

Impactos econômicos e ambientais da variação do preço do óleo diesel sobre a economia brasileira

Fernando Salgueiro Perobelli¹

Guilherme Perobelli Salgueiro²

Resumo

Aumentos acentuados no preço do petróleo e de outros produtos energéticos são referidos na literatura como exemplos clássicos de choques negativos de oferta (Brow e Yucel, 2002). Aumentos no preço do petróleo levam a aumentos no custo de produção, o que em geral diminui o ritmo da atividade econômica e aumenta a inflação. Entre janeiro de 2021 e junho de 2022, o diesel dobrou de preço, passando de R\$ 3,77/l para R\$ 7,57/l, atingindo o maior valor histórico já registrado pela ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis). Esse artigo, portanto, objetiva realizar uma avaliação sistêmica, com ênfase nos impactos da variação do preço do diesel, sobre a economia brasileira. Para tal utiliza um modelo de equilíbrio geral computável, calibrado e customizado para a economia brasileira para o ano de 2020. O exercício de simulação consistiu em uma variação no preço doméstico do diesel, que provocou uma perda econômica e de bem-estar na economia brasileira e que, potencialmente, diminuiria as emissões evidenciando o *tradeoff* entre crescimento econômico e mitigação das emissões e impondo mais urgência na discussão de implementação de um blend menos poluente nos combustíveis (e.g. biodiesel).

Palavra-chave: Diesel; Modelos EGC; Economia Brasileira.

Área de Submissão: 8 - Meio ambiente, recursos naturais e sustentabilidade

Abstract

Sharp increases in the price of oil and other energy products are referred in the literature as classical examples of negative supply shocks (Brow and Yucel, 2002). Increases in the price of oil lead to increases in the cost of production, which in general decrease the rhythm of economic activity and increase inflation. Between January 2021 and June 2022, diesel doubled in price, going from R\$3.77/l to R\$7.57/l, reaching the highest historical value ever recorded by the ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural and Biofuels). This article, therefore, objectively carried out a systemic assessment, with an emphasis on the impacts of changes in the price of diesel, on Brazilian agriculture. To this end, it uses a computable, calibrated and customized general equilibrium model for the Brazilian economy for the year 2020. The simulation exercise consists of a variation on the domestic price of the diesel, which caused an economic and welfare loss in the Brazilian economy and which would potentially reduce emissions, highlighting the tradeoff between economic growth and mitigation of emissions and imposing greater urgency on the discussion of implementing a less polluting blend in fuels (e.g. biodiesel).

Key-words: Diesel, CGE model, Brazilian Economy.

¹ Full Professor in the Department of Economics at Federal University of Juiz de Fora, CNPq researcher.

² PhD candidate in CEDEPLAR – UFMG.

Agradecimentos: Esse trabalho conta com o apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) no âmbito do edital 007/2021, processo RED00161-22. Agradece também ao financiamento do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

1. Introdução

Aumentos acentuados no preço do petróleo e de outros produtos energéticos são referidos na literatura como exemplos de choques negativos de oferta (Brow e Yucel, 2002). Aumentos no preço do petróleo levam a variações positivas no custo de produção, o que, em geral, diminui o ritmo da atividade econômica e aumenta a inflação (Cavalcanti e Jalles, 2013).

O crescimento recente da economia brasileira tem sido influenciado fortemente pelo crescimento do setor agrícola. Dados do Ministério da Agricultura e Pecuária mostram que no ano de 2023 a agropecuária brasileira cresceu 15,1%, com um total de R\$ 677,6 bilhões. O setor teve a maior alta entre as atividades e refletiu diretamente no Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil, que aumentou 2,9% em relação ao ano anterior, com R\$ 10,9 trilhões.

De acordo com a Confederação Nacional do Transporte (CNT) o modal rodoviário representa cerca de 61,1 % do total do transporte de cargas no Brasil, em 2017. Sendo esse o modal mais utilizado no país para cargas e fretes. No Brasil, o diesel é o principal combustível utilizado em veículos pesados, como Caminhões e Ônibus, dessa maneira, choques exógenos nos preços do combustível podem impactar diretamente e indiretamente toda a cadeia de transportes de passageiros e de carga no país, assim como afetar os preços dos insumos e dos produtos finais.

Ademais, o consenso entre os economistas agrícolas é que os choques nos preços da energia são uma fonte potencial de insegurança alimentar, porque podem levar a um aumento nos preços dos alimentos, uma vez que os produtores e comerciantes podem considerar estes choques quando fixam os seus preços. (Zingbagba et al, 2020). Estudos econométricos encontraram evidências de causalidade entre os preços do petróleo e dos produtos agrícolas [Cooke e Robles, (2009); Nazlioglu, (2011); Zingbagba et al (2020)].

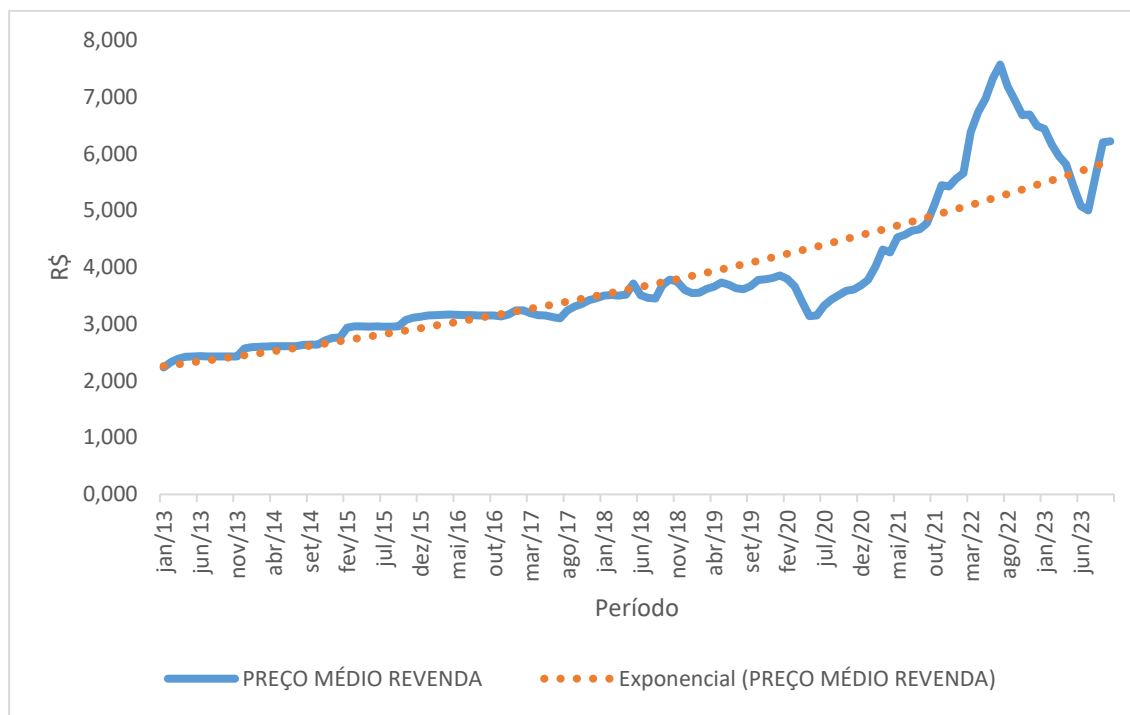
O diesel, por sua vez, é um dos combustíveis mais utilizados na agricultura e pecuária. O combustível é usado em máquinas e veículos agrícolas para realizar atividades no campo, como plantio, colheita, irrigação e transporte de cargas. (Pera e Caixeta-Filho, 2017). Assim sendo, o uso do diesel no campo é essencial para a produção de alimentos e, portanto, tem impactos sobre o bem-estar da economia e sobre o desenvolvimento econômico do país (Zingbagba, et all, 2020). A versatilidade do diesel também pode ser evidenciada pela utilização do mesmo em diversos tipos de geradores, máquinas e veículos agrícolas, como tratores, colheitadeiras, pulverizadores, caminhões e máquinas de irrigação.

A conjuntura recente tem mostrado uma grande variabilidade no preço do Diesel. Segundo a ANP (2023) entre janeiro de 2021 e junho de 2022, o diesel quase que dobrou de preço, passando de R\$ 3,77/l para R\$ 7,57/l, atingindo o maior valor histórico já registrado pela agência. Ao observar a Figura 1 fica evidente a tendência de elevação do preço do diesel no período recente. Após junho de 2022 houve um recrudescimento do valor do litro do diesel, mas com valores bem superiores aos verificados no início da série apresentada.

Apesar da desregulamentação dos preços dos combustíveis no início da década de 2000, na prática, o governo tem controlado indiretamente os preços da gasolina, do diesel e do GLP através da Petrobras, uma empresa estatal que quase monopoliza o refino de petróleo no Brasil

(Oliveira e Almeida, 2015). Dentre as diversas explicações para as recentes variações nos preços pode-se elencar a pandemia de COVID19 e as medidas adotadas pela China durante a pandemia e a guerra na Ucrânia e as sanções impostas pela Rússia no fornecimento de energia para a Europa.

Figura 1 – Evolução do preço médio de revenda do diesel (2013 – 2023) – R\$



Fonte: ANP (2023)

Como o diesel é um insumo amplamente utilizado na agricultura e pecuária, como descrito anteriormente, tal variação de preços tem impactos sistêmicos relevantes sobre o custo de produção agrícola, atingindo diversas etapas da produção não somente da agropecuária, mas como de outros setores. Especificamente na agropecuária podemos elencar os impactos sobre o frete – não apenas o transporte dos produtos finais, mas também a aquisição de insumos. Assim sendo, pode causar variação no preço dos alimentos e, portanto, perda de bem-estar [Ivanova and Dospatliev (2023); Esmaili et. al., (2021); Su, et. al., (2019) and Vo, et. al., (2019)]. No Brasil, mais da metade da produção de grãos e oleaginosas é transportada das fazendas para os portos por meio de caminhões, e os preços dos combustíveis determinam em grande parte as taxas de frete.

Importante também salientar a importância da agricultura no contexto da economia brasileira. Segundo dados do IBGE (2023), o setor agropecuário é responsável, em média, para o período entre 2000 e 2021 por cerca de 5,58% do valor adicionado bruto da economia brasileira. Para o mesmo período o setor agropecuário apresenta uma participação média de 15,95% no total de ocupações. Em relação à participação do setor no total exportado pelo Brasil, a média para o período fica em torno de 13,26%. Importante salientar a tendência crescente desse indicador nos últimos 10 anos. Nesse período a participação média atinge cerca de 18,78%.

Para além da importância do óleo diesel como combustível e insumo para o abastecimento de diversas cadeias produtivas no país, a utilização do diesel também acarreta impactos ambientais. Em especial, destaca-se o impacto nas emissões de gases de efeito estufa no Brasil. Ao avaliar setores como Pecuária e Agricultura, que possuem o diesel como insumo produtivo, ambos

representam respectivamente, 44% e 17% do total emitido pelo país, de acordo com estimativas realizadas a partir dos dados do SEEG. Entende-se, portanto, que um choque nos preços de diesel pode impactar também no nível de emissões oriundas do processo produtivo no país.

A literatura corrobora com a participação indireta do diesel nas emissões do setor agropecuário, Golasa, *et al.*, (2021) avalia as fontes de emissões poluentes no setor agrícola, e conclui, para países europeus, que 50% da energia utilizada no setor é decorrente do óleo diesel, impactando positivamente para as emissões de poluentes.

Além dos impactos setoriais mencionados anteriormente as variações no preço do óleo diesel também foram estudadas sob a perspectiva de impactos macroeconômicos, no caso da Índia por Pradeep (2020) and Parikh and Khedkar (2013) e para o Brasil por Cavalcanti e Jalles (2013), impactos sobre o preço dos alimentos para o estado de São Paulo – Brazil Zingbagba *et al.*, (2020). De maneira mais ampla, a temática energética foi estudada sob a ótica da variação global dos preços de petróleo por Shangle e Solaymani (2020); em Solaymani e Kari (2013) avalia-se o impacto econômico e ambiental do aumento dos preços do petróleo para o setor de transportes, na Malásia. Diversos estudos fizeram uso de modelos de equilíbrio geral computável [Aydin, (2016); Sun *et. al.*, (2021); Timilsina (2015); Dybczak *et. al.*, (2008); Naranpanawa, A., and Bandara (2012); McDonald, S., & van Schoor, M. (2005)].

O Modelo ORANI-G, é utilizado ao redor do mundo para capturar os impactos sistêmicos de choques exógenos em determinada economia. Alguns estudos como o caso de Yusuf e Resosudarmo (2008), utilizam o ORANI-G para avaliar os impactos de uma reforma nos preços dos combustíveis fósseis na Indonésia. Meng *et. al* (2012), mensuram os impactos da introdução de imposto sobre carbono, com objetivo de reduzir as emissões na Austrália.

Assim sendo, esse estudo se alinha aos demais no que se refere à metodologia utilizada, se diferencia daqueles que captaram os impactos tanto setoriais (e.g. agricultura, pecuária, alimentos e turismo) uma vez que propõe a avaliação do impacto sistêmico e apresenta uma aplicação inédita para a economia brasileira.

Este estudo além dessa introdução, apresenta na segunda seção a base de dados utilizada e uma breve descrição da metodologia. A terceira seção apresenta e discute os resultados e, por fim, são apresentadas as conclusões desse trabalho.

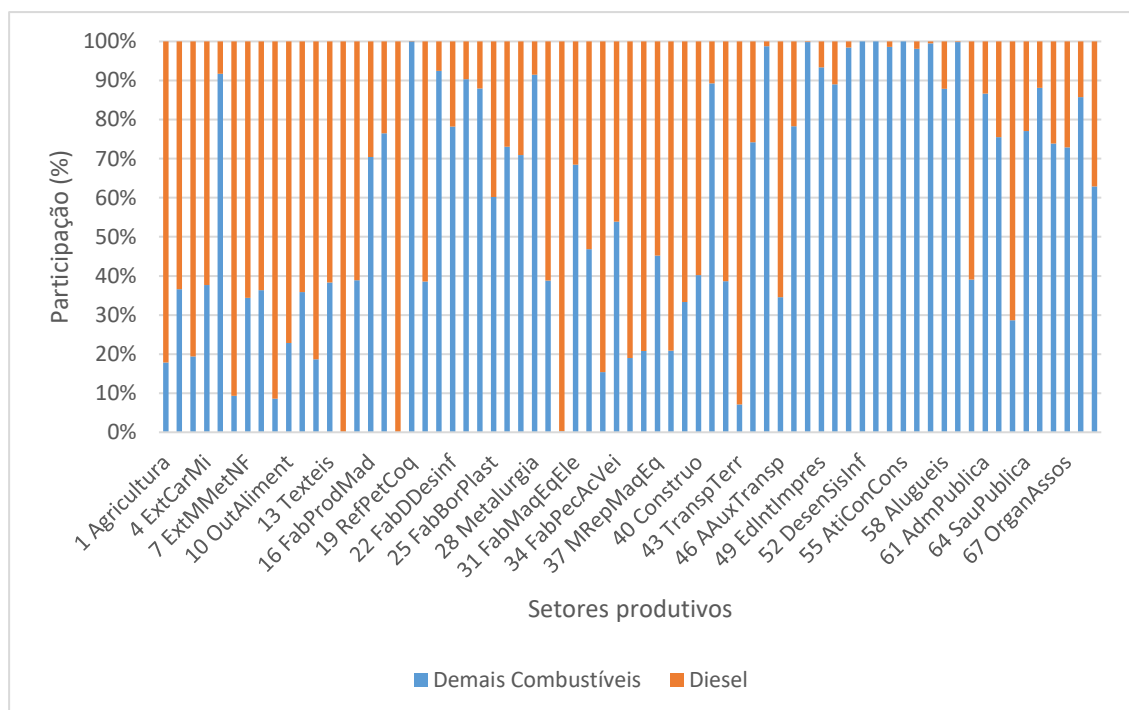
2. Base de Dados e Metodologia

2.1 Base de Dados

O modelo ORANI-G foi calibrado para a economia brasileira para o ano de 2020, tal calibragem foi realizada a partir das Tabelas de Recursos e Usos do Sistema de Contas Nacionais do Brasil (IBGE, 2020). A estrutura do modelo utiliza uma tecnologia produto x setor permitindo, portanto, evidenciar fluxos desagregados para 68 setores produtivos e 128 produtos para os seguintes agentes econômicos: produtores, famílias, investimento, governo e setor externo. Os fluxos são desagregados em fluxos básicos, margens e impostos, o que permite diferenciar os preços em preços ao produtor e preços ao consumidor. A estrutura detalhada do modelo ORANI-G pode ser consultada em (Dixon *et al*, 1997).

A Figura 2 apresenta a participação percentual do diesel e demais combustíveis como insumos energéticos para os 67 setores da economia. Ao observar a Figura 2 é possível verificar que para diversos setores a dependência do diesel é maior do que a média nacional (cerca de 37%). Há setores em que o diesel é responsável por mais de 80% dos insumos energéticos. Cabe destacar que na agricultura o uso do mesmo corresponde a cerca de 82% do total de combustíveis e na produção florestal, pesca e silvicultura o valor é cerca de 80%.

Figura 2 – Participação percentual do diesel e demais combustíveis como insumos energéticos dos setores produtivos, 2020.



Fonte: Elaboração própria a partir da base do modelo ORANI-G.

2.2. Metodologia

2.2.1 Estrutura básica do modelo³

Para avaliar os efeitos sistêmicos da variação no preço do diesel sobre as variáveis macroeconômicas, e sobre variações de atividade produtiva e ocupações setoriais e emissões, este trabalho utilizar-se-á da análise de equilíbrio geral, no qual o exercício de simulação consiste na variação no preço doméstico do diesel – p_{0dom} , em 14%, que representa a variação média histórica do preço do combustível. Para tal, será utilizado um modelo EGC para a economia brasileira com base na estrutura teórica e funcional dos modelos ORANI (Dixon, 1982), que segue a tradição australiana de modelagem, na qual as equações são linearizadas e as soluções são dadas na forma de taxa de crescimento. A especificação teórica do modelo é composta por blocos de equações que determinam relações de oferta e demanda, derivadas de hipóteses de otimização e condições de equilíbrio de mercado.

O modelo se caracteriza por assumir pressupostos neoclássicos: comportamento otimizador dos agentes (firmas minimizadoras de custos e famílias maximizadoras de utilidade), equilíbrio dos mercados (market clearing) e mercados em concorrência perfeita (lucro econômico zero). Além disso, consideram-se retornos constantes de escala de produção e ausência de mercado monetário, de externalidade se de incerteza.

³ Para maiores detalhes sobre o Modelo ORANIG consultar Horridge (2006)

Os modelos de equilíbrio geral do tipo ORANI-G, formalizam o comportamento dos agentes por meio de estruturas aninhadas que representam de forma esquemática a decisão dos agentes econômicos. Apresentamos de forma sintética a estrutura dos produtores, investidores e famílias.

O ORANI-G permite que cada indústria produza várias commodities, usando como insumos commodities nacionais e importadas, além dos insumos primários (e.g trabalho, terra e capital). Além disso, commodities destinadas à exportação são distintas daquelas para uso local. As suposições de separabilidade são utilizadas na especificação de produção multi-insumo, multiproduto.

No nível superior, os compostos de commodities, um composto de fator primário e 'outros custos' são combinados usando uma função de produção de Leontief. Consequentemente, todos eles são demandados em proporção direta ao nível de atividade. Cada composto de commodities é uma função CES (elasticidade de substituição constante) de um bem doméstico e o equivalente importado. O composto de fator primário é um agregado CES de terra, capital e trabalho composto. Embora todas as indústrias compartilhem essa estrutura de produção comum, as proporções de insumos e os parâmetros comportamentais podem variar entre as indústrias

Na produção de novas unidades de capital fixo é assumido que as mesmas são produzidas com insumos de commodities produzidas domesticamente e importadas, por meio de uma função Leontief. A estrutura de aninhamento para a demanda das famílias é quase idêntica à da demanda de investimento. A única diferença é que os compostos de commodities são agregados por uma função Klein-Rubin, em vez de uma função Leontief, levando ao sistema de despesa linear (LES). Essa especificação divide o consumo dos bens e serviços em parcelas de “luxo” e “subsistência”. Portanto, uma parcela fixa do gasto é reservada ao consumo de subsistência e a parcela residual em “gastos de luxo”. Isso permite que modificações na renda causem modificações diferenciadas no consumo dos produtos. A estrutura de demanda das famílias é então condicionada a um Sistema Linear de Gastos (LES –Linear Expenditure System). A composição entre domésticos e importados é estabelecida por meio de funções de elasticidade de substituição constante (CES), utilizando a hipótese de Armington.

A demanda por exportações, adota a hipótese de economia pequena no comércio internacional, de modo que mudanças no comércio externo brasileiro não influenciam os preços internacionais. A demanda externa por produto nacional está negativamente associada aos custos domésticos de produção e positivamente à expansão exógena da renda internacional

As emissões foram estimadas por meio de soft links e estão diretamente ligadas à produção. Desse modo, qualquer modificação na quantidade produzida e consumida por setor promoverá, automaticamente, mudanças nas emissões.

2.2.2 Fechamento do modelo

Neste trabalho adota-se o fechamento de longo-prazo. O quadro 1 apresenta as variáveis exógenas e, portanto, o fechamento de longo-prazo. As variáveis em itálico são aquelas que se diferenciam entre os fechamentos de curto e longo-prazo.

Quadro 1 – Fechamento de Longo Prazo

Fechamento de longo-prazo	
Variáveis exógenas que restringem o PIB real do lado da oferta	
x1lnd	Dotações Específicas da indústria de terra
Gret	gross sectoral rates of return
Capslack	Permite taxas de retorno específicas do setor
a1cap a1lab o a1lnd a1prim a1tot a2tot	Todas as mudanças tecnológicas
<i>Employ</i>	<i>total employment - wage weights</i>
<i>delB</i>	<i>balance of trade/GDP</i>
<i>Invsalck</i>	<i>aggregate investment determined by industry specific rules</i>
<i>f5tot2</i>	<i>link government demands to total household</i>
f5	Distribuição de demandas do governo
<i>delx6</i>	<i>Demandas reais por estoques por commodity</i>
Condições externas: preços de importação fixados; curvas de demanda de exportação fixadas em eixos de quantidade e preço	
pf0cif	Preços estrangeiros de importações
f4p f4q	Exportações individuais
f4p_ntrad f4q_ntrad	Exportações coletivas
Todas as tarifas de imposto são exógenas	
delPTXRATE f0tax_s f1tax_csi	
f2tax_csi f3tax_cs	
f5tax_cs t0imp f4tax_trad f4tax_ntrad	
f1oct	
Distribuição do investimento entre indústrias	
Finv3(indústrias selecionadas)	Fixed investment/capital ratios
finv2(demais setores)	Regra de investimento que segue o investimento agregado
O número de famílias e as suas preferências de consumo são exógenas	
Q	Número de famílias
a3_s	Preferência das famílias
Hipótese de numerário	
Phi	Taxa de câmbio nominal

Fonte: ORANIG

O ambiente macroeconômico é representado pelos diferentes fechamentos do modelo e, portanto, o lapso temporal para as devidas mudanças na economia. No longo-prazo, (Quadro 1), as principais diferenças para o curto-prazo estão na estrutura do estoque de capital e no mercado de trabalho. Os estoques de capital são livres de se ajustarem de tal forma que as taxas fixas de retorno (gret) sejam mantidas constantes. Um mercado de capitais aberto é implicitamente assumido, uma vez que não há ligação entre a formação de capital e a economia doméstica. O emprego agregado é fixo e o salário real é ajustado. Isso seria consistente com a

ideia que tanto a força de trabalho como a taxa de desemprego são, no longo prazo, determinadas por mecanismos fora do modelo. Em relação às despesas das famílias e do governo, há uma movimentação conjunta das mesmas, para acomodar uma restrição da balança comercial DelB (a balança comercial como fração do PIB) que é fixa, mimetizando a ideia que, no longo prazo, o restante do mundo poderá estar relutante em financiar um aumento do déficit comercial. O investimento agregado segue o estoque de capital agregado.

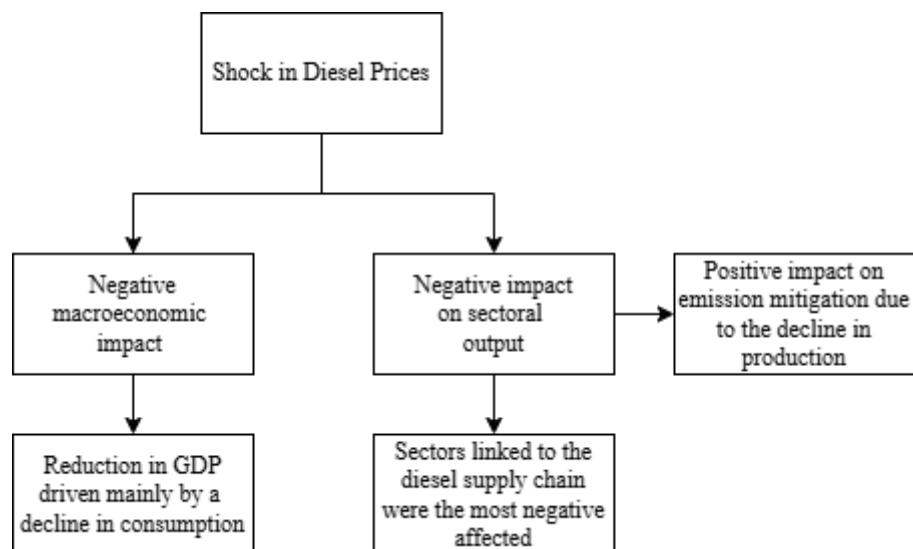
Todas as variáveis de mudança técnica, são geralmente exógenas, tais como: mudança técnica no trabalho (a1lab), mudança no capital (a1cap), mudança técnica na terra (a1land) e mudanças técnicas de insumos combinados, ou seja, mudança técnica de aumento de fator primário (a1prim) e mudança técnica de aumento de todas os insumos (a1tot; a2tot).

As tarifas, as tarifas *ad valorem* e os impostos sobre vendas, os impostos de exportação, as mudanças tecnológica e de gosto, as variáveis de mudança e o número de domicílios são considerados exógenos. O número de famílias (q) e as suas preferências de consumo (a3_s), as taxas de imposto tanto indiretas (sobre trabalho, terra, capital, bens e produção) como diretas (imposto sobre o rendimento local e nacional) [delPTXRATE f0tax_s f1tax_csi f2tax_csi f3tax_cs f5tax_cs t0imp f4tax_trad f4tax_ntrad flout], são variáveis consideradas ferramentas de políticas, portanto, naturalmente, são definidas como exógenas. Todos as variáveis de deslocamento são consideradas exógenas. No mercado de trabalho temos variáveis de deslocamento salariais [f1lab_io; f1lab_o; f1lab]. Existem também as variáveis de deslocamento nas equações de exportação [f4p; f4q; f4p_ntrad; f4q_ntrad]. (Haddad et al., 2013).

3. Análise dos Resultados

Em um modelo de Equilíbrio Geral Computável, aplica-se o choque na variável exógena, o qual impactará de maneira distinta as variáveis endógenas do modelo. A Figura 3 apresenta um fluxograma com o caminho do choque aplicado, com objetivo de ilustrar o efeito sobre a economia.

Figura 3 – Fluxograma do Choque



Fonte: Elaborado pelos autores.

Tomando por base o ambiente econômico de longo-prazo especificado na simulação desse trabalho, o produto interno bruto (x0gdpexp) se ajusta negativamente. Tal ajuste negativo ocorre também nos salários reais (realwage). Há uma perda de bem-estar na economia (utility),

bem como uma variação positiva no nível de preços ao consumidor (p3tot), conforme explicitado na Tabela 1. O aumento do nível de preços ao consumidor e a diminuição dos salários, levam a uma diminuição do consumo das famílias (x3tot). A consequência dessas variações é um ajuste positivo no nível de estoque da economia (x6tot). Assim sendo, pode-se concluir que a variação no preço do diesel traz um cenário restritivo, no longo-prazo, para a economia brasileira.

Tabela 1 – Impactos macroeconômicos (variação %)

Variável	Variação (%) Longo-prazo
PIB real	-0,3267
Índice de preço ao consumidor	0,0190
Salários reais	-0,5270
Consumo das famílias	-0,3696
Bem-estar (utilidade)	-0,9166

Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados do modelo

Ao decompor (contGDPexp) a variação do produto interno bruto pelo lado da oferta em seus componentes percebe-se que a variação negativa ocorre em todos os componentes, sendo que a maior variação negativa ocorre no consumo, representando cerca de 70% do total da variação do PIB, seguido pela variação nos gastos do governo (24.3%) e investimento (5%).

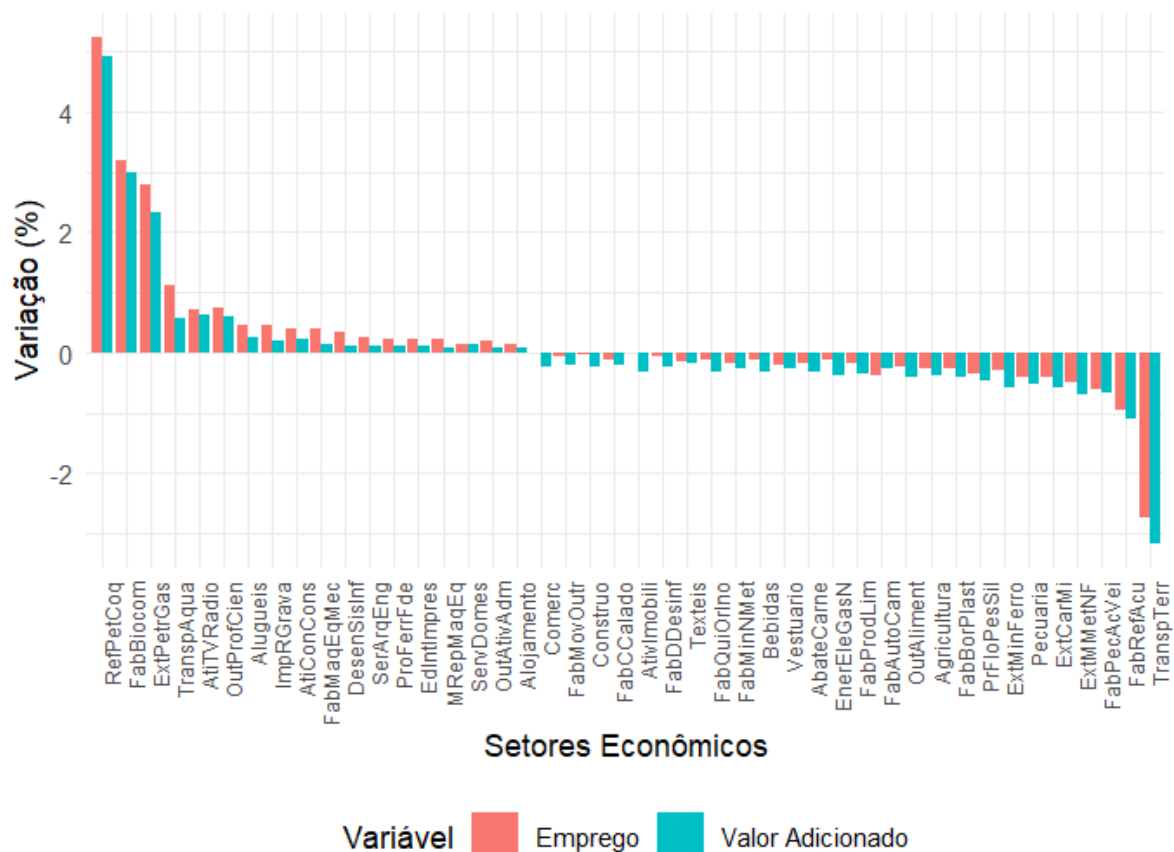
Tabela 2 – Contribuições para o PIB real do lado da despesa (%)

Variável	Variação (%)	Participação (%)
Consumo	-0,2283	70%
Investimento	-0,0170	5%
Gastos do Governo	-0,0795	24.3%
Estoques	-0,0000	0%
Exportações	0,0000	0%
Importações	0,0019	0.6%
PIB	-0,3267	100%

Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados do modelo.

Ao avaliar a variação do valor adicionado para a economia (x1tot) percebe-se que para o conjunto de 68 setores do modelo, 28 tiveram variação percentual negativa totalizando uma variação de 4,70% e 40 tiveram variação percentual positiva totalizando uma variação de 5,48%. Os setores que mais contribuíram para a variação negativa do valor adicionado foram os setores de Transporte Terrestre (cerca de 52% do total da variação), seguidos pelos setores de Fabricação de Peças de Automóveis e Extrativa de Minerais não metálicos, ambos com cerca de 7% (Figura 4).

Figura 4 – Variação setorial do valor adicionado e emprego (%)



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do modelo

Em relação à variação positiva do valor adicionado, os setores que mais contribuíram foram o setor de Refino do Petróleo; Extração de Petróleo e Gás e Fabricação de Biocombustíveis, com cerca de 33%, 6% e 5%, respectivamente.

No emprego 28 setores tiveram variação percentual negativa, totalizando uma variação de 9,14% e 40 tiveram variação percentual positiva, totalizando uma variação de 20,54%. Os setores que mais contribuíram para a variação negativa do emprego foram os setores de Transporte Terrestre (cerca de 50% da variação), seguidos pelos setores de Extrativa de Minerais não metálicos e Extrativo de carvão mineral, 10% e 6%, respectivamente (Figura 3).

No que tange à variação positiva no emprego, os setores que mais contribuíram foram o setor de Refino de Petróleo e Coqueria; Extração de Petróleo e Gás e Outros Profissionais Científicos, respectivamente 63%, 8% e 3%. Além da variação positiva no emprego, os setores associados a produção de diesel (Extração de Petróleo e Refino de Petróleo) apresentaram as maiores variações positivas no que se refere ao investimento (x2tot). Essa flutuação positiva pode ser reflexo do aumento nos preços da commodity, resultando um maior incentivo a se investir nos setores produtores desse insumo, devido ao aumento da receita na venda desse produto, associado a alta nos preços básicos.

De maneira geral, os resultados setoriais mostram o seguinte padrão: a) uma variação percentual negativa no valor adicionado (x1tot) e no emprego (employ) dos setores ligados à agricultura, pecuária e produção florestal pesca e silvicultura, b) uma variação negativa para a grande maioria dos setores relacionados à indústria extrativa e indústria em geral e c) uma variação positiva nos setores de serviços e nos setores petrolíferos.

Em relação à variação de preços dos insumos intermediários (p1mat), percebe-se que as maiores variações positivas ocorrem nos setores ligados à agricultura, pecuária, extrativa mineral e transportes (Tabela 3).

Tabela 3 – Dez setores mais impactados em termos de custos intermediários.

Código	Setor	Variação Percentual
43	Transportes Terrestres	4,2117
6	Extração de Minério de Ferro	1,3306
7	Extração de Minerais não Ferrosos	0,9555
4	Extração de Carvão Mineral	0,8728
3	Produção Florestal	0,8103
1	Agricultura	0,7267
60	Atividades de vigilância	0,5716
2	Pecuária	0,4915
44	Transportes Aquáticos	0,4550
9	Produção de Açúcar	0,3536

Fonte: Resultados do Modelo.

A variação positiva nos preços de diesel impacta de maneira direta e indireta as emissões de gases de efeito estufa (CO₂) no Brasil. Com base nos dados do Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG), as emissões estão correlacionadas com o nível de atividade dos setores produtivos da economia brasileira. Cada setor apresentado na Matriz Insumo Produto (MIP), calibrada para a construção do modelo de EGC desse trabalho, apresenta um nível de emissão de CO₂. Após a simulação, calculou-se um novo valor para as emissões, com base na variação da produção de cada setor, variável (xtot). Devido a retração econômica no país, e conseqüente redução do nível de atividade, ocorre uma redução no valor líquido das emissões brasileiras. A tabela 4 apresenta os valores setoriais de redução de emissões.

Tabela 4: Variação no nível de emissões setoriais. (t, %).

Setores	Emissões (Pré Choque) (t)	Emissões (Pós Choque) (t)	Redução de Emissões (t)	% de Redução
Pecuária	550.949.663	548.117.782	2.831.881	-0,51%
Agricultura	219.912.450	219.056.990	855.459	-0,39%
Comércio	185.866.105	185.550.132	315.972	-0,17%
Energia Eletricidade	53.742.109	53.530.366	211.744	-0,39%
Prod. Florestal	40.380.406	40.193.041	187.365	-0,46%
Transportes Terrestres	4.175.718	4.043.640	132.078	-3,16%
Fabr. Não Metálicos	42.890.117	42.771.312	118.806	-0,28%
Ext. Minério de Ferro	3.166.310	3.147.533	18.776	-0,59%
Fab. Químicos	4.125.883	4.112.804	13.079	-0,32%
Extração de Carvão	1.735.947	1.725.671	10.277	-0,59%

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos resultados

Em termos setoriais, a redução das emissões é impulsionada, em especial, pelos setores de Agricultura, Pecuária, Comércio por Atacado, o setor de Energia, e o setor de Transportes

Terrestres. Nota-se, que esses setores estão relacionados com a cadeia produtiva do diesel no país, e são impactados de maneira direta com o aumento nos custos desse insumo, o que reduz a sua atividade produtiva, e corrobora para a queda nos níveis de emissão. Por outro lado, ainda que em menor grau, alguns setores apresentaram uma variação positiva no nível de atividade após o choque, o que contribui para o aumento nas emissões nesses setores. Destaca-se os setores de Produtos do Refino de Petróleo, e Extração de Petróleo, ou seja, os setores relacionados diretamente com a produção do diesel.

4. Conclusões

Esse artigo tem por objetivo analisar os impactos econômicos e ambientais da variação de preços do diesel. Para tal foi especificado um modelo de equilíbrio geral para a economia brasileira, calibrado para o ano de 2020. A simulação realizada mimetiza a variação de 1% no preço doméstico do diesel. Assim sendo, as variações resultantes do modelo podem ser avaliadas como pseudo-elasticidades.

Percebe-se que tal variação, em termos macroeconômicos, produz impactos negativos, sendo os mais importantes a variação negativa no PIB, consumo das famílias, salários e bem-estar. Dada a importância do diesel no processo produtivo da maioria dos setores produtivos brasileiros, há também um impacto nos preços gerais da economia, os quais se elevam.

Os resultados setoriais, nas três variáveis analisadas (valor adicionado, emprego e preço dos insumos intermediários), mostram um padrão bem semelhante. Setores ligados à agricultura, pecuária, extrativa e setor de transportes são aqueles que tem o maior impacto. No caso do valor adicionado e emprego com uma deterioração dos mesmos e no caso dos insumos intermediários uma elevação dos seus preços. Dada a importância desses setores para o crescimento da economia brasileira, pode-se inferir que no longo-prazo a manutenção do aumento do diesel e a dependência da economia brasileira em relação a esse combustível pode impactar a perenidade do crescimento da referida economia.

Para além, convém apresentar que o Brasil, como demonstrado tem certa dependência para com o diesel, em toda a sua estrutura produtiva, pois o combustível é insumo necessário para a cadeia de produção e para os fretes. Portanto, choques nos preços desse produto, impactam de maneira sistêmica os preços nacionais, podendo induzir um caminho inflacionário. Assim, em consonância com a Lei 582, Combustíveis do Futuro, busca aumentar a participação do biodiesel, na mistura do diesel combustível, tendo como objetivo central a redução das emissões associadas ao setor de transportes. Entretanto, a ampliação do biodiesel no blend do combustível pode contribuir também para uma redução da dependência brasileira para com o diesel puro. O Biodiesel, pode ser produzido nacionalmente a partir da soja, e ao ser incorporado em maior grau no combustível brasileiro, tende a reduzir a demanda pelo diesel puro, o que pode mitigar os impactos na economia brasileira em períodos de choques nos preços do diesel.

Em contrapartida, os resultados apontam que uma alta nos preços do diesel, leva a uma redução do nível de emissões advindos do setor produtivo no Brasil. Entretanto, essa mitigação das emissões ocorre por meio de uma redução no nível de atividade setorial, ou seja, uma retração da economia, expondo um possível *tradeoff* entre atividade econômica e emissão de poluentes. Com a adoção da Lei 582, é possível que o país alcance um objetivo de reduzir as emissões, advindas do setor de transportes e de outros setores que utilizem o diesel como insumo, sem a necessidade de imputar uma retração na economia brasileira.

Referências

- Aydın, L. (2016). Potential economic and environmental implications of diesel subsidy: A computable general equilibrium analysis for Turkey. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 6(4), 771-781.
- Brown S, Yucel M., 2002. Energy prices and aggregate economic activity: an interpretative survey. *Quartely Review Economics and Finance*; 42(2).
- Cavalcanti, T e Jalles, J.T., 2013. Macroeconomic effects of oil price shocks in Brazil and United States. *Applied Energy*; 104, 475-486.
- Cooke, B., Robles, M., 2009. Recent Food Prices Movements: A Time Series Analysis. Discussion Paper no. 000942. IFPRI.
- Dixon, P. B; Parmenter, B.R; Sutton, J and Vincent, D.P., 1997. ORANI: A multisectoral model of the Australian economy. North Holland Press
- Dybczak, K., Voňka, D., & Van der Windt, N. (2008). The effect of oil price shocks on the Czech Economy. *Czech Natl Bank Work Pap Ser*, 5.
- Esmaili, B., Nessabian, S., Mousavi, S. N., Damankeshideh, M., & Khosravi Nejad, A. A. (2022). The Impact of Oil Price Fluctuation on the Price of Agricultural Products Considering the Food Crisis Periods. *Agricultural Economics Research*, 13(4), 192-207.
- Golasa, P; *et al.* Sources of Greenhouse Gas Emissions in Agriculture, with Particular Emphasis on Emissions from Energy Used. *Energies*, 2021.
- Ivanova, M., & Dospatliev, L. (2023). Effects of Diesel Price on Changes in Agricultural Commodity Prices in Bulgaria. *Mathematics*, 11(3), 559.
- McDonald, S., & van Schoor, M. (2005). A computable general equilibrium (CGE) analysis of the impact of an oil price increase in South Africa.
- Naranpanawa, A., & Bandara, J. S. (2012). Poverty and growth impacts of high oil prices: Evidence from Sri Lanka. *Energy policy*, 45, 102-111.
- Nazlioglu, S., 2011. World oil and agricultural commodity prices: evidence from nonlinear causality. *Energy Policy* 39, 2935–2943.
- Parikh, J., & Khedkar, G. (2013). The impacts of diesel price increases on India's trucking industry. *International Institute for Sustainable Development*.
- Pera, T., Caixeta-Filho, J., 2017. Logística do agronegócio brasileiro: perfil da infraestrutura de transporte. *Revista. Agroanalysis*. 10.
- Pradeep, S. (2022). Impact of diesel price reforms on asymmetry of oil price pass-through to inflation: Indian perspective. *The Journal of Economic Asymmetries*, 26, e00249.
- Su, C. W., Wang, X. Q., Tao, R., & Oana-Ramona, L. (2019). Do oil prices drive agricultural commodity prices? Further evidence in a global bio-energy context. *Energy*, 172, 691-701.
- Sun, H., Lu, S., & Solaymani, S. (2021). Impacts of oil price uncertainty on energy efficiency, economy, and environment of Malaysia: stochastic approach and CGE model. *Energy Efficiency*, 14(2), 21.

Timilsina, G. R. (2015). Oil prices and the global economy: A general equilibrium analysis. *Energy Economics*, 49, 669-675.

Vo, D. H., Vu, T. N., Vo, A. T., & McAleer, M. (2019). Modeling the relationship between crude oil and agricultural commodity prices. *Energies*, 12(7), 1344.

Zingbagba, M; Nunes, R and Fadairo, M (2020). The impact of diesel price on upstream and downstream food prices: Evidence from São Paulo. *Energy Economics* 85.

Shangle, A; Solaymani, S. (2020). Responses of monetary policies to oil price changes in Malaysia. *Energy*.

Solaymani, S; Kari, F. (2013). Environmental and economic effects of high petroleum prices on transport sector. *Energy*.

Confederação Nacional de Transporte (CNT). (2017). Plano CNT de Transporte e Logística 2018. CNT.

Yusuf, A; Resosudarmo, B. (2008). Mitigating Distributional Impact of Fuel Pricing Reform. *ASEAN Economic Bulletin*, v18.

Meng, S; Siriwardana, M; McNeill, J. (2013). The Environmental and Economic Impact of the Carbon Tax in Australia. *Environmental and Resource Economics*.

Apêndice

Apêndice 1: Lista de Produtos

1	Arroz, trigo e outros cereais
2	Milho em grão
3	Algodão herbáceo, outras fibras da lav. temporária
4	Cana-de-açúcar
5	Soja em grão
6	Outros produtos e serviços da lavoura temporária
7	Laranja
8	Café em grão
9	Outros produtos da lavoura permanente
10	Bovinos e outros animais vivos, prods. animal, caça e serv.
11	Leite de vaca e de outros animais
12	Suínos
13	Aves e ovos
14	Produtos da exploração florestal e da silvicultura
15	Pesca e aquicultura (peixe, crustáceos e moluscos)
16	Carvão mineral
17	Minerais não-metálicos
18	Petróleo, gás natural e serviços de apoio
19	Minério de ferro
20	Minerais metálicos não-ferrosos
21	Carne de bovinos e outros prod. de carne
22	Carne de suíno
23	Carne de aves

24	Pescado industrializado
25	Leite resfriado, esterilizado e pasteurizado
26	Outros produtos do laticínio
27	Açúcar
28	Conservas de frutas, legumes, outros vegetais e sucos de frutas
29	Óleos e gorduras vegetais e animais
30	Café beneficiado
31	Arroz beneficiado e produtos derivados do arroz
32	Produtos derivados do trigo, mandioca ou milho
33	Rações balanceadas para animais
34	Outros produtos alimentares
35	Bebidas
36	Produtos do fumo
37	Fios e fibras têxteis beneficiadas
38	Tecidos
39	Art. têxteis de uso doméstico e outros têxteis
40	Artigos do vestuário e acessórios
41	Calçados e artefatos de couro
42	Produtos de madeira, exclusive móveis
43	Celulose
44	Papel, papelão, embalagens e artefatos de papel
45	Serviços de impressão e reprodução
46	Combustíveis para aviação
47	Gasoálcool
48	Naftas para petroquímica
49	Óleo combustível
50	Diesel - biodiesel
51	Outros produtos do refino do petróleo
52	Etanol e outros biocombustíveis
53	Produtos químicos inorgânicos
54	Adubos e fertilizantes
55	Produtos químicos orgânicos
56	Resinas, elastômeros e fibras artif. e sintéticas
57	Defensivos agrícolas e desinfestantes domissanitários
58	Produtos químicos diversos
59	Tintas, vernizes, esmaltes e lacas
60	Perfumaria, sabões e artigos de limpeza
61	Produtos farmacêuticos
62	Artigos de borracha
63	Artigos de plástico
64	Cimento
65	Artefatos de cimento, gesso e semelhantes
66	Vidros, cerâmicos e outros prod. de minerais não-metálicos
67	Ferro-gusa e ferroligas
68	Semi-acabados, laminados planos, longos e tubos de aço
69	Produtos da metalurgia de metais não-ferrosos
70	Peças fundidas de aço e de metais não ferrosos
71	Produtos de metal, excl. máquinas e equipamentos

72	Componentes eletrônicos
73	Máquinas para escritório e equip. de informática
74	Material eletrônico e equip. de comunicações
75	Equip. de medida, teste e controle, ópticos e eletromédicos
76	Máquinas, aparelhos e materiais elétricos
77	Eletrodomésticos
78	Tratores e outras máquinas agrícolas
79	Máquinas para a extração mineral e a construção
80	Outras máquinas e equipamentos mecânicos
81	Automóveis, camionetas e utilitários
82	Caminhões e ônibus, incl. cabines, carrocerias e reboques
83	Peças e acessórios para veículos automotores
84	Aeronaves, embarcações e outros equipamentos de transporte
85	Móveis
86	Produtos de indústrias diversas
87	Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos
88	Eletricidade, gás e outras utilidades
89	Água, esgoto, reciclagem e gestão de resíduos
90	Edificações
91	Obras de infra-estrutura
92	Serviços especializados para construção
93	Comércio e reparação de veículos
94	Comércio por atacado e a varejo, exceto veículos automotores
95	Transporte terrestre de carga
96	Transporte terrestre de passageiros
97	Transporte aquaviário
98	Transporte aéreo
99	Armazenamento e serviços auxiliares aos transportes
100	Correio e outros serviços de entrega
101	Serviços de alojamento em hotéis e similares
102	Serviços de alimentação
103	Livros, jornais e revistas
104	Serviços cinematográficos, música, rádio e televisão
105	Telecomunicações, TV por assinatura e outros serv. relacionados
106	Desenvolvimento de sistemas e outros serviços de informação
107	Intermediação financeira, seguros e previdência complementar
108	Aluguel efetivo e serviços imobiliários
109	Aluguel imputado
110	Serviços jurídicos, contabilidade e consultoria
111	Pesquisa e desenvolvimento
112	Serviços de arquitetura e engenharia
113	Publicidade e outros serviços técnicos
114	Aluguéis não-imob. e gestão de ativos de propriedade intelectual
115	Condomínios e serviços para edifícios
116	Outros serviços administrativos
117	Serviços de vigilância, segurança e investigação
118	Serviços coletivos da administração pública
119	Serviços de previdência e assistência social

120	Educação pública
121	Educação privada
122	Saúde pública
123	Saúde privada
124	Serviços de artes, cultura, esporte e recreação
125	Organizações patronais, sindicais e outros serviços associativos
126	Manutenção de computadores, telefones e objetos domésticos
127	Serviços pessoais
128	Serviços domésticos

Apêndice 2: Lista de Setores

1	Agricultura, inclusive o apoio à agricultura e a pós-colheita
2	Pecuária, inclusive o apoio à pecuária
3	Produção florestal; pesca e aquicultura
4	Extração de carvão mineral e de minerais não-metálicos
5	Extração de petróleo e gás, inclusive as atividades de apoio
6	Extração de minério de ferro, inclusive beneficiamentos e a aglomeração
7	Extração de minerais metálicos não-ferrosos, inclusive beneficiamentos
8	Abate e produtos de carne, inclusive os produtos do laticínio e da pesca
9	Fabricação e refino de açúcar
10	Outros produtos alimentares
11	Fabricação de bebidas
12	Fabricação de produtos do fumo
13	Fabricação de produtos têxteis
14	Confecção de artefatos do vestuário e acessórios
15	Fabricação de calçados e de artefatos de couro
16	Fabricação de produtos da madeira
17	Fabricação de celulose, papel e produtos de papel
18	Impressão e reprodução de gravações
19	Refino de petróleo e coquearias
20	Fabricação de biocombustíveis
21	Fabricação de químicos orgânicos e inorgânicos, resinas e elastômeros
22	Fabricação de defensivos, desinfestantes, tintas e químicos diversos
23	Fabricação de produtos de limpeza, cosméticos/perfumaria e higiene pessoal
24	Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos
25	Fabricação de produtos de borracha e de material plástico
26	Fabricação de produtos de minerais não-metálicos
27	Produção de ferro-gusa/ferroligas, siderurgia e tubos de aço sem costura
28	Metalurgia de metais não-ferrosos e a fundição de metais

29	Fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos
30	Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos
31	Fabricação de máquinas e equipamentos elétricos
32	Fabricação de máquinas e equipamentos mecânicos
33	Fabricação de automóveis, caminhões e ônibus, exceto peças
34	Fabricação de peças e acessórios para veículos automotores
35	Fabricação de outros equipamentos de transporte, exceto veículos automotores
36	Fabricação de móveis e de produtos de indústrias diversas
37	Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos
38	Energia elétrica, gás natural e outras utilidades
39	Água, esgoto e gestão de resíduos
40	Construção
41	Comércio e reparação de veículos automotores e motocicletas
42	Comércio por atacado e a varejo, exceto veículos automotores
43	Transporte terrestre
44	Transporte aquaviário
45	Transporte aéreo
46	Armazenamento, atividades auxiliares dos transportes e correio
47	Alojamento
48	Alimentação
49	Edição e edição integrada à impressão
50	Atividades de televisão, rádio, cinema e gravação/edição de som e imagem
51	Telecomunicações
52	Desenvolvimento de sistemas e outros serviços de informação
53	Intermediação financeira, seguros e previdência complementar
54	Atividades imobiliárias
55	Atividades jurídicas, contábeis, consultoria e sedes de empresas
56	Serviços de arquitetura, engenharia, testes/análises técnicas e P & D
57	Outras atividades profissionais, científicas e técnicas
58	Aluguéis não-imobiliários e gestão de ativos de propriedade intelectual
59	Outras atividades administrativas e serviços complementares
60	Atividades de vigilância, segurança e investigação
61	Administração pública, defesa e seguridade social
62	Educação pública
63	Educação privada

64	Saúde pública
65	Saúde privada
66	Atividades artísticas, criativas e de espetáculos
67	Organizações associativas e outros serviços pessoais
68	Serviços domésticos