2.34	2.27	2.23	2.24	2.21	2.26	2.24	2.45	2.48	2.57	2.66
2015	2.68	2.84	3.20	3.01	3.18	3.10	3.42	3.62	3.95	3.86	3.87	3.96
2016	4.00	4.02	3.59	3.44	3.61	3.21	3.25	3.23	3.26	3.19	3.38	3.25
2017	3.15	3.11	3.12	3.18	3.23	3.31	3.13	3.15	3.16	3.27	3.27	3.31
2018	3.19	3.25	3.31	3.51	3.72	3.88	3.76	4.06	4.05	3.72	3.87	3.88
2019	3.64	3.75	3.92	3.92	3.92	3.85	3.81	4.15	4.16	4.02	4.24	4.02
2020	4.28	4.47	5.21	5.49	5.34	5.47	5.22	5.49				

(Investing.com, 2020)

ANEXO G — Preço de revenda da gasolina comum em US\$ deflacionados

Evolução mensal do preço médio de revenda da gasolina comum por barril no Brasil, em termos reais, em dólares de agosto de 2020, de junho de 2004 a agosto de 2020

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
2004						155.93	158.60	166.29	169.70	165.05	183.11	188.21
2005	190.38	190.28	182.99	193.10	200.09	204.97	202.15	202.14	227.51	228.10	234.89	223.24
2006	236.75	249.84	246.58	255.10	226.63	239.41	239.29	242.06	238.48	243.02	239.56	242.59
2007	240.96	240.66	245.99	249.97	262.30	258.79	262.48	250.14	267.84	281.96	273.13	277.76
2008	277.94	286.56	275.24	288.16	292.49	293.38	298.76	290.45	247.96	221.74	212.06	214.10
2009	212.25	204.97	210.72	220.89	243.76	244.33	256.50	251.42	268.51	274.89	278.23	281.16
2010	263.04	273.88	272.53	278.84	264.44	265.80	274.49	274.49	284.84	287.21	285.55	296.39
2011	294.49	295.72	307.41	335.33	320.15	320.75	322.60	315.07	264.91	291.64	277.89	270.66
2012	285.49	288.85	270.35	257.62	243.15	244.37	238.80	240.69	239.78	240.84	230.91	242.32
2013	249.87	259.67	252.58	254.89	236.25	225.33	220.24	209.92	225.84	224.17	216.26	221.75
2014	216.44	222.65	230.14	233.24	230.39	231.44	226.39	230.38	209.87	207.94	206.77	200.59
2015	200.26	206.13	181.81	191.02	180.34	183.93	167.11	156.81	144.55	157.37	163.13	160.34
2016	161.48	161.43	180.32	186.20	174.16	194.11	193.11	193.99	191.62	197.04	184.92	197.47
2017	203.39	203.62	199.17	193.17	187.87	179.04	203.19	202.00	205.66	198.72	207.37	210.06
2018	220.88	214.37	210.43	198.69	203.53	190.25	195.27	179.66	190.01	206.74	191.01	183.50
2019	189.76	183.81	180.51	185.77	187.12	184.24	182.14	167.20	169.36	175.27	167.92	182.35
2020	171.32	161.94	132.19	115.40	117.63	119.18	128.32	123.57				

(O autor, 2020)