

# Impactos socioeconômicos de um desabastecimento de diesel na economia brasileira: uma análise de insumo produto

*Socioeconomic Impacts of a Diesel Shortage on the Brazilian Economy: An Input-Output Analysis*

Thiago de Moraes Moreira <sup>(1)</sup>

Luiz Carlos de Santana Ribeiro <sup>(2)</sup>

Samia Mercado Alvarenga <sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> Petrobras, IBMEC e ESPM.

<sup>(2)</sup> Universidade Federal de Sergipe

<sup>(3)</sup> Universidade Federal de Minas Gerais

## Abstract

This paper estimates the potential impacts of a possible diesel shortage on the Brazilian economy. To this end, an input-output model integrated with linear programming procedures is used to simulate direct, indirect, and induced effects on income and job creation. The results reveal significant socioeconomic implications for short periods (10 days) of restricted availability and point to significant potential losses due to the characteristics of the productive structure, particularly those relating to the transport sector. More specifically, the results show a potential impact of reducing Brazilian GDP by R\$76.28 billion, equivalent to 1.5% of 2015 GDP. Estimates show a potential drop that could reach 1.8 million jobs. The evidence obtained contributes to guiding public energy planning policies and draws attention to the need to build strategic diesel stocks.

## Keywords

input-output matrix, shortage, productive linkages, income and employment.

**JEL Codes** C61, C67, L71.

## Resumo

*Este artigo estima os impactos potenciais de um eventual desabastecimento do diesel sobre a economia brasileira. Para tanto, utiliza-se um modelo insumo-produto integrado a procedimentos de programação linear a fim de simular efeitos diretos, indiretos e induzidos sobre a renda e a geração de empregos. Os resultados revelam implicações socioeconômicas expressivas para curtos períodos (10 dias) de restrição na disponibilidade e apontam para perdas potenciais significativas devido às características da estrutura produtiva, em particular relativas ao setor de transporte. Mais especificamente, os resultados mostram um impacto potencial de redução de R\$ 76,28 bilhões do PIB brasileiro, o equivalente a 1,5% do PIB de 2015. As estimativas mostram queda potencial que poderia atingir 1,8 milhões de postos de trabalho. As evidências obtidas contribuem para orientar políticas públicas de planejamento energético e chamam atenção para a necessidade de formação de estoques estratégicos de diesel.*

## Palavras-chave

matriz insumo-produto, desabastecimento, encadeamentos, renda e emprego.

**Códigos JEL** C61, C67, L71.

## 1 Introdução

O diesel é um combustível fóssil derivado do petróleo bruto, composto principalmente de hidrocarbonetos. Por possuir alta densidade energética, ou seja, uma quantidade significativa de energia armazenada em relação ao seu volume, ele torna-se um combustível eficiente para motores de alta potência e para aplicações que exigem grande força ou longos períodos de funcionamento, sendo, portanto, comumente utilizado em veículos de carga pesada e longas distâncias, tais como: ônibus, caminhões, geradores de energia e embarcações (Tavares, 2022). Além disso, o diesel também é utilizado em equipamentos e maquinários, contribuindo para a produção agrícola e agroindustrial uma vez que atua como insumo fundamental para a realização de atividades na colheita, plantio, pulverização e transporte de produtos do campo (Nunes, 2021).

Nesse sentido, o diesel desempenha um papel crucial para a economia brasileira, também no setor de transporte e logística garantindo o funcionamento de cadeias de suprimentos e o deslocamento de bens e serviços uma vez que o modal rodoviário é o mais empregado em todo o país para o transporte de commodities, minerais, produtos industriais e combustíveis (Silva, 2019). Apesar de ser amplamente utilizado, o diesel é um combustível fóssil não renovável; tal característica implica que, uma vez extraído e consumido, o petróleo não pode ser substituído de forma natural em um curto espaço de tempo. Dessa forma, a disponibilidade e o custo do diesel afetam diretamente a eficiência e a competitividade de vários setores econômicos, o que em última instância é essencial não só para o funcionamento da economia como também para o seu desenvolvimento (Tavares, 2022).

Haja vista que o grau de substituição dos produtos advindos do refino, em particular o diesel, é baixo, os impactos decorrentes de um desabastecimento vão muito além de uma elevação de preços, afetando de forma significativa diversos processos produtivos que dependem do uso desse combustível. Contudo, a literatura carece de estudos com o propósito de verificar as consequências socioeconômicas para a economia brasileira decorrentes da dependência do diesel.

O objetivo deste artigo, portanto, está centrado nos efeitos potenciais de uma eventual indisponibilidade de diesel, especificamente, estimam-se tais efeitos sobre a renda e sobre a perda potencial de empregos no Brasil.

Para tanto, um modelo de insumo-produto nacional é integrado com o método de programação linear. Mais propriamente, utiliza-se a mais recente e oficial matriz de insumo-produto (MIP) brasileira, ano base 2015, disponibilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018). A partir da MIP, desenvolve-se um exercício de simulação contrafactual, dos quais os valores observados para um determinado período relativo a variáveis como produção, renda e emprego podem ser comparados àqueles estimados na hipótese de restrições de acesso ao diesel. Dada a baixa inelasticidade-preço da demanda pelo diesel, o modelo de insumo-produto é um instrumento adequado para fazer tal avaliação, ainda que ele não considere nenhum tipo de efeito de substituição de insumos via preço.

Visando produzir resultados mais consistentes e/ou robustos, capturam-se, além dos efeitos diretos e indiretos, os chamados efeitos induzidos, os quais medem os impactos na variação da massa salarial que, por sua vez, afetam o consumo e, conseqüentemente, potencializam os resultados sobre a produção, a renda e o emprego. Assume-se, pois, que o volume a ser considerado na restrição da oferta aumenta de forma linear à medida que cresce o número de dias para os quais a oferta de diesel é restringida, por algum motivo, impedida de suprir a demanda doméstica.

A integração do modelo de insumo-produto com o método de programação linear para avaliar a restrição de diesel constitui uma contribuição metodológica importante às pesquisas sobre o segmento de petróleo na economia brasileira e diferencia-se das demais na medida em que destaca a relevância da “perda econômica” do diesel para a estrutura produtiva do país.

Os resultados desta análise são de relevante importância para a reflexão e o desenho de políticas públicas por parte dos responsáveis pelo planejamento econômico e energético, orientando recomendações acerca da necessidade (ou não) de formação de estoques estratégicos de combustíveis. Espera-se, por fim, fornecer uma metodologia alternativa que permita a análise da atividade de refino de petróleo sob outro prisma.

## 2 Revisão de literatura

Impactos do setor de petróleo sobre a economia brasileira foram objeto de estudo de Bicalho e Tavares (2014) mediante a análise de indicadores que retrataram números sob a perspectivas dos diferentes agentes (governos,

empresas e sociedade civil). Os autores identificaram que tal setor é um importante motor econômico que se destaca não só por demandas próprias como também pelo atendimento e provisão de outros setores.

Especificamente sobre o diesel, Souza, Rodrigues e Amaral (2021) investigaram a demanda nos estados sob a perspectiva espacial. O estudo buscou identificar as variáveis que determinam a demanda por diesel entre 2002 e 2016. Os principais resultados destacaram que a demanda em um determinado estado é influenciada pela renda e pela produção agropecuária nos estados vizinhos e reafirmaram a importância da dinâmica do agonegócio para o consumo do diesel.

No país, os preços dos combustíveis são atribuídos a uma combinação de fatores, tanto de natureza conjuntural quanto estrutural. Esses fatores incluem o custo do barril de petróleo no mercado internacional, a valorização do dólar em relação à moeda local e os elementos internos relacionados à política de preços adotada pela Petrobras (DIEESE, 2018). Ainda que o Brasil conte com 19 refinarias, tenha avançado significativamente na produção doméstica de petróleo nas últimas décadas e se declarado autossuficiente a partir de 2006, o país ainda importa uma quantidade significativa de derivados de petróleo, como gasolina e diesel, para atender à demanda interna. O diesel é o principal combustível derivado do petróleo, e a dependência externa em relação a ele é muito questionada uma vez que o produto final requer a mistura de insumos provenientes do mercado externo já que os óleos leves não são produzidos internamente (Moura *et al.*, 2019). Nesse contexto, o diesel torna-se vulnerável às flutuações do comércio internacional gerando inseguranças políticas e econômicas para o país.

Cerca de 5% da arrecadação nacional de impostos é proveniente da taxa sobre os combustíveis, o que revela não só a importância dos combustíveis fósseis para a economia nacional como também chama atenção para seu uso como instrumento de política fiscal para ampliar a captação de recursos e promover ajustes na economia (Borges, 2018). Nessa perspectiva, em 2017, o governo aumentou em 85% as contribuições sociais (PIS e COFINS) atreladas ao diesel com o propósito de reduzir os déficits nas contas públicas. Contudo, a utilização dos combustíveis como instrumento de política fiscal teve implicações econômicas e sociais importantes dado que aumentos excessivos nos impostos impactam o custo de vida da população, afetam setores dependentes do transporte e geram pressões inflacionárias (Rotava, 2019).

Tal medida foi o estopim, em maio de 2018, para uma crise de desabastecimento que culminou com dez dias de greve por parte dos caminhoneiros. Entre os motivos, a reivindicação central do protesto era o alto preço do diesel (Kreuz; Juruena, 2018). Devido às preocupações com as emissões de gases de efeito estufa, há uma busca por opções mais sustentáveis, contudo, diferentemente de outros combustíveis que podem ser facilmente substituídos, não há alternativa imediata para o emprego do diesel, especialmente quando se trata do transporte rodoviário de mercadorias em extensões continentais (Neves; Harder, 2021). A exiguidade desse derivado do petróleo tornou-se um agravante para seu encarecimento que já vinha acontecendo de forma sucessiva para acompanhar as pressões internacionais.

As modificações constantes de preço foram motivo de incerteza entre caminhoneiros que fechavam contratos de frete antecipadamente e vinham sofrendo repetidos prejuízos por não haver estabilidade no valor final (Kreuz; Juruena, 2018). A interdependência entre os setores bem como sua vulnerabilidade ao sistema logístico, cujo modal rodoviário é o mais utilizado, fazem com que a falha em um segmento atinja os demais de forma progressiva desencadeando uma reação em cadeia. Assim, quando os caminhoneiros decretaram greve, foram acumulados prejuízos econômicos e sociais para além dos setores produtivos (Moura *et al.*, 2019). De acordo com Vaz (2019), a paralisação, que perdurou cerca de 11 dias, gerou perda estimada de R\$ 15,9 bilhões para a economia brasileira, sendo os prejuízos sentidos pelos consumidores finais, que presenciaram alta de 5,2% nos produtos da cesta básica (Silva; Paula; Chaves, 2018).

Estudos acerca do desabastecimento de combustíveis foram realizados por Hooker (1980). O autor fornece uma visão geral dos efeitos dessa escassez e analisa como esta afeta o setor de transporte de mercadorias nos Estados Unidos. A pesquisa investiga as interrupções nas cadeias de suprimentos, os custos adicionais, as mudanças nos padrões de transporte e os efeitos econômicos resultantes. Os resultados mostram que uma escassez repentina de combustível teria impacto significativo no setor de transporte de carga, que resultaria em atrasos nas entregas, redução da capacidade de transporte, aumento dos custos operacionais e possíveis interrupções na distribuição de mercadorias. Com base nessas descobertas, o estudo destaca a importância de planejamento e preparação adequados para lidar com crises.

Noland *et al.* (2003) avaliam o impacto potencial de uma crise de combustíveis na economia do Reino Unido. Os autores examinam a extensão

das influências causadas pela falta de combustível e avaliam as consequências negativas e sociais resultantes dessa crise. O estudo utiliza dados quantitativos e qualitativos para analisar o impacto em diferentes setores, como transporte, comércio e serviços. Os autores também consideram os efeitos em termos de custos adicionais, perda de produtividade, redução do consumo e congestionamento do tráfego. Os resultados mostram que a crise de combustível teve impacto significativo na economia e na sociedade britânica. Houve redução na mobilidade, com cancelamentos de viagens e continuidade nas cadeias de suprimentos. O setor de transporte foi especialmente afetado, levando a atrasos na entrega de mercadorias e serviços. Além disso, os custos adicionais e as perdas de produtividade foram registrados em vários setores da economia. A partir desses achados, o estudo destaca a importância de políticas adequadas para evitar e gerenciar crises de combustível. Os autores enfatizam a necessidade de estratégias de resposta eficazes, como a diversificação das fontes de energia, a melhoria da eficiência energética e a implementação de planos de contingência para minimizar os efeitos negativos de futuras reservas de combustível.

Nesse escopo, Albertin, Prefeito e Mauad (2007) abordam o risco de desabastecimento energético diante da retomada da economia brasileira. Os autores analisam a relação entre o crescimento econômico e o suprimento de energia, destacando os desafios e as potenciais consequências de um possível desabastecimento. O estudo utiliza dados e informações sobre o setor energético do Brasil para avaliar a capacidade de fornecimento de energia em relação à demanda crescente resultante da retomada econômica. Os autores discutem os principais setores consumidores de energia e analisam os impactos socioeconômicos de uma possível escassez de energia. Os resultados mostram que o risco de desabastecimento energético é uma preocupação real diante do aumento da atividade econômica no Brasil e destacam a importância de investimentos contínuos na expansão da capacidade de geração de energia, na diversificação das fontes energéticas e na eficiência energética. Como conclusão, os achados apontam para a importância da coordenação entre os setores público e privado e da conscientização sobre o uso responsável da energia a fim de garantir um suprimento energético sustentável e estável no contexto do crescimento econômico.

Diante de um possível desabastecimento de combustíveis, Parchen e Savariego (2018) investigam o processo de tomada de decisão dos consu-

midores brasileiros. O estudo utiliza métodos qualitativos, como entrevistas e observações, para compreender as motivações, preocupações e estratégias adotadas pelos consumidores durante períodos de desabastecimento de combustível. Examinam fatores como a disponibilidade de combustível, as restrições de abastecimento, a distância e os preços dos postos de combustíveis. Os resultados mostram que os consumidores enfrentam dificuldades em tomar decisões eficazes durante o desabastecimento de combustíveis uma vez que precisam lidar com incertezas e adaptar seu comportamento de acordo com a situação, considerando fatores como a proximidade de postos de gasolina com combustível disponível, além da restrição orçamentária. Os autores ressaltam a necessidade de uma comunicação eficaz entre os órgãos responsáveis, os postos de combustíveis e os consumidores para minimizar os impactos negativos do desabastecimento e garantir uma gestão mais eficiente dessa situação.

Ainda, no que se refere aos combustíveis, estudos nesse sentido foram realizados pela Agência Nacional do Petróleo (ANP) mediante o instrumental microeconômico de cálculo de variações no excedente do consumidor em função de elevações nos preços desses produtos. A partir de modelos econométricos foram estimadas as elasticidades-preço de demanda que constituíram as curvas de demanda pelos combustíveis e, então, calculadas as “perdas econômicas” com base nas elevações necessárias nos preços para compatibilizar a demanda com o volume restrito de combustíveis. Dado que a elasticidade preço da demanda pela maior parte dos combustíveis tende a ser inelástica, o método de estimação da perda econômica focado na variação de preços não parece ser o mais adequado para o cálculo da “perda econômica” de um eventual desabastecimento de combustíveis no país. Além disso, as estimações econométricas ignoram os efeitos indiretos sobre a estrutura produtiva.

Diante da necessidade de políticas para reduzir o risco do desabastecimento, o biodiesel é uma possibilidade a ser considerada, visto que sua relevância para o Brasil está relacionada à resiliência energética, diversificação da matriz energética e mitigação dos riscos de suprimento de combustível (Flerox *et al.*, 2018). Dessa forma, a utilização do biodiesel como uma fonte alternativa ao diesel pode contribuir estrategicamente para garantir a segurança energética e minimizar os impactos de possíveis interrupções no fornecimento de diesel decorrentes da dependência econômica desse derivado do petróleo (Barroso; Simioni, 2020). Nesse sentido, Moreira

(2021) enfatiza o papel do biodiesel especialmente em momentos de crise para a redução da vulnerabilidade a choques no mercado de petróleo.

Estudos nessa direção envolvendo modelos de insumo-produto foram desenvolvidos por Yuuk, Conejero e Neves (2007), que investigaram os impactos econômicos provenientes da produção de biodiesel. Os achados destacam que os benefícios do biodiesel vão além da redução das emissões de gases de efeito estufa. Embora a produção de soja e mamona seja essencial para atender à demanda de óleo vegetal, os elevados multiplicadores de produção no setor de biodiesel têm impactos significativos sobre a produção e o emprego na economia. Os autores destacam que as indústrias de biodiesel têm os multiplicadores de emprego mais altos em comparação a outros setores, especialmente nas plantações de mamona no Nordeste, o que gera forte impacto sobre o nível de emprego na região. Portanto, o estudo indica que as políticas que estimulam o aumento na demanda final em setores relacionados ao biodiesel são eficazes em impulsionar a produção.

Lucena e Young (2008) estimam os efeitos diretos e indiretos de geração de emprego e massa salarial a partir do Programa Nacional de Produção de Biodiesel. Os coeficientes reportados pela matriz de insumo-produto informam que, mesmo na situação mais favorável, os resultados do governo superam consideravelmente as estimativas obtidas a partir dos dados do Sistema de Contas Nacionais do Brasil.

Cavalcante Filho, Buainain e Cunha (2021) avaliam os impactos socioeconômicos da cadeia produtiva do biodiesel na agricultura familiar no Brasil. Os resultados destacam o impacto positivo do setor de biodiesel na economia, impulsionado pelo aumento da mistura obrigatória com o diesel mineral. No que se refere à agricultura familiar, foi percebido aumento nas ocupações geradas ao mesmo tempo em que a renda média dos empregos criados representou uma parte significativa do salário-mínimo no ano de 2015.

Apesar de o diesel ser amplamente utilizado, a literatura nacional carece de estudos que mensurem os efeitos de uma escassez sob a perspectiva sistêmica da complexidade e interdependência setorial. Com intuito de preencher essa lacuna, este estudo, inspirado na crise de desabastecimento vivenciada em 2018 no Brasil, estima os impactos potenciais relacionados a restrições na oferta desse combustível. A matriz de insumo-produto é uma ferramenta adequada para investigar os efeitos setoriais devido à sua capacidade de representar a economia e estimar os efeitos diretos e indire-



tos de mudanças em um setor sobre setores específicos e sobre toda a estrutura produtiva. Além da matriz insumo-produto, esse estudo emprega a programação linear.

Dos Santos (2014) desenvolve um modelo de otimização que considera as emissões de gases de efeito estufa (GEE) e seus impactos na economia brasileira. Para isso, utiliza a análise insumo-produto associada à programação linear. O estudo propõe uma abordagem que busca encontrar a alocação ideal dos recursos produtivos, considerando as emissões de GEE, para maximizar o valor da produção no Brasil. Silvestrini (2016) analisa os impactos econômicos resultantes de diferentes cenários de redução das emissões de GEE, levando em conta a interação entre mudanças climáticas, políticas ambientais e a economia global. A metodologia desse trabalho se baseia no uso de Programação Linear e na análise da matriz de insumo-produto em uma abordagem multirregional. Com método semelhante, De Souza, Ribeiro e Perobelli (2016) simulam cenários para reduzir as emissões de GEE a partir de metas e políticas específicas. As simulações demonstram como diferentes abordagens podem afetar as emissões de GEE e os indicadores econômicos, fornecendo *insights* valiosos para a formulação de políticas públicas voltadas à mitigação das mudanças climáticas.

De modo geral, os exercícios de otimização para captar efeitos de políticas ambientais consistem em definir as variações nos valores do vetor de demanda final (exógena) que maximizam o Valor Bruto da Produção (VBP) total de uma economia para uma dada restrição (ou meta) quanto às emissões, por exemplo. Embora o objetivo deste estudo seja distinto, a metodologia é adaptável ao propósito deste trabalho. Em vez de uma restrição que recai sobre as emissões, define-se uma restrição na oferta de diesel destinada ao mercado interno (nacional e importado).

### **3 Método, bases de dados e tratamento das variáveis**

A estratégia empírica adotada baseia-se na integração de um modelo de insumo-produto nacional com o método de programação linear, visando simular o impacto de choques relativos ao desabastecimento de diesel na economia brasileira. Essas simulações são possíveis porque as MIPs fornecem informações detalhadas sobre as relações de demanda e oferta entre os setores e produtos.

A programação linear é uma técnica matemática utilizada para otimizar a alocação de recursos em situações em que há restrições e objetivos a serem alcançados (Dorfman; Samuelson; Solow, 1987). A literatura abordando esse tipo de integração da matriz de insumo-produto com a programação linear vem sendo utilizada, principalmente, em trabalhos dedicados à análise dos efeitos de políticas ambientais e mudanças climáticas. Em geral, esses trabalhos possibilitam a estimação de impacto sobre o crescimento da produção e da renda geradas pelas atividades econômicas em função do cumprimento de uma meta de emissões de gases poluentes.

A partir da notação de Miller e Blair (2009), o modelo padrão de insumo-produto pode ser definido por  $x = Ly$ , em que  $x$  é o vetor de produção setorial total;  $L = [l_{ij}] = (I - A)^{-1}$  é a matriz Inversa de Leontief; e  $y$  é o vetor de demanda final.

Esse modelo básico de insumo-produto é também chamado de modelo aberto de Leontief, no qual todas as variáveis de demanda final são exógenas e os choques decorrentes de variações na demanda final permitem o cálculo dos efeitos diretos e indiretos por meio dos encadeamentos produtivos.

Para o exercício pretendido utiliza-se o fechamento do modelo para as famílias, isto é, o consumo das famílias passa a ser endógeno. Esse procedimento é importante porque parte considerável da demanda pelo diesel é absorvida pelas famílias, e não apenas pelas atividades econômicas na forma de insumo produtivo. Portanto, no exercício de simulação de um possível desabastecimento, consideram-se os efeitos sobre a parcela do produto que é destinada às famílias.

Isso posto, segue-se o procedimento de endogenizar o consumo por meio de uma pequena modificação na matriz  $A$ , sendo adicionadas a ela uma linha e uma coluna. Os elementos da linha adicional correspondem ao coeficiente setorial de salários, e os elementos da coluna adicional correspondem às propensões médias a consumir associadas a cada uma das atividades da matriz. Em termos matriciais, o fechamento do modelo de insumo-produto pode ser representado como:

$$\bar{A} = \begin{bmatrix} A & \vdots & H_C \\ \dots & \dots & \dots \\ H_R & \vdots & h \end{bmatrix} \quad (1)$$

em que  $\bar{A}$  é a matriz de coeficientes técnicos, de ordem  $(n+1) \times (n+1)$ , com famílias incluídas;  $H_R$  (linha das famílias) é o n-ésimo elemento do vetor de coeficiente de insumos das famílias;  $H_C$  (coluna das famílias) é o n-ésimo elemento do vetor de coeficiente de consumo das famílias; e  $h = a_{n+1, n+1}$ . Assim, a solução do modelo fechado de Leontief pode ser definida como:

$$\bar{x} = (I - \bar{A})^{-1} \bar{y} \quad (2)$$

em que  $\bar{y}$  é o vetor de demanda final sem o consumo das famílias. Na medida em que o consumo é tratado de forma endógena, os componentes exógenos da demanda final referem-se às exportações de bens e serviços, consumo do governo, investimentos e variação de estoques. Portanto, a programação linear é utilizada para definir as mudanças no tamanho e na composição de demanda aplicadas ao modelo fechado de Leontief a fim de proporcionar maior valor possível de produção da economia.

A programação linear cumpre uma função importante nesse exercício, na medida em que possibilita a maximização do VBP total a partir de uma determinada restrição de oferta de diesel. Como a estrutura de insumo-produto garante sempre a identidade entre oferta e demanda de bens e serviços, o método de programação linear integrada ao modelo de insumo-produto permite calcular, a partir dos coeficientes setoriais de demanda por diesel (que são fixos), quais as mudanças necessárias na demanda final exógena que otimizam o VBP agregado. O modelo foi solucionado no Microsoft Excel. No caso da otimização, foi utilizado o *add in* do excel chamado *"solver"*.

Em termos matemáticos, pode-se especificar as simulações a partir da seguinte estrutura de equações:

$$\max \sum_j x_j \quad (3)$$

Sujeito às seguintes restrições:

$$(I - \bar{A})x \leq \bar{y} \quad (4)$$

$$\hat{d} \leq S_{Dr} \quad (5)$$

$$S_{Dr} \leq S_{Do} \quad (6)$$

em que  $\hat{d}$  corresponde à matriz diagonal com os coeficientes do diesel (nacional e importado) por unidade monetária de produção;  $S_{Do}$  corresponde ao volume do diesel efetivamente utilizado pelas atividades econômicas, ou seja, o consumo aparente do derivado, dado pelo somatório da produção e da importação, sendo subtraída a parcela exportada; e, finalmente,  $S_{Dr}$  diz respeito ao volume disponível de diesel após a consideração das hipóteses de desabastecimento.

Vale dizer que se pode modificar a função objetivo do exercício, maximizando em vez do VBP, outras variáveis, tais como Produto Interno Bruto (PIB), salários, impostos ou geração de postos de trabalho. Na apresentação dos resultados, apresentam-se algumas sensibilidades caso a variável a ser maximizada não seja o valor da produção, mas sim a geração de empregos.

A restrição relativa à oferta do diesel, assim como os coeficientes setoriais técnicos de uso do diesel, fora definida com base nos volumes físicos (em metros cúbicos). Dessa forma, os elementos da matriz diagonal  $\hat{d}$  referem-se ao volume requerido total de diesel por unidade monetária de produção de cada atividade da MIP. Com relação às restrições consideradas na oferta disponível de diesel, à luz do episódio da greve dos caminhoneiros, considera-se a hipótese de problemas na circulação interna do combustível em questão, impedindo o acesso das atividades econômicas e das famílias ao diesel. Essa hipótese remete às características da estrutura logística brasileira, a qual é extremamente dependente do modal rodoviário para o transporte de carga. Dessa forma, eventuais bloqueios no funcionamento deste modal impediriam que o diesel chegasse (predominantemente por caminhões) aos usuários finais.

A restrição na oferta disponível de diesel a ser considerada no exercício de simulação é calculada diretamente com base no consumo aparente, sendo estipulados 10 dias de desabastecimento com base na experiência vivenciada pelo país em 2018, durante a “greve dos caminhoneiros”, a qual provocou efeitos negativos expressivos principalmente em função da restrição do acesso das atividades e das famílias aos combustíveis. Em razão da elevada dependência do modal rodoviário, a restrição de acesso ao combustível pela paralisação de grande parte dos serviços de transporte provocou efeitos indiretos sobre a produção de demais atividades, em decorrência dos bloqueios à circulação dos múltiplos bens requeridos pelos processos produtivos.

Em suma, o exercício de simulação contrafactual proposto está baseado na utilização de uma estrutura de insumo-produto e de um vetor de coeficientes setoriais de uso do diesel para um determinado ano. A partir da análise de impacto de insumo-produto baseada em choques na demanda final exógena, os custos potenciais do desabastecimento resultam das diferenças encontradas entre os valores dos VBPs e PIBs setoriais (e, consequentemente, agregados) calculados para um mesmo ano antes e após os choques. Na medida em que o VBP de cada atividade está associado a um número de postos de trabalho (coeficiente setoriais de emprego), os custos de um desabastecimento serão também medidos em termos da perda potencial de postos de trabalho e, consequentemente, de aumento do desemprego.

Vale comentar sobre a utilização da hipótese, quando necessária, de restrições estipuladas para a variação percentual máxima da demanda final destinada a cada uma das atividades da matriz. Conforme mostrado mais adiante, sem essa hipótese, o processo de maximização do VBP tende a “penalizar” em excesso algumas poucas atividades. De outra forma, sem nenhuma restrição imposta sobre a variação da demanda final, é possível que o VBP ótimo total seja compatível com valores muito reduzidos (ou mesmo nulos) da demanda final exógena destinada a determinadas atividades econômicas, reduções estas que podem encontrar diversas barreiras, não apenas de ordem econômica, mas também sociais, políticas etc. Portanto, as simulações deste estudo assumiram tanto a hipótese de nenhuma restrição na variação da demanda final quanto a hipótese de variação máxima na demanda final.

### 3.1 Bases de dados e tratamento das variáveis

Para o desenvolvimento do estudo utilizaram-se dados físicos referentes aos fluxos de produção, importação e exportação de diesel extraídos da base da ANP. Como referência, assumiu-se o desabastecimento potencial estimado para 2015, tal ano, coincidentemente, detém a última MIP oficial brasileira, divulgada pelo IBGE (2018). Dessa forma, a estrutura do modelo utilizada para os exercícios de simulação baseou-se na MIP de 2015, a partir da qual os efeitos de encadeamento produtivo sobre a renda e o emprego decorrentes do choque na disponibilidade do diesel foram calculados.

Embora a MIP brasileira seja composta por 67 atividades, com propósito de simplificação trabalhou-se com uma MIP mais agregada. Foi feita a consolidação de algumas atividades prestadoras de serviços de modo que ao final os exercícios de simulação foram feitos com uma MIP de 45 atividades, além da “atividade” Famílias, inserida na MIP devido ao procedimento adotado de tornar o consumo das famílias endógeno.

A restrição imposta na oferta de diesel baseou-se no próprio volume de consumo aparente total desse derivado de petróleo no ano de 2015. Calcularam-se os impactos da falta de 1.968 metros cúbicos diários de diesel, o valor do choque imposto sobre a oferta de diesel para cada dia de desabastecimento.

No que se refere aos coeficientes técnicos setoriais de utilização total do diesel, partiu-se também da referência do consumo aparente agregado do diesel de 2015, que foi de 56.316.425<sup>1</sup> m<sup>3</sup>. A distribuição desse total entre as atividades econômicas e as famílias demandantes baseou-se nos dados monetários setoriais da MIP de 2015 referentes à absorção do produto “diesel-biodiesel”<sup>2</sup>. A partir desses valores foi construído um vetor de participações relativas das atividades econômicas na absorção do consumo aparente de diesel. Para o cálculo dos coeficientes, os volumes setoriais foram divididos pelos respectivos VBP no caso das atividades econômicas, e pela massa salarial, no caso das famílias. Todos os resultados estão referenciados ao ano de 2015, sendo os custos do desabastecimento resultantes das diferenças entre os valores estimados após os choques (de renda e de emprego) e os observados para esse mesmo ano.

## 4 Resultados e discussões

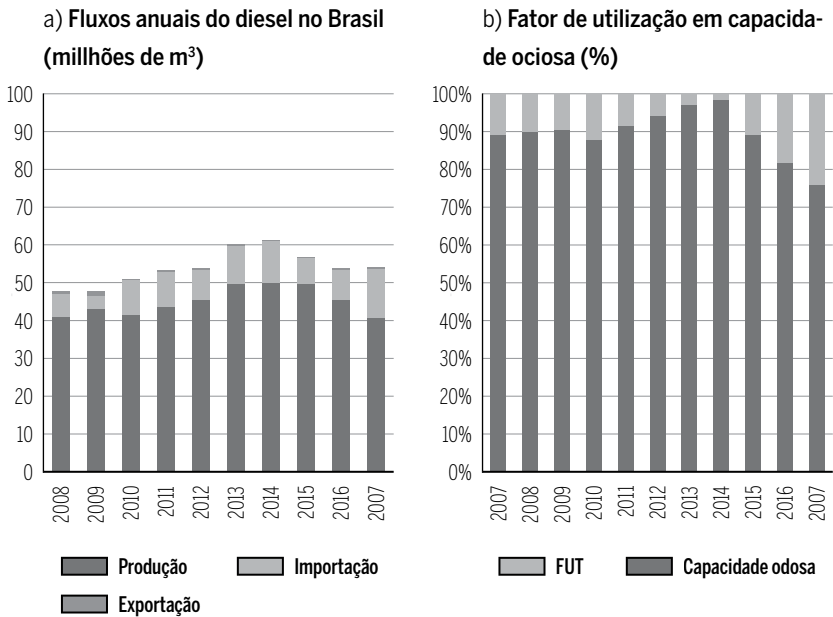
Antes da apresentação dos resultados das simulações, faz-se uma análise exploratória dos dados. Como mencionado, o foco deste artigo recai sobre o papel do diesel como insumo requerido em diversas etapas das cadeias produtivas existentes na economia brasileira. A falta desse produto

.....  
1 Este valor foi composto por uma produção de 49.457.609 m<sup>3</sup>, uma importação de 6.940.100 m<sup>3</sup> e um pequeno volume exportado de 81.284 m<sup>3</sup>.

2 Vale lembrar que o diesel vendido aos demandantes finais requer por lei um percentual de mistura de biodiesel, que atualmente é de 10%. Em 2015, ano de referência do estudo, o percentual era de 7%.

resultaria inicialmente em choques negativos na produção das atividades econômicas que demandam esses insumos em seus respectivos processos produtivos, os quais se propagariam para as demais atividades por meio das cadeias produtivas, impactando a produção, a renda e o nível de emprego, tanto em termos setoriais quanto agregados. A Figura 1 demonstra as séries históricas recentes dos fluxos de diesel e do fator de utilização das refinarias brasileiras respectivamente.

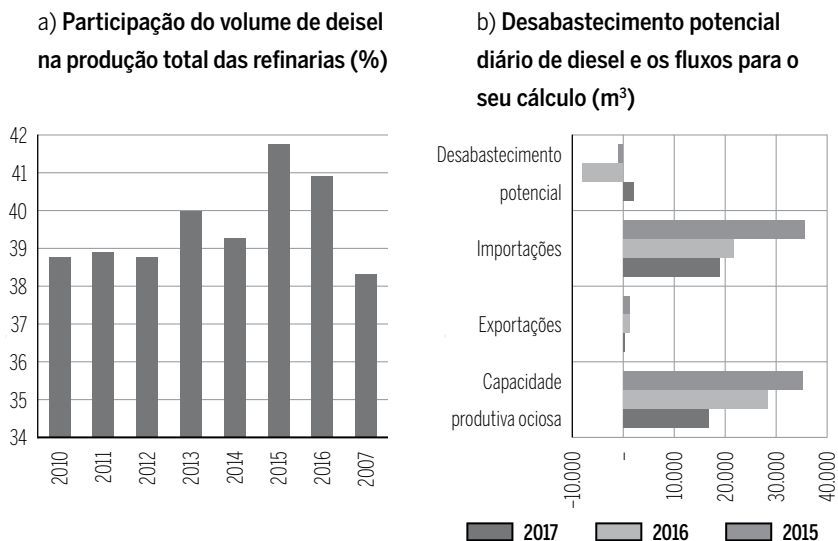
Figura 1 Séries históricas dos fluxos anuais e fator de utilização



Elaboração própria, com dados da ANP e Petrobras.

A Figura 1 retrata que nos anos de 2016/2017, principalmente, houve aumento mais expressivo no volume das importações de diesel, ao mesmo tempo que houve elevação na capacidade ociosa do parque de refino brasileiro. Destaque também para os reduzidos volumes de exportação de diesel pelo país, indicando que o tratamento das crises potenciais de desabastecimento de diesel recai principalmente na análise da capacidade ociosa *versus* os fluxos requeridos de importação. A Figura 2 revela a participação do diesel no volume total produzido pelas refinarias brasileiras.

Figura 2 Participação do diesel no volume total produzido e fluxos para o cálculo de desabastecimento



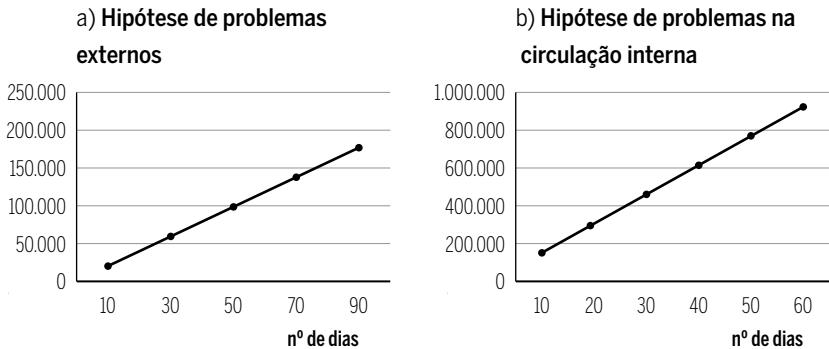
Fonte: Elaboração própria, com dados da ANP e Petrobras.

De acordo com o primeiro quadrante da Figura 2a, observa-se que a participação do diesel no volume total produzido pelas refinarias tem mostrado relativa estabilidade entre 38% e 42%. A Figura 2b apresenta outra hipótese de desabastecimento diferente daquela utilizada na simulação que norteou o presente trabalho.

Trata-se da possibilidade de um desabastecimento motivado por problemas externos, os quais impossibilitariam a chegada do diesel nos portos brasileiros. Nesse caso, haveria escassez de diesel mesmo com a plena utilização da capacidade produtiva e reversão das exportações para o mercado interno. Vale reforçar que esta é uma hipótese plausível de desabastecimento, mas não foi utilizada nas simulações apresentadas neste estudo. A opção pelo uso da hipótese de desabastecimento motivada por problemas internos de circulação, além de alinhada à experiência recente relativa à greve dos caminhoneiros, ocorre também em função dos maiores volumes envolvidos nas situações de restrição de oferta.

A Figura 3 ilustra o que aconteceria na hipótese de problemas externos (3a) e na hipótese de problemas na circulação interna (3b) com base nos dados de 2015.



Figura 3 Fluxo acumulado da falta de diesel (m<sup>3</sup>)

Fonte: Elaboração própria.

Ademais, vale dizer que em anos subsequentes, a hipótese de desabastecimento pelos referidos problemas externos tornou-se mais frágil. Nos anos de 2016 e 2017, a ocupação da capacidade ociosa seria suficiente para impedir uma crise de abastecimento de diesel na hipótese de problemas externos. Com relação à demanda setorial do diesel, a despeito de um uso difundido entre as atividades, denota-se elevada concentração em algumas delas, conforme pode ser verificado na Tabela 1.

Tabela 1 Vetor de distribuição da demanda de diesel e valores dos coeficientes técnicos de utilização

Atividades econômicas	% da Demanda	Coef_diesel (m <sup>3</sup> /VBP)
Agricultura	7,50%	13,7
Pecuária, inclusive o apoio à pecuária	2,30%	9,4
Produção florestal; pesca e aquicultura	0,40%	6,8
Extração de carvão mineral e de minerais não metálicos	0,50%	14,9
Extração de petróleo e gás	0,10%	0,5
Extração de minério de ferro	2,20%	23,8
Extração de minerais metálicos não ferrosos	0,80%	28,4
Abate e produtos de carne	1,50%	3,3
Fabricação e refino de açúcar	0,90%	10,2
Outros produtos alimentares	2,20%	4,9
Fabricação de bebidas	0,40%	2,9

(continua)

Tabela 1 (continuação)

<b>Atividades econômicas</b>	<b>% da Demanda</b>	<b>Coef. diesel (m<sup>3</sup>/VBP)</b>
Fabricação de produtos do fumo	0,00%	0,5
Fabricação de produtos têxteis	0,10%	1,5
Confecção de artefatos do vestuário e acessórios	0,10%	0,8
Fabricação de calçados e de artefatos de couro	0,10%	1,3
Fabricação de produtos da madeira	0,10%	1,1
Fabricação de celulose, papel e produtos de papel	0,30%	2,3
Impressão e reprodução de gravações	0,00%	0,6
Refino de petróleo e coquerias	0,00%	0
Fabricação de biocombustíveis	0,80%	10,9
Fabricação de químicos orgânicos e inorgânicos, resinas e elastômeros	0,70%	2,7
<b>Famílias</b>	<b>4,60%</b>	<b>1</b>
Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos	0,10%	1,3
Fabricação de produtos de borracha e de material plástico	0,50%	2,6
Fabricação de produtos de minerais não metálicos	0,80%	5,3
Produção de ferro-gusa/ferro-liga, siderurgia e tubos de aço	0,60%	3,3
Metalurgia de metais não ferrosos e a fundição de metais	0,10%	1,3
Fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos	0,20%	1,5
Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos	0,20%	1,1
Fabricação de máquinas e equipamentos elétricos	0,20%	1,5
Fabricação de máquinas e equipamentos mecânicos	0,20%	0,9
Fabricação de automóveis, caminhões e ônibus, exceto peças	0,70%	2,5
Fabricação de peças e acessórios para veículos automotores	0,10%	1
Fabricação de outros equipamentos de transporte, exceto veículos automotores	0,10%	1,4
Fabricação de móveis e de produtos de indústrias diversas	0,20%	1,5
Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos	0,10%	1,3
Energia elétrica, gás natural e outras utilidades	2,80%	6,1
Água, esgoto e gestão de resíduos	0,50%	4,5
<b>Construção</b>	<b>4,60%</b>	<b>4,1</b>
<b>Comércio por atacado e varejo</b>	<b>7,60%</b>	<b>3,9</b>
<b>Transporte terrestre</b>	<b>51,80%</b>	<b>87,7</b>
<b>Transporte aquaviário</b>	<b>0,30%</b>	<b>8,5</b>
<b>Transporte aéreo</b>	<b>0,10%</b>	<b>0,9</b>
<b>Outros serviços</b>	<b>2,10%</b>	<b>0,3</b>

Fonte: Elaboração própria.

A partir da Tabela 1 verifica-se que mais da metade do diesel (51,8%) foi absorvida pela atividade “Transporte terrestre”, seguida pelas atividades de “Comércio por atacado e varejo” (7,6%) e “Agricultura, inclusive apoio à agricultura e à pós-colheita” (7,5%) em 2015. As famílias, por sua vez, foram responsáveis por absorverem 4,6% do total de diesel. O valor mais elevado entre todos os coeficientes técnicos associados ao diesel também está associado à atividade “Transporte terrestre” (87,7 m<sup>3</sup> para cada R\$ 1 milhão de VBP). Chama atenção os elevados coeficientes de segmentos da indústria extrativa, a saber: a atividade “Extração de minerais metálicos não ferrosos” (28,4 m<sup>3</sup>/R\$ 1 milhão de VBP) e a “Extração de minério de ferro” (23,8 m<sup>3</sup>/R\$ 1 milhão de VBP).<sup>3</sup> O coeficiente técnico associado às famílias, por sua vez, resultou em 0,97 m<sup>3</sup>/R\$ 1 milhão de salários. A Tabela 2 apresenta os resultados da simulação decorrentes de problemas na circulação interna do diesel que impedissem seu uso pelos setores demandantes.

Tabela 2 **Impactos negativos das simulações do desabastecimento por 10 dias do óleo diesel em função de bloqueio na circulação interna, com maximização do VBP agregado**<sup>4,5</sup>

Variáveis (R\$ milhões)	Pré-choque	Pós-choque		Custos do desabastecimento	
	Estimado de 2015	Sem restrição na DF	Com restrição na DF (max. 15%)	Sem restrição na DF	Com restrição na DF (max. 15%)
VBP	10.226.869	10.103.351	10.057.516	-123.518	-169.353
PIB	5.155.601	5.098.148	5.079.322	-57.453	-76.427
Postos de trabalho	101.945.076	101.052.597	100.168.313	-892.479	-1.776.763

Fonte: Elaboração própria.

Como já mencionado anteriormente, a hipótese assumida neste artigo foi inspirada no episódio da “greve dos caminhoneiros” que ocorreu no país

3 É preciso lembrar que em 2015 os preços das *commodities* minerais encontravam-se em níveis deprimidos, o que afetou negativamente o VBP das referidas atividades da indústria extrativa mineral.

4 O Apêndice 2 mostra os impactos setoriais desagregados estimados a partir da hipótese de bloqueios na circulação de diesel.

5 O Apêndice 1 mostra as mudanças na demanda exógena em decorrência da restrição de oferta de diesel. Em uma coluna observam-se as variações quando não se estipula restrição, e em outra, as variações quando se impõe a restrição de 15%. Denota-se que quando não há restrições, a maximização do VBP exigiria uma retração de 100% na demanda final direcionada a algumas atividades econômicas, algo que seria, na prática, inviável.

no fim do mês de maio de 2018, a qual provocou crise de abastecimento por um período de 10 dias. Considerando que o consumo médio diário de diesel agregado da economia foi de 154.292 m<sup>3</sup>, a restrição de diesel inserida no modelo sob essa hipótese foi de 1.542.920 m<sup>3</sup>, o que significaria restrição de 2,74% no volume total observado e efetivamente utilizado pela economia brasileira em 2015.

A simulação, que não faz uso de nenhuma restrição relativa à queda da demanda final exógena e busca a maximização do VBP, levou a zero o valor da demanda destinada à “Extração de minerais metálicos não ferrosos” e à retração de 56,1% na demanda direcionada à “Extração de minério de ferro”. Na medida em que aqui também se utilizam os mesmos parâmetros que buscam captar o impacto das variações na demanda final exógena sobre os serviços de transporte e comércio, essas quedas estariam associadas à redução de 4,03% no caso da demanda pelo comércio e de 4,1% no caso das demandas pelo transporte terrestre, aquaviário e aéreo. Quanto aos impactos sobre o produto, tais modificações da demanda final exógena levariam à retração de R\$ 57,45 bilhões no PIB brasileiro, equivalente a 1,1% do PIB verificado em 2015. Quanto à desagregação dos impactos entre as remunerações do trabalho e do capital, os resultados mostram impactos mais expressivos sobre os lucros do que sobre os salários. Os primeiros sofreriam queda de R\$ 31,64 bilhões, enquanto os últimos, de R\$ 25,81 bilhões.

É interessante notar que quando a variação na demanda pelos bens da indústria extrativa atinge o minério de ferro, cuja produção é mais intensiva em capital do que a produção do alumínio, os efeitos sobre os lucros predominam em relação aos efeitos sobre os salários. Com relação aos impactos sobre o nível de emprego, essa simulação indicou redução de 892.479 postos de trabalho.

Na medida em que se insere o limite máximo de 15% para a variação da demanda setorial final exógena, os efeitos tornam-se ainda mais expressivos. Além da retração de 15% na demanda exógena direcionada às duas atividades já mencionadas da indústria extrativa mineral, a maximização do VBP levou a reduções dos mesmos 15% na demanda final voltada a outras 12 atividades econômicas da matriz. Entre essas, destacam-se os valores associados às *commodities* agropecuárias, alimentos,<sup>6</sup> biocombustí-

6 Envolvem as seguintes atividades: “Fabricação e refino de açúcar” e “Outros produtos alimentares”.

veis e produtos da siderurgia. Além disso, haveria também uma contração de 5,92% na demanda final exógena pela atividade de “Abate e produtos de carne, inclusive do laticínio e da pesca”. Como reflexo dessas quedas na demanda final, a demanda pelo comércio cairia 5,33% e as demandas pelo transporte terrestre, aquaviário e aéreo seriam reduzidas em 5,42%.

Sob essas condições, o PIB brasileiro seria negativamente impactado em R\$ 76,28 bilhões, o equivalente a cerca de 1,5% do PIB de 2015. A título comparativo, Vaz (2019), por meio de uma pesquisa descritiva e qualitativa, estimou o impacto da greve dos caminhoneiros em R\$ 15,9 bilhões, bem abaixo dos valores estimados aqui, que variam entre R\$ 57,4 e R\$ 76,4 bilhões. Uma possível explicação para isso é que, ao não considerar os efeitos indiretos e induzidos, Vaz (2019) estaria subestimando esses efeitos.

Efeitos ainda mais impressionantes ocorreriam no mercado de trabalho. A queda estimada no número de postos de trabalho chegaria a 1.776.763, o dobro da estimada na simulação na qual não há restrição para variações na demanda final. Isso ocorreria uma vez que atividades bastante intensivas em trabalho seriam fortemente impactadas, com destaque para as atividades agropecuárias, as quais apresentam os coeficientes de emprego mais elevados<sup>7</sup> da MIP de 2015. Em contrapartida, a despeito do forte impacto em atividades mais intensivas em trabalho, os efeitos sobre os lucros (redução de R\$ 41,98 bilhões) continuariam predominando em relação aos salários (redução de R\$ 34,3 bilhões).

A explicação fundamental para isso está no fato de os salários pagos nas referidas atividades, que são intensivas em trabalho, serem mais baixos. Os dados setoriais das Contas Nacionais mostram que os salários brutos médios anuais da “Agricultura”, “Pecuária” e “Produção florestal; pesca e aquicultura” verificados em 2015 foram de R\$ 4.374, R\$ 3.466 e R\$ 2.280, respectivamente. Já o salário bruto médio anual para o agregado da economia brasileira nesse mesmo ano foi bem superior a estes, de R\$ 26.210. Dessa forma, o impacto sobre a massa salarial decorrente da elevada retração dos postos de trabalho acabaria sendo amenizado. Convém, no entanto, ressaltar que no caso dessas atividades, em particular, é bastante relevante a figura do trabalhador autônomo, mostrando que o chamado

7 Os valores dos coeficientes de emprego das atividades de “Agricultura”, “Pecuária” e Produção floresta, pesca e aquicultura utilizados foram de 19,3, 45,3 e 29,8, respectivamente. Vale dizer que o coeficiente agregado médio da economia brasileira em 2015 mostra um valor de 10 postos de trabalho a cada milhão de VBP.

rendimento misto bruto apresenta valores mais expressivos na renda gerados por essas atividades. Como, por simplificação, tais rendimentos foram alocados como lucros para todas as atividades, é razoável supor que os efeitos sobre os salários estejam, em alguma medida, subestimados e sobre os lucros, sobrestimados.

Quanto à redução de postos de trabalho, é importante considerar que a demissão de trabalhadores no Brasil envolve custos significativos para as empresas, que podem incluir pagamento de rescisões contratuais, verbas rescisórias e indenizações (Candido; Santos; Tavares, 2019). Além disso, as empresas preferem manter seus funcionários treinados e qualificados sempre que possível, em vez de demiti-los. Portanto, a demissão em massa é uma medida extrema que as empresas geralmente evitam, a menos que enfrentem sérias dificuldades financeiras (Euzébios Filho, 2019). Outro ponto a ser considerado é que a legislação trabalhista no Brasil estabelece regras rígidas para as demissões em massa, incluindo a necessidade de negociação com sindicatos e órgãos governamentais, essas regulamentações buscam proteger os direitos dos trabalhadores e evitar demissões arbitrárias (Pereira, 2019).

Portanto, o cenário de redução de 800.000 a 1 milhão de empregos formais devido a um desabastecimento de curto prazo parece ser uma estimativa muito elevada e potencialmente superestimada, o que pode ser justificado pelas próprias hipóteses de construção do modelo de insumo-produto. A realidade seria mais complexa, com empresas adotando medidas como férias coletivas, redução de jornada de trabalho e outros ajustes antes de considerar demissões em grande escala. Ademais, a extensão do impacto no emprego dependeria das circunstâncias específicas, da duração do desabastecimento e da capacidade das empresas e do governo de implementar estratégias de mitigação. Logo, é importante interpretar tais resultados com a devida cautela.

## 5 Considerações finais

Este artigo buscou trazer contribuição para as reflexões sobre os custos socioeconômicos para o país de uma crise no desabastecimento do principal combustível demandado pela economia brasileira, o óleo diesel. A crise dos caminhoneiros de 2018 mostrou que o risco de desabastecimento

está não apenas na indisponibilidade física do produto, a qual deve ocorrer quando a dependência externa do produto importado é superior à capacidade de resposta da produção nacional, mas também por restrições ao acesso ao combustível por bloqueios na circulação interna, o que de fato ocorreu com a referida greve.

Os principais resultados mostram um impacto potencial de redução de R\$ 76,28 bilhões do PIB brasileiro, o equivalente a 1,5% do PIB de 2015. Do ponto de vista do mercado de trabalho, as estimativas mostram queda potencial que poderia atingir aproximadamente 1,8 milhões de postos de trabalho. Confirma-se, em geral, a realidade apresentada em 2018, na medida em que revelou impactos potenciais bilionários sobre a renda e impactos sociais bastante elevados. As simulações apresentadas neste artigo evidenciam alta vulnerabilidade da economia brasileira ao diesel, em particular na hipótese de bloqueios em sua circulação. Exercícios de análise prospectiva podem ajudar na elaboração de medidas alternativas de redução dessas vulnerabilidades. Nesse sentido, há uma agenda de pesquisa promissora de continuidade dos estudos sobre a evolução da dependência do diesel pela economia brasileira em diferentes cenários.

De todo modo, pode-se dizer que, caso o objetivo a ser perseguido, em uma situação de desabastecimento por entraves na circulação interna do combustível, fosse o de maximização do VBP agregado sem penalizar em demasia algumas poucas atividades, os impactos sociais e distributivos seriam significativos. Tais resultados vão ao encontro dos estudos que propõem uma visão prospectiva de transição energética, a qual poderia, a princípio, sugerir como implicação de política uma expansão do parque de refino brasileiro, o que poderia, de fato, reduzir o grau de vulnerabilidade e exposição da economia à falta de diesel. No entanto, há formas alternativas de busca pela diversificação e redução dessa vulnerabilidade, que possa, ao mesmo tempo, aumentar o grau de integração do Brasil à dinâmica de transição energética que vem ocorrendo ao redor do mundo, tais como incentivos à maior participação do biodiesel, investimentos na malha portuária nacional e em meios de transportes mais eficientes e limpos para escoamento dos combustíveis importados.

A utilização da programação linear integrada à matriz de insumo-produto para estimar impactos econômicos não é uma abordagem usual na literatura. Assim, esta análise também está sujeita a algumas limitações e desafios, especialmente porque determinadas complexidades da econo-

mia real são ignoradas podendo levar a resultados simplificados. O modelo assume funções de produção com retornos constantes de escala, preços constantes e ignora elasticidades de substituição entre insumos, o que, na prática, pode não refletir a realidade de todos os setores.

A escolha pela maximização do VBP como base para a definição dos choques implica fazer algumas suposições sobre como as mudanças na demanda final afetam a economia. Essas suposições podem não ser plenamente precisas em todos os cenários.

Para análises futuras, recomenda-se considerar as particularidades da economia estudada e, quando possível, combinar essa abordagem com outras metodologias para obter uma imagem mais completa e dinâmica das transformações econômicas. A despeito disso, a utilização da programação linear conjuntamente com a matriz insumo-produto mostrou-se uma ferramenta útil para estimar impactos econômicos desde que seus resultados sejam interpretados com parcimônia. De modo geral, apontaram-se, ainda, alguns dos fatores que não se pode perder de vista na análise prospectiva acerca dos custos potenciais de desabastecimento de combustíveis derivados de petróleo no país. Este estudo contribuiu para aclarar as condições mais recentes da economia brasileira, mas poderá contribuir ainda mais caso a ferramenta proposta auxilie na construção de um planejamento estratégico e energético de longo prazo capaz de reduzir a vulnerabilidade do país a problemas de abastecimento. Por fim, vale dizer que as estimativas apresentadas, bem como a metodologia, também poderão contribuir com as discussões técnicas.

## Referências

- ALBERTIN, L. L.; PREFEITO, L. F. B.; MAUAD, F. F. *O risco de desabastecimento energético, frente à retomada da economia brasileira*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, XVII., 2007. *Anais* [...].
- BARROSO, A. C.; SIMIONI, C. A. A eficácia do programa nacional de produção e uso de biodiesel entre 2004 e 2017: uma análise do marco lógico do PNPB. *Caderno da Escola Superior de Gestão Pública, Política, Jurídica e Segurança*, v. 3, n. 1, 2020.
- BICALHO, R.; TAVARES, F. B. Impactos do setor de petróleo na economia brasileira: grandes números do setor de petróleo e gás. *Instituto de Economia UFRJ*, p. 1-35, 2014.
- BORGES, R. Nove dias de greve dos caminhoneiros, bilhões de reais em prejuízo e más notícias para o PIB. *El País*. Disponível em: <<https://brasil.elpais.com/brasil/2018/05/29/>>



- economia/1527609161\_667090. Html>, 2018. Acesso em: 10 ago. 2023.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. *Relatório Final do Grupo de Trabalho Permanente do Sistema Nacional de Estoques de Combustíveis (SINEC) de 2013*. Brasília, DF: MME, 2013. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/publicacoes-1/sistema-nacional-de-estoques-de-combustiveis-sinec/documentos/relatorio-final-gtp-sinec-2013.pdf>>. Acesso em: 14 maio 2023.
- CANDIDO, R. L.; SANTOS, V. É. S.; TAVARES, F. B. R. O impacto econômico da greve dos caminhoneiros: uma análise jurídica, fática e econômica dos acontecimentos. *Research, Society and Development*, v. 8, n. 1, p. e4681638, 2019.
- CAVALCANTE FILHO, P. G.; BUAINAIN, A. M.; CUNHA, M. P. Avaliação dos impactos socioeconômicos da cadeia produtiva do biodiesel na agricultura familiar brasileira. *Estudos Econômicos (São Paulo)*, v. 51, p. 493-527, 2021.
- COLAVITE, A. S.; KONISHI, F. A matriz do transporte no Brasil: uma análise comparativa para a competitividade. *Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia*, v. 12, p. 28, 2015.
- DIEESE. *A escalada do preço dos combustíveis e as recentes escolhas do setor de petróleo*. Nota Técnica N. 194, 26 de maio de 2018. Disponível em: <<https://transformamp.com/nota-dieese-a-escalada-do-preco-dos-combustiveis-e-as-recentes-escolhas-da-politica-do-setor-de-petroleo/>>. Acesso em: 11 jul. 2013.
- DORFMAN, R.; SAMUELSON, P. A.; SOLOW, R. M. *Linear programming and economic analysis*. Courier Corporation, 1987.
- EUZÉBIOS FILHO, A. A crise de representatividade em dois tempos no Brasil atual: um olhar sobre a greve dos garis e dos caminhoneiros. *Revista Psicologia Política*, v. 19, n. 45, p. 186-201, 2019.
- FEIJÓ, C. A.; RAMOS, R. L. O. *Contabilidade social: a nova referência das contas nacionais do Brasil*. Campus, 2008.
- FLEXOR, G.; KATO, K. Y. M.; LIMA, M. S.; ROCHA, B. N. Dilemas institucionais na promoção dos biocombustíveis: o caso do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel no Brasil. *Cadernos do Desenvolvimento*, v. 6, n. 8, p. 329-354, 2018.
- FRANCOIS, J.; REINERT, K. *Applied methods for trade policy analysis*. Cambridge University Press, 1998.
- HOOKE, J. N. *Effect of a sudden fuel shortage on freight transport in the United States: an overview*. United States, 1980.
- IBGE. *Matriz de insumo-produto: Brasil: 2015/IBGE*, Coordenação de Contas Nacionais. Rio de Janeiro: IBGE, 2018.
- KREUZ, L. R. C.; JURUENA, C. G. Greve dos caminhoneiros e crise de abastecimento no Brasil: infraestrutura, neoliberalismo e o desmonte do Estado social. *Revista Eurolatinoamericana de Derecho Administrativo*, v. 5, n. 1, p. 85-104, 2018.
- LUCENA, T. K.; YOUNG, C. E. F. *Biodiesel e geração de emprego e renda: uma análise de insumo-produto*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO, VI., Salvador, Brasil. 2008.
- MILLER, R. E.; BLAIR, P. D. *Input-output analysis: Foundations and extensions*. Cambridge University Press, 2009.

- MONTOYA, M. A.; PASQUAL, C. A.; LOPES, R. L.; GUILHOTO, J. J. M. As relações inter-setoriais do setor energético no crescimento da economia brasileira: uma abordagem insumo-produto. *Núcleo de Economia Regional e Urbana da Universidade de São Paulo*, 2013.
- MOREIRA, J. R. C. *A sustentabilidade ambiental da produção de biodiesel no Brasil—uma revisão de estudos de avaliação de ciclo de vida*. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <<https://pantheon.ufrj.br/handle/11422/16469>>. Acesso em: 15 jul. 2023.
- MOURA, H. N.; LEMOS NETO, J. B.; SANTOS, V. E. S.; TAVARES, F. B. R. Resultantes da greve dos caminhoneiros (2018): um hibridismo de estatística bilionária e o óleo diesel em face à macroeconomia. *Research, Society and Development*, v. 8, n. 7, p. e50871164, 2019.
- MOUETTE, D.; MACHADO, P. G.; FRAGA, D.; PEYERL, D.; BORGES, R. R.; BRITO, T. L. F.; SHIMOMAEBARA, L. A.; SANTOS, E. M. Costs and emissions assessment of a Blue Corridor in a Brazilian reality: The use of liquefied natural gas in the transport sector. *Science of the Total Environment*, v. 668, p. 1.104-1.116, 2019.
- NEVES, T. J.; HARDER, M. N. C. Diesel verde: a nova era dos biocombustíveis em uma revisão. *Bioenergia em Revista: Diálogos* (ISSN: 2236-9171), v. 11, n. 2, 2021.
- NOLAND, R. B.; POLAK, J. W.; BELL, M. G. H.; THORPE, N. How much disruption to activities could fuel shortages cause? The British fuel crisis of September 2000. *Transportation*, v. 30, p. 459-481, 2003.
- NUNES, B. R. F. *Avaliação da aplicabilidade técnica da utilização de misturas diesel-óleo de soja em motores a diesel*. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química do Petróleo) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2021.
- OLIVEIRA, R. S. *Análises e projeções do mercado brasileiro de diesel até 2026*. 2017.
- PARCHEN, C. E.; SAVARIEGO, T. O processo de tomada de decisão dos consumidores no caso do desabastecimento de combustíveis no Brasil. *Percurso*, v. 3, n. 26, p. 70-76, 2018.
- PEREIRA, D. H. Paralisação e movimento(s): sentidos de greve no Brasil em maio de 2018. *Entretemos: Revista de Estudos do Discurso*, Pouso Alegre, v. 19, n. 19, p. 19-34, 2019.
- ROTAVA, J. *A política brasileira de preços dos combustíveis: uma análise a partir de experiências internacionais*. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Ciências Econômicas) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <<https://pantheon.ufrj.br/handle/11422/11809>>. Acesso em: 20 jul. 2023.
- SANTOS, L. *Otimização do valor de produção no Brasil com restrição de emissão de gases de efeito estufa, a partir de uma análise insumo-produto*. 2014. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.
- SILVA, L. L.; PAULA, E.; CHAVES, S. Análise da variação dos preços da cesta básica antes e depois da greve dos caminhoneiros no Brasil em 2018. *Revista de Empreendedorismo e Gestão de Micro e Pequenas Empresas*, v. 5, n. 01, p. 1-15, 2020.
- SILVA, T. C. A. *<sup>14</sup>C e a espectrometria de massa com aceleradores como ferramenta para avaliar a contaminação de corpos hídricos por combustíveis fósseis derivados de petróleo*. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Química Industrial) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2019.
- SILVESTRINI, M. M. *Impactos econômicos globais da redução das emissões de gases de efeito estufa*.

2018. Dissertação de Mestrado (Pós-Graduação em Economia) – Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2018.
- SOUZA, K. B.; RIBEIRO, L. C. S.; PEROBELLI, F. S. Reducing Brazilian Greenhouse Gas Emissions: Scenario Simulations of Targets and Policies. *Economic Systems Research*, v. 28, n. 4, p. 482-496, 2016.
- SOUZA, Y. M.; RODRIGUES, L.; AMARAL, D. F. Análise espacial da demanda por diesel nos estados brasileiros. *Revista de Economia e Agronegócio*, v. 19, n. 1, p. 1-26, 2021.
- TAVARES, A. O direito ao abastecimento nacional e a distribuição de combustíveis. *Novos Estudos Jurídicos*, v. 27, n. 1, p. 127-145, 2022.
- VAZ, M. S. F. *Os impactos da greve dos caminhoneiros de 2018 a luz da teoria econômica*. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Ciências Contábeis) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.
- YUUK, P. Y.; CONEJERO, M. A.; NEVES, M. F. Avaliação dos impactos econômicos da produção de biodiesel no Brasil. *Organizações Rurais & Agroindustriais*, v. 9, n. 1, p. 53-68, 2007.

### Sobre os autores

*Thiago de Moraes Moreira – thiago\_m2000@yahoo.com.br*

Economista da Petrobras, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Professor de pós-graduação do IBMEC, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Professor de pós-graduação do ESPM, São Paulo, SP, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6042-1099>.

*Luiz Carlos de Santana Ribeiro – ribeiro.luiz84@gmail.com*

Programa Acadêmico de Pós-Graduação em Economia, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6374-3811>.

*Samia Mercado Alvarenga – samia\_alvarenga@hotmail.com*

Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4192-9898>.

### Agradecimentos

Os autores agradem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) o suporte a esta pesquisa.

### Contribuições dos autores

Thiago de Moraes Moreira: coleta de dados, análise de dados, escrita do texto.

Luiz Carlos de Santana Ribeiro: análise de dados, escrita do texto.

Samia Mercado Alvarenga: escrita do texto.

### Sobre o artigo

Recebido em 11 de agosto de 2023. Aprovado em 04 de março de 2024.

## APÊNDICE

Tabela A1 Vetor de choques da demanda final exógena

Atividades econômicas	Original	Pós-choque sem restrição	Variação (%)	Pós-choque com restrição	Variação (%)
Agricultura, inclusive o apoio à agricultura e a pós-colheita					
Pecuária, inclusive o apoio à pecuária					
Produção florestal; pesca e aquicultura					
Extração de carvão mineral e de minerais não metálicos					
Extração de petróleo e gás, inclusive as atividades de apoio					
Extração de minério de ferro, inclusive beneficiamentos e a aglomeração					
Extração de minerais metálicos não ferrosos, inclusive beneficiamentos					
Abate e produtos de carne, inclusive os produtos do laticínio e da pesca					
Fabricação e refino de açúcar					
Outros produtos alimentares					
Fabricação de bebidas					
Fabricação de produtos do fumo					
Fabricação de produtos têxteis					
Confecção de artefatos do vestuário e acessórios					
Fabricação de calçados e de artefatos de couro					
Fabricação de produtos da madeira					
Fabricação de celulose, papel e produtos de papel					
Impressão e reprodução de gravações					
Refino de petróleo e coquearias					
Fabricação de biocombustíveis					
Fabricação de químicos orgânicos e inorgânicos, resinas e elastômeros					
Fabricação de defensivos, desinfetantes, tintas e químicos diversos					
Fabricação de produtos de limpeza, cosméticos/perfumaria e higiene pessoal					

(continua)

Tabela A1 (continuação)

<b>Atividades econômicas</b>	<b>Original</b>	<b>Pós-choque sem restrição</b>	<b>Variação (%)</b>	<b>Pós-choque com restrição</b>	<b>Variação (%)</b>
Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos					
Fabricação de produtos de borracha e de material plástico					
Fabricação de produtos de minerais não metálicos					
Produção de ferro-gusa/ferro-liga, siderurgia e tubos de aço sem costura					
Metalurgia de metais não ferrosos e a fundição de metais					
Fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos					
Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos					
Fabricação de máquinas e equipamentos elétricos					
Fabricação de máquinas e equipamentos mecânicos					
Fabricação de automóveis, caminhões e ônibus, exceto peças					
Fabricação de peças e acessórios para veículos automotores					
Fabricação de outros equipamentos de transporte, exceto veículos automotores					
Fabricação de móveis e de produtos de indústrias diversas					
Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos					
Energia elétrica, gás natural e outras utilidades					
Água, esgoto e gestão de resíduos					
Construção					
Comércio por atacado e varejo					
Transporte terrestre					
Transporte aquaviário					
Transporte aéreo					
Outros serviços					

Fonte: *Elaboração própria.*

Tabela A2 Efeitos totais com maximização do VBP agregado (continua)

Atividades Econômicas	Impacto sobre o PIB (R\$ milhões)		Impacto sobre o n° de postos de trabalho	
	Sem restrição na DF	Com restrição na DF (max. 15%)	Sem restrição na DF	Com restrição na DF (max. 15%)
Agricultura	-72	-72	-2.650	-2.616
Pecuária, inclusive o apoio à pecuária	-36	-36	-3.154	-3.120
Produção florestal; pesca e aquicultura	-14	-14	-562	-557
Extração de carvão mineral e de minerais não metálicos	-3	-3	-46	-44
Extração de petróleo e gás	-72	-70	-67	-65
Extração de minério de ferro	-4	-487	-9	-1.025
Extração de minerais metálicos não ferrosos	-647	-406	-4.937	-3.100
Abate e produtos de carne	-23	-23	-414	-410
Fabricação e refino de açúcar	-4	-4	-103	-101
Outros produtos alimentares	-29	-29	-741	-733
Fabricação de bebidas	-15	-15	-127	-127
Fabricação de produtos do fumo	-2	-2	-6	-6
Fabricação de produtos têxteis	-9	-9	-429	-420
Confeção de artefatos do vestuário e acessórios	-18	-18	-1.253	-1.241
Fabricação de calçados e de artefatos de couro	-7	-7	-260	-257
Fabricação de produtos da madeira	-4	-4	-158	-157
Fabricação de celulose, papel e produtos de papel	-11	-11	-95	-95
Impressão e reprodução de gravações	-6	-6	-148	-148
Refino de petróleo e coquerias	-56	-54	-36	-34
Fabricação de biocombustíveis	-8	-8	-102	-99
Fabricação de químicos orgânicos e inorgânicos, resinas e elastômeros	-16	-15	-63	-59
Fabricação de defensivos, desinfestantes, tintas e químicos diversos	-11	-10	-67	-62
Fabricação de produtos de limpeza, cosméticos/perfumaria e higiene	-6	-6	-97	-97
Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos	-14	-14	-61	-60
Fabricação de produtos de borracha e de material plástico	-17	-18	-290	-301
Fabricação de produtos de minerais não metálicos	-8	-8	-184	-181

(continua)

Tabela A2 (continuação)

Atividades Econômicas	Impacto sobre o PIB (R\$ milhões)		Impacto sobre o n° de postos de trabalho	
	Sem restrição na DF	Com restrição na DF (max. 15%)	Sem restrição na DF	Com restrição na DF (max. 15%)
Produção de ferro-gusa/ferro-ligas, siderurgia e tubos de aço	-11	-10	-64	-57
Metalurgia de metais não ferrosos e a fundição de metais	-7	-6	-57	-47
Fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos	-28	-27	-590	-567
Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos	-6	-6	-59	-58
Fabricação de máquinas e equipamentos elétricos	-8	-8	-109	-106
Fabricação de máquinas e equipamentos mecânicos	-38	-37	-416	-407
Fabricação de automóveis, caminhões e ônibus, exceto peças	-8	-8	-63	-63
Fabricação de peças e acessórios para veículos automotores	-9	-9	-142	-141
Fabricação de outros equipamentos de transporte, exceto veículos automotores	-3	-3	-28	-27
Fabricação de móveis e de produtos de indústrias diversas	-19	-19	-466	-463
Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos	-44	-38	-1.015	-870
Energia elétrica, gás natural e outras utilidades	-91	-89	-164	-160
Água, esgoto e gestão de resíduos	-31	-30	-424	-421
Construção	-38	-40	-1.096	-1.166
Comércio por atacado e varejo	-685	-689	-18.858	-18.954
Transporte terrestre	-176	-173	-4.550	-4.495
Transporte aquaviário	-13	-13	-90	-90
Transporte aéreo	-7	-8	-61	-62
Outros serviços	-1.586	-1.623	-24.831	-25.403
<b>Total</b>	<b>-3.921</b>	<b>-4.181</b>	<b>-69.143</b>	<b>-68.675</b>

Fonte: Elaboração própria.