

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS *CAMPUS* SOROCABA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E GESTÃO EM TECNOLOGIA  
CURSO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS

NATALIA MOURA DE PAULA

**EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA E SEU IMPACTO NO  
MERCADO DE TRABALHO BRASILEIRO: UMA ANÁLISE INSUMO-  
PRODUTO**

Sorocaba - SP  
2023

NATALIA MOURA DE PAULA

**EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA E O MERCADO DE  
TRABALHO BRASILEIRO: UMA ANÁLISE INSUMO-PRODUTO**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Centro de Ciências  
em Gestão e Tecnologia da  
Universidade Federal de São  
Carlos, *campus* Sorocaba, para  
obtenção do título de bacharel em  
Ciências Econômicas.

Orientador: Profa. Maria Aparecida  
Silva Oliveira

Sorocaba - SP  
2023

## FICHA CATALOGRÁFICA

Paula, Natalia Moura de  
Redução das emissões de carbono e seu impacto no mercado de trabalho brasileiro: uma análise insumo-produto / Natalia Moura de Paula -- 2023.  
76f.  
TCC (Graduação) - Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba  
Orientador (a): Maria Aparecida Silva Oliveira  
Banca Examinadora: Mariusa Momenti Piteli, Carlos Eduardo Espinel Campos  
Bibliografia  
1. Efeito estufa. 2. Insumo-produto. 3. Mercado de trabalho. I. Paula, Natalia Moura de. II. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

NATALIA MOURA DE PAULA

**EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA E O MERCADO DE  
TRABALHO BRASILEIRO: UMA ANÁLISE INSUMO-PRODUTO**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Centro de Ciências  
em Gestão e Tecnologia da  
Universidade Federal de São  
Carlos, *campus* Sorocaba, para  
obtenção do título de bacharel em  
Ciências Econômicas.

Orientadora

---

Profa. Dra. Maria Aparecida Silva Oliveira  
Universidade Federal de São Carlos

Examinadora

---

Profa. Dra. Mariusa Momenti Pitelli  
Universidade Federal de São Carlos

Examinador

---

Mestre em Economia Carlos Eduardo Espinel Campos  
Universidade Federal de Viçosa

*À memória do meu avô Newton de Paula*

## AGRADECIMENTOS

A minha graduação pode ser resumida em uma frase: “Quem caminha sozinho pode até chegar mais rápido... Mas aquele que vai acompanhado, chega mais longe”. Assim, tenho muitas pessoas a agradecer.

Em primeiro lugar, agradeço a Deus e aos meus anjos por terem me guiado durante todos estes anos.

Aos meus pais e irmãos, que foram meus pilares e porto seguro em momentos difíceis. Sempre me dando suporte para realizar todos os meus sonhos.

Ao Nicolas, meu namorado, por ser meu fã número um e sempre acreditar em mim.

À Profa. Dra. Maria Aparecida, pelas inspiradoras aulas de macroeconomia, por ter me orientado neste trabalho final e pelo exemplo de profissionalismo.

Ao corpo docente do Departamento de Economia da UFSCar, pela dedicação e suporte aos alunos.

Por fim, aos meus amigos e colegas, que tornaram esta jornada mais leve e cômica, em especial Ana Julia Carbonera, Lara Farina, Isadora Meier, Laura Rodrigues, Ana Julia Toledo, Grupo Jacaré, Naila Lima, Leonardo Costa e Julia Pessa.

## RESUMO

As mudanças na composição físico-química da atmosfera terrestre, em decorrência do aumento da emissão de gases poluentes, são motivo de preocupação para a viabilidade da presença humana no planeta. Oriundos, majoritariamente de fonte antropológicas, os gases de efeito estufa (GEE) têm causado elevação da temperatura terrestre e originado relevantes mudanças climáticas. Apesar da importância da temática, no Brasil, há poucos estudos que abordam a interrelação entre o mercado de trabalho brasileiro e o meio ambiente. Desta forma, o presente estudo tem o propósito de analisar a relação entre as emissões de poluentes e o desempenho econômico. Entretanto, para um estudo mais específico do tema, na análise do desempenho econômico, a pesquisa se concentrará no estudo do nível de emprego. A metodologia empregada consistiu-se no Modelo de Leontief, a partir das matrizes de insumo-produto estimadas para o Brasil, no ano de 2018, e dados do Sistema de Estimativa de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG). Os resultados obtidos permitiram identificar que, sem mudanças tecnológicas, a redução das emissões de carbono via contração da atividade dos setores mais poluentes por vaga de ocupação causaria efeitos indiretos mais expressivos que os diretos, uma vez que estes setores possuem multiplicadores de emprego elevado, principalmente o Energético.

**Palavras-chave:** Gases de Efeito Estufa; Emissões; Insumo-Produto; Mercado de Trabalho.

## **ABSTRACT**

The changes in the physical-chemical composition of the Earth's atmosphere due to the increase in pollutant emissions are a cause for concern for the viability of human presence on the planet. Originating mostly from anthropogenic sources, greenhouse gases (GHG) have caused a rise in global temperatures and resulted in significant climate changes. Despite the importance of the subject, there are few specific studies in Brazil to analyze the interrelationship between the labor market and the environment. Therefore, this study aims to analyze the relationship between pollutant emissions and economic performance. However, for a more specific study of the subject, in the analysis of economic performance, the research will focus on the study of employment levels. The methodology used consisted of the Leontief Model, based on the input-output matrices estimated for Brazil in 2018, and data from the Sistema de Estimativa de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG). The results obtained allowed to identify that, without technological changes, the reduction of carbon emissions via the contraction of the most polluting sectors' activity per existing job vacancy would cause more significant indirect effects than direct ones, since these most polluting sectors have high employment multipliers, mainly the Energy sector.

**Keyword:** Emissions, Greenhouse Gases, Input-Output, Labor Market.

## LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1. Quatro setores que mais emitiram poluentes entre 2010 e 2018 no Brasil
- Gráfico 2. Três setores que emitiram poluentes entre 2010 e 2018
- Gráfico 3. Gerador de emissão dos setores econômicos no Brasil em 2018 ( $MtCO_2$  por R\$ 1 milhão produzido pelo setor)
- Gráfico 4. Gerador de emprego dos setores econômicos - Vagas trabalhistas por milhão de reais produzidos (2018)
- Gráfico 5. Relação entre emissão direta e indireta de poluentes e geração direta e indireta de empregos
- Gráfico 6. Razão entre os geradores de emissões e empregos ( $tCO_2$  e por vaga de trabalho)
- Gráfico 7. Índice de Ligação de Hirschman e Rasmussen (ILT) e Índice de Ligação de Gosh (ILF) baseados nas emissões ao longo da cadeia
- Gráfico 8. Índice de Ligação de Hirschman e Rasmussen (ILT) e Índice de Ligação de Gosh (ILF) baseado nas atividades econômicas

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Diferença dos impactos projetados de emissão de  $CO_2$
- Tabela 2. Setores da economia brasileira considerados na análise
- Tabela 3. Classificação setorial segundo os índices de ligação
- Tabela 4. Classificação setorial segundo os índices de ligação que se baseiam nas emissões
- Tabela 5. Emissões de gases de efeito estufa ( $tCO_2e$  GWP – AR5) dos setores da economia brasileira, em 2018
- Tabela 6. Números de ocupações totais por setor no Brasil em 2018
- Tabela 7. Ranqueamento dos setores por volume de emissões geradas ( $MtCO_2$ ) a cada vaga trabalhista
- Tabela 8. Agrupamento dos setores com base na intensidade das emissões por vaga trabalhista
- Tabela 9. Indicadores de emissão de poluentes e vagas trabalhistas por setor
- Tabela 10. Indicadores de emissão de poluentes e vagas trabalhistas por setor
- Tabela 11. Indicadores de emissão de poluentes e vagas trabalhistas por setor
- Tabela 12. Coeficientes de variação para trás (CVT) e para frente (CVF)
- Tabela 13. Soma dos indicadores de Gerador de Emprego e de Emissão para cada grupo

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	12
1.1	OBJETIVOS	14
1.2	HIPÓTESES	14
1.3	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	15
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b>	16
2.1	MEIO AMBIENTE E EMISSÃO DE CARBONO	16
2.2	ECONOMIA, MEIO-AMBIENTE E EMISSÃO DE CARBONO	20
2.3	DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E DESEMPREGO	24
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	28
3.1	BASES DE DADOS	28
3.2	AGREGAÇÃO E COMPATIBILIZAÇÃO	29
3.3	MATRIZ INSUMO-PRODUTO	30
3.4	MULTIPLICADORES E GERADORES EM UM MODELO ABERTO	34
3.4.1	<b>Ocupações trabalhistas – Emprego</b>	34
3.4.2	<b>Emissão de Gases de Efeito Estufa</b>	35
3.4.3	<b>Emissão de gases de efeito estufa por vagas trabalhistas</b>	36
3.5	ÍNDICE DE LIGAÇÃO	36
3.5.1	<b>Índice de Rasmussen e Hirschman</b>	37
3.5.2	<b>Índice de Ligação de Ghosh</b>	37
3.5.3	<b>Interpretação dos índices de ligação</b>	38
3.5.4	<b>Coefficientes de variação de dispersão</b>	38
3.6	ÍNDICES DE LIGAÇÃO PARA EMISSÕES	39
3.6.1	<b>Índice de Rasmussen e Hirschman para Emissões</b>	40
3.6.2	<b>Índice de Ligação de Ghosh para Emissões</b>	40
3.6.3	<b>Interpretação dos Índices de Ligação para Emissões</b>	40
3.6.4	<b>Coefficientes de variação de dispersão para Emissões</b>	42
<b>4</b>	<b>DISCUSSÃO DE RESULTADOS</b>	43
4.1	INTENSIDADE DE CARBONO POR TRABALHADOR EM CADA SETOR	45
4.2	SETORES COM MAIORES E MENORES NÚMEROS DE EMPREGO POR TONELADA DE GASES EMITIDOS EM 2018	50
4.2.1	<b>Grupo 1</b>	51
4.2.2	<b>Grupo 2</b>	52
4.2.3	<b>Grupo 3</b>	53

4.3	IMPACTOS POSSÍVEIS NO MERCADO DE TRABALHO CASO OCORRA VARIAÇÕES DE EMISSÃO DE POLUENTES .....	54
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>59</b>
	REFERÊNCIAS .....	62
	APÊNDICES.....	67

## 1 INTRODUÇÃO

O aquecimento global que decorre das atividades humanas prejudica as perspectivas futuras de um ambiente equilibrado para a vida biológica e pode ser causador de eventos meteorológicos incomuns (JOACHIM, 2006). Além disso, este é um tema em destaque desde o protocolo assinado em Quioto<sup>1</sup>, em 1997. Portanto, é sabido que algumas atitudes precisam ser tomadas para mitigar o aumento da temperatura terrestre, a qual foi elevada em +0,7°C no último século (IPCC, 2007).

O aumento da temperatura média da superfície global é provocado por acontecimentos internos e/ou externos. Os fatores internos estão correlacionados à sistemas climáticos caóticos não lineares, ou seja, fenômenos inconstantes, como a atividade solar e a composição físico-química da atmosfera. Os elementos externos, por sua vez, são antropogênicos e relacionados a emissões de GEE majoritariamente por queima de combustíveis fósseis, indústrias, refinarias e queimadas. (SILVA; DE PAULA, 2009). A elevação recente da temperatura mundial está associada à fatores externos que, de acordo com o ClimateWatch (2018), são oriundos principalmente do setor de energia, sendo ele responsável por 73% das emissões mundiais.

Dentro da composição global, o Brasil está posicionado em quarto lugar no ranking mundial de emissões de GEE (Carbon Brief, 2021). Portanto, nota-se a importância da implementação de medidas a fim de atenuar as emissões no âmbito nacional. Com este objetivo, o governo brasileiro declarou na COP26 (26ª Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas) que em 2050 o país deverá atingir a neutralidade de carbono. Ou seja, momento no qual todas as emissões são reduzidas ao máximo e as restantes são compensadas por captura de carbono da atmosfera. O governo planeja reduzir as emissões a partir de políticas governamentais mais rígidas no controle da emissão de gás carbônico e expansão da energia renovável (Planalto, 2021).

Contudo, algumas medidas de controle de emissões têm capacidade de refletir, negativamente, no desempenho da economia. Do ponto de vista

---

<sup>1</sup> O protocolo de Quioto foi um acordo ambiental fechado durante a 3ª Conferência das Partes da Convenção das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, realizada em Kyoto, Japão, em 1997. O acordo foi o primeiro tratado internacional para controle da emissão de gases de efeito estufa na atmosfera (Ministério do Meio Ambiente).

econômico, as cadeias produtivas, de forma geral, podem gerar resíduos ao meio ambiente, como a emissão de poluentes atmosféricos. Portanto, pode existir uma correlação positiva entre crescimento econômico e aumento de emissão de poluentes, sendo um desafio amenizar ou reduzir as emissões na atmosfera sem afetar variáveis importantes da economia (Motta, 1997).

Na relação entre renda, consumo de energia e emissões existe uma forte causalidade bidirecional. Portanto, na ausência de políticas nacionais de eficiência e sustentabilidade energética, a redução de emissões causa um efeito negativo no crescimento econômico (PAO, 2011). E, por consequência, impactam outras variáveis econômicas. Em escala global, a estabilização das emissões de carbono pode custar uma queda de 4% no PIB mundial por ano (WEYANT, 1993).

Pode-se assumir que todas as emissões estão linearmente relacionadas ao nível de produção. Consecutivamente, as restrições sobre as emissões impactarão, sem exceção, de forma equivalente na produção do setor restrito (HILGEMBERG, 2004).

Por outro lado, pela hipótese de CKA (Curva de Kuznets Ambiental), o movimento de expansão das emissões relacionado ao aumento da produção do país só acontece até determinados pontos de inflexão da renda per capita. Analisando os países do BRICs (Brasil, Rússia, China, Índia e África do Sul), os pontos de inflexão seriam US\$ 2.033,89 e US\$ 2.057,61. Uma renda per capita<sup>2</sup> superior aos pontos de inflexão reduz marginalmente o nível das emissões (CASTRO, 2017).

Tendo em vista que a solução das emissões, ou pelo menos parte dela, está bastante relacionada com a economia, o estudo da relação entre desempenho econômico e questões ambientais relacionadas às emissões de carbono tem uma importância significativa para a sociedade (FORSSELL; POLENSKE, 1998).

Dado que, historicamente, o menor crescimento econômico brasileiro comprometeu a geração de empregos e resultou na ampliação do desemprego e dos postos de trabalho informal (POCHMANN, 2015), o controle das emissões tem relativa capacidade de impactar o emprego no Brasil, caso a redução de

---

<sup>2</sup> Em 2017, o PIB per capita brasileiro era em torno de US\$ 7.507,16 (Banco Mundial).

poluentes reflita em uma economia desacelerada.

## 1.1 Objetivos

A partir dos fatores apresentados, o propósito deste trabalho será analisar a relação entre as emissões de poluentes e o desempenho econômico. Entretanto, para um estudo mais específico do tema, a pesquisa se concentrará no estudo do nível de emprego no âmbito do desempenho econômico.

Portanto, o objetivo deste trabalho é analisar como as emissões de GEE e o mercado de trabalho brasileiro. Ademais, os objetivos específicos consistem em:

- (i) identificar a intensidade de carbono<sup>3</sup> por trabalhador em cada setor;
- (ii) analisar os setores com maiores e menores números de ocupações por tonelada emitida; e
- (iii) identificar como uma variação das emissões poderia impactar o mercado de trabalho.

## 1.2 Hipóteses

Compreender quais processos econômicos e sociais geraram emissões no passado de determinado país ou região é parte fundamental para entender e projetar políticas eficazes na redução de emissões futuras (LENZEN; SCHAEFFER; KARSTENSEN; PETERS, 2013).

O controle da poluição atmosférica atingirá maior eficiência com a implementação de políticas de regulamentação ambiental. Entretanto, no que se refere a regulamentação, políticas restritivas podem impactar o desempenho macroeconômico. A taxação de produtos e serviços com alta emissão agregada aumenta os preços dos produtos e, por consequência, reduz a quantidade ofertada. A redução da oferta, por sua vez, diminui a intensidade do uso de fatores de produção, como trabalho e capital, o que vislumbra o cenário de desemprego, principalmente se o setor poluidor for identificado como dinâmico em termos de ligação para trás e frente (MATA, 2001). Dessa forma, este trabalho levanta como hipótese que o controle da emissão de poluentes tem capacidade de contrair a atividade econômica e, por consequência, gera um

---

<sup>3</sup> A intensidade de carbono é o total de carbono emitido direta e indiretamente para produzir uma unidade monetária de produção de um determinado setor (HILGEMBERG, 2004).

impacto negativo no mercado de trabalho.

### **1.3 Organização do trabalho**

De forma geral, este trabalho está dividido em cinco capítulos. Esta introdução apresenta a problemática a ser analisada e explicita os objetivos do trabalho. O segundo capítulo faz uma revisão de literatura acerca da temática ambiental, relação entre meio ambiente e economia e aplicação dos temas no modelo insumo-produto.

O terceiro capítulo se refere a metodologia aplicada no presente estudo, com o objetivo de responder as hipóteses levantadas na Introdução. O quarto capítulo, por sua vez, avalia, com base nos resultados do modelo insumo-produto, a relação das emissões de carbono com o mercado de trabalho e os impactos da restrição das emissões na economia. Por fim, o último capítulo apresenta as conclusões do presente estudo.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Este capítulo traça um breve histórico dos pilares fundamentais do objetivo deste trabalho. Iniciado pelo desenvolvimento da temática do meio ambiente e emissão de carbono, a primeira seção deste capítulo é complementada pela perspectiva histórica e teórica da relação entre economia e emissão de carbono. E, por fim, apresenta-se os fatos acerca da interligação entre o mercado de trabalho e a atividade econômica.

### 2.1 Meio ambiente e emissão de carbono

O termo Meio Ambiente, amplamente utilizado nos campos acadêmicos, nos meios midiáticos e em discursos políticos, por exemplo, possui uma representatividade superior a apenas elementos biológicos ou recursos naturais. De acordo com a Constituição Brasileira, caracteriza-se como meio ambiente “o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas” (art. 3º, I, da Lei 6.938, de 31 de agosto de 81). – **Dúvida: como referenciar uma lei?**

Reigota (2004, p.21) propõe outra definição para o termo: “um lugar determinado e/ou percebido onde estão em relações dinâmicas e em constante interação os aspectos naturais e sociais. Essas relações acarretam processos de criação cultural e tecnológica e processos históricos e políticos de transformação da natureza e da sociedade”.

Neste trabalho, a definição de meio ambiente que melhor se alinha com os objetivos presentes é a proposta por Migliari (2001, p.40), na qual o termo é classificado como a “interação do conjunto de elementos naturais, artificiais, culturais e do trabalho que propiciem o desenvolvimento equilibrado de todas as formas, sem exceções. Logo, não haverá um ambiente sadio quando não se elevar, ao mais alto grau de excelência, a qualidade da integração e da interação desse conjunto”. (KRZYSCZAK, 2016).

A relação entre o ser humano e o meio ambiente, por sua vez, caracteriza-se por uma dependência monolateral, na qual os seres necessitam dos recursos disponíveis ao seu redor para sua sobrevivência, seu crescimento, seu desenvolvimento entre outras finalidades. Enquanto o ambiente, de forma geral,

não depende do ser humano para existir. Nos primórdios da humanidade, os seres costumavam a ter uma relação harmônica com o ambiente. Comportamento que foi modificado com descobertas tecno-científicas (ROSEIRO e TAKAYANAGUI, 2004).

O avanço tecnológico só intensificou um processo imaturo dos seres humanos em relação a natureza. A posterior, principalmente, da Revolução Industrial do Século XVIII, os processos produtivos da humanidade foram geradores de resíduos que causaram poluição<sup>4</sup> ao meio vivente. Dentre todas as questões ambientais decorrentes das atividades humanas, pode-se dizer que as alterações climáticas são as mais severas de se gerir pela sua complexidade. Não por menos, a mudança climática é considerada a mãe de todas as externalidades<sup>5</sup>: maior, mais complexa, e mais incerta do que qualquer outro problema ambiental (TOL, 2009; MAGALHÃES, 2013).

A dependência entre os seres humanos e o ambiente está se reduzindo gradativamente devido aos avanços da tecnologia. Entretanto, muitos fatores da vivência humana no planeta estão delicadamente relacionados ao seu meio vivente e o agravamento das condições climáticas eleva a gravidade da situação. O clima afeta a agricultura, as fontes de energia, a saúde e muitos outros aspectos da vivência humana. E, por consequência, pode gerar impactos nas vagas de trabalho existe na economia (OMS, 2021).

Além da complexidade e gravidade das mudanças climáticas, a fonte do problema - emissão de GEE<sup>6</sup> - é a mais dispersa ao se comparar com outras problemáticas ambientais. Cada indivíduo ou parte da sociedade tem responsabilidade mínima pelas emissões e, dentre todos os GEE, o dióxido de carbono é o principal gás poluente e emana, principalmente, do uso de combustíveis fósseis, desmatamentos e queimadas (MAGALHÃES, 2013).

Os danos das mudanças climáticas vão além dos já mencionados, eventos extremos podem se tornar mais recorrentes com o aumento da

---

<sup>4</sup> Poluição pode ser definida como um acúmulo ambiental de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos decorrentes da atividade do homem (BRAGA, PEREIRA e SALDIVA, 2002).

<sup>5</sup> Define-se como externalidade, fatores não contabilizados por agentes econômicos e que levam a uma alocação sub-ótima dos recursos (MARSHALL, 1890; PIGOU, 1920).

<sup>6</sup> São considerados GEE (Gases de Efeito Estufa): dióxido de carbono ( $CO_2$ ), metano ( $CH_4$ ), óxido nitroso ( $N_2O$ ), hexafluoreto de enxofre ( $SF_6$ ) e as famílias dos perfluorcarbonos (PFCs, em especial perfluormetano  $CF_4$  e perfluoretano  $C_2F_6$ ) e dos hidrofluorcarbonos (HFCs) (UNEP, 2022).

temperatura média global, tais como precipitações, ondas de calor, até períodos de inverno mais rigorosos e acidificação dos oceanos. Além de fatores meteorológicos e condições mínimas para sobrevivência biológica, as mudanças climáticas também podem ocasionar impacto importante sobre a atividade econômica e, especialmente, impactos diferenciados, considerando, por exemplo, a heterogeneidade espacial da estrutura produtiva. Devido aos diferentes problemas consequenciais, o aquecimento global é uma emergência de saúde grave (ALVES, 2009; IPCC, 2007; OMS, 2021).

O aquecimento oriundo de emissões antropológicas tem caráter de longo prazo e estará presente no sistema climático nos próximos séculos. Estima-se que as atividades humanas tenham causado cerca de  $+1,0^{\circ}\text{C}$  de aquecimento global<sup>7</sup> comparando-se ao níveis pré-industriais, com uma variação de  $+0,8^{\circ}\text{C}$  a  $+1,2^{\circ}\text{C}$  (IPCC, 2018).

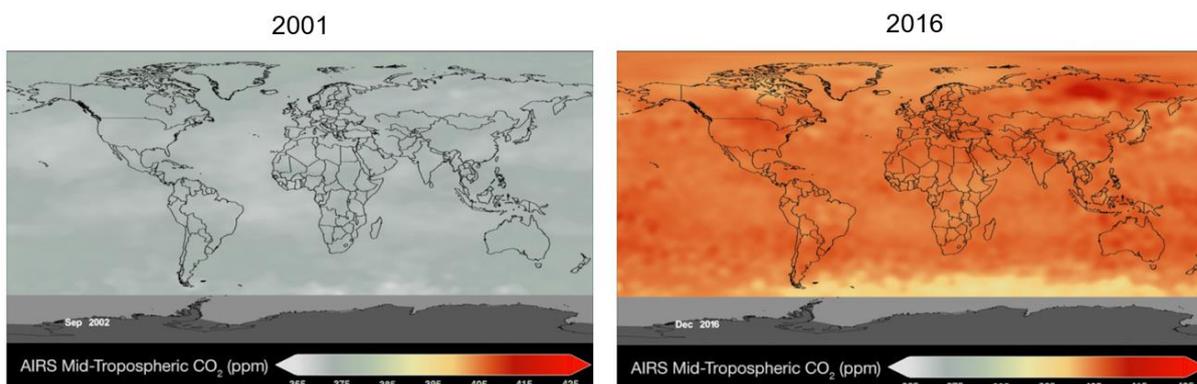
A emissão de GEE têm maior concentração a partir de meados do século XX (Global Carbon Project, 2020). Entre 1970 e 2004, as emissões de gases com potencial de aquecimento global expandiram 70%. Dentre todos os segmentos da economia, o setor de energia apresentou a maior variação no período citado, acumulando um aumento de 145%. Ao mensurarmos a concentração de  $tCO_2$ <sup>8</sup> (tonelada de dióxido de carbono) na atmosfera nas últimas décadas, como demonstrado na Imagem 01, consegue-se ver um aumento expressivo. O valor pré-industrial era cerca de 280 ppm<sup>9</sup>, que se elevou para 379 ppm em 2005 e, há alguns anos, atingiu a marca de 408ppm (2016), conforme ilustra a Imagem 01 (IPCC, 2007; NOAA, 2016).

---

<sup>7</sup> O nível presente de aquecimento global é definido pela média de um período de 30 anos centrado em 2017, assumindo que o ritmo recente de aquecimento se mantenha (IPCC, 2018).

<sup>8</sup> O dióxido de carbono, ou anidrido carbónico, ou mesmo gás carbónico, é um composto químico formado por dois átomos de oxigénio e um átomo de carbono. A sua representação química é a seguinte:  $CO_2$  (Gold Energy).

<sup>9</sup> Partes por milhão (ppm) é uma forma particular de exprimir fração mássica e fração volúmica usada, em geral, quando esta grandeza adimensional apresenta valores muito baixos. Partes por milhão (ppm) representa uma parte de soluto por um milhão ( $10^6$ ) de partes de solução (LIMA, 2015)

Imagem 01 - Diferença na concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera global entre 2001 e 2016

Fonte: Global Climate Change, 2016.

Caso se mantenha o ritmo atual de emissão de poluentes, o balanço global de carbono para manter o aquecimento em 1,5°C provavelmente se esgotará antes de 2030. Adicionalmente, considerando as taxas atuais de emissão, espera-se um aquecimento global médio de +3,2°C até 2100, mais que o dobro da meta prevista no Acordo de Paris (IPCC, 2022).

Se as ambições de combate fossem sinérgicas ao redor do mundo, os impactos seriam limitados. Como pode-se observar na Tabela 01, existem projeções diferentes para cada escala de aquecimento global projetado (IPCC, 2018).

Tabela 01 – Diferença dos impactos projetados de emissão de CO<sub>2</sub> na atmosfera terrestre

Diferentes Impactos Projetados	+ 1,5°C	+ 2,0°C
Aumento do nível do mar (ano 2100 vs. 2000)	+40 cm	+50 cm
Ondas de Calor	Até 1,1 mês	Até 1,5 mês
Branqueamento dos Corais	90% de Risco (Potencial para adaptação)	98% de Risco (Potencial para adaptação)
Água Disponível (Mediterrâneo)	-9%	-17%
Produção de Trigo (Regiões Tropicais) <sup>10</sup>	-9%	-16%
Produção de Milho (Regiões Tropicais) <sup>10</sup>	-3%	-6%

Fonte: Care Climate Change, 2017.

<sup>10</sup> Relativo ao nível produzido nestas regiões entre os anos de 1986 e 2005.

Devido à complexidade do problema, nenhum país sozinho será capaz de mitigar os desafios impostos pela mudança climática. Desta forma, há algumas décadas ocorrem convenções internacionais com as principais economias do mundo, a fim de debater e promover ambições e promessas de mudança para a emissão de GEE (IPCC, 2007, TOL, 2009). Dentre os encontros mais relevantes, pode-se citar (RAMOS, 2001):

- I. Conferência Mundial sobre o Meio Ambiente Humano. Estocolmo, 1972;
- II. Seminário Internacional de Educação Ambiental. Belgrado, 1975;
- III. Conferência Intergovernamental sobre Educação Ambiental. Moscou, 1987;
- IV. Conferência Internacional sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento. Rio de Janeiro (Rio-92), 1992;
- V. COPs (Conferências das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas) realizadas todos os anos desde 1995, como a de Kyoto (1997) e Paris (2015).

Em 2015, no Acordo de Paris, assinado na COP de Paris, o Brasil se comprometeu a reduzir até 2025 suas emissões de GEE em até 37%, em comparação ao nível emitido em 2005. No ano de referência, o país emitiu 2,34 bilhões de toneladas de  $CO_2$  (SEEG, 2013).

## **2.2 Economia, meio-ambiente e emissão de carbono**

De acordo com Magalhães (2013), um dos efeitos mais agressivos da atividade econômica sobre o meio ambiente são as mudanças climáticas globais oriundas pela maior emissão de GEE. Essa problemática vem ganhando dimensões globais conforme se associa ao aumento da concentração de  $CO_2$  na atmosfera ou à destruição da camada de ozônio (COSTA, 2002).

No âmbito da teoria econômica, as emissões de poluentes são compreendidas como uma perda de bem-estar coletivo. Entende-se como bem-estar uma utilidade preferida pelos indivíduos. De modo que o bem-estar social

ou coletivo é obtido através da alocação ótima dos recursos ou Eficiência de Pareto<sup>11</sup> (SCHUMPETER, 1906). Perdas do bem-estar social ocasionadas por atividades de um agente econômico se traduzem como externalidades negativas, devido ao impacto negativo a outro agente sem um mecanismo compensativo de mercado (OLIVEIRA, 1999). Desta forma, pode-se entender que, sob a ótica da teoria econômica, a elevação da emissão de GEE se configura como um caso típico de externalidade negativa.

As externalidades acontecem pois o meio ambiente é um bem público<sup>12</sup> e nenhum agente pode exigir direitos sobre ele. Portanto, o poluidor não será cobrado por um valor monetário em decorrência da poluição gerada ou, comparativamente, também não acontece a compensação econômica para o agente afetado pela poluição (HILGEMBERG, 2004).

A colocação de resíduos produtivos como externalidade negativa na conjuntura econômica é uma visão da teoria neoclássica, especificamente da teoria da poluição. Teoria amplamente utilizada, contudo, não exclusiva. Com o objetivo de compreender e analisar a relação entre o ser humano e o meio ambiente, existem duas correntes na teoria econômica que abordam a temática. A primeira delas é a economia ambiental neoclássica (*Environmental Economics*), subdividida em (i) teoria da poluição; e (ii) teoria dos recursos naturais; e a segunda é a economia ecológica (*Ecological Economics*), corrente ainda pouco influente. Apesar de todas as correntes apresentarem o mesmo foco de estudo – a interação do sistema econômico com seu meio externo – elas se diferenciam na hipótese ambiental adotada (ANDRADE, 2008).

A teoria neoclássica assume como principal foco o bem-estar dos indivíduos e a mensuração dos efeitos ambientais negativos, assumindo os impactos ambientais como externalidades e o meio ambiente como neutro e passivo. Dentro desta linha de pesquisa, a teoria da poluição, elaborada por

---

<sup>11</sup> Eficiência de Pareto ou ó(p)timo de Pareto é um conceito de economia desenvolvido pelo italiano Vilfredo Pareto. Uma situação econômica é ótima no sentido de Pareto se não for possível melhorar a situação, ou, mais genericamente, a utilidade de um agente, sem degradar a situação ou utilidade de qualquer outro agente econômico. (BLUMENSCHNEIN *et al.*, 2016, p. 13)

<sup>12</sup> Bens públicos são definidos como aqueles bens cujos indivíduos não podem ser excluídos do seu consumo e a oferta independe do número de agentes atingidos. Assim, os direitos de propriedade de bens públicos não estão definidos e, portanto, as trocas com outros bens acabam não se realizando eficientemente no mercado competitivo e é necessária a intervenção de política públicas para que a eficiência seja alcançada (HILGEMBERG, 2004).

Pigou (século XX), é considerada a mais importante e mensura os problemas, como externalidades negativas que diferenciam a quantidade socialmente ótima de produção e a privada ótima, a partir da diferença entre custos sociais marginais e custos privados marginais. A externalidade negativa se configura como falha de mercado que deveria ser solucionada com a criação de mecanismos institucionais de controle (ANDRADE, 2008).

A economia dos recursos naturais, por sua vez, considera o meio ambiente como provedor de recursos ao sistema econômico. O objetivo deste ramo é responder perguntas como o uso ótimo dos recursos disponíveis, o manejo adequado dos recursos renováveis e a taxa ótima dos recursos não renováveis. (ANDRADE, 2008).

Paralelamente, a economia ecológica busca oferecer um *approach* pluralista, através da integração das contribuições de várias perspectivas teóricas para se enfrentar a problemática ambiental, agregando conceitos das ciências econômicas, sociais e políticas às ciências naturais, a fim de fornecer soluções estruturais para os problemas ambientais (ANDRADE, 2008; VAN DEN BERGH, 2000).

Dentro da economia ecológica, se destaca o economista Georgescu-Roegen. Dentre as suas contribuições, vale mencionar o pensamento de que as mudanças qualitativas na economia não são uma questão periférica. De acordo com o Roegen, o sistema produtivo transforma recursos naturais em produtos que a sociedade valoriza, produzindo necessariamente algum tipo de resíduo, que não entra de novo no sistema produtivo. Portanto, se a economia pega recursos de qualidade de uma fonte natural e despeja resíduos sem qualidade de volta para a natureza, então não é possível tratar a economia como um ciclo fechado e isolado da natureza (CECHIN; VEIGA, 2010).

Do ponto de vista da aplicação da teoria, existe a dificuldade de mensurar monetariamente os danos ambientais, dado que o nível ótimo de poluição pressupõe a existência de informações acerca dos lucros marginais das firmas e os custos externos marginais da poluição, o qual necessita da existência de um mercado de externalidades para mensurá-lo. Portanto, métodos alternativos para mensurar danos ambientais são comumente utilizados na academia (ALMEIDA, 1998; HILGEMBERG, 2004).

A partir da importância crescente da temática ambiental, desde a década de 1960, modelos de insumo-produto têm sido utilizados em uma gama de estudos com a finalidade de incorporar a dimensão ambiental em estudos econômicos. A análise da intensidade de poluição, dos efeitos da aplicação de determinadas políticas de controle da poluição sobre a economia ou dos custos de oportunidade de uso do meio ambiente, no que se refere à emissão de carbono, podem ser analisadas por intermédio de modelos de insumo-produto (MILLER e BLAIR, 2009; HILGEMBERG, 2004).

Os modelos de insumo-produto (MIP) que retratam a relação economia e meio ambiente podem ser classificados em três subdivisões básicas (MILLER e BLAIR, 2009; CASTELAO, DE SOUZA, FRAINER, 2019):

- i. Modelos Generalizados de Entrada-Saída - formados por linhas e/ou colunas que expressam o produto da economia e seus respectivos coeficientes, os modelos refletem a geração de poluição em detrimento do nível de produção;
- ii. Modelos Econômicos-Ecológicos - resultado do aumento da estrutura da matriz para incluir setores ecossistêmicos, onde os fluxos entre os setores econômicos e do ecossistema se dão de acordo com um modelo inter-regional insumo-produto e;
- iii. Modelos de Produtos por Setor - esses modelos expressam os impactos ambientais a partir de uma matriz de relação produto versus setor.

A incorporação da temática ambiental à teoria econômica corrobora para a importância do tema para a sociedade. Tendo em mente os efeitos colaterais da produção econômica sob o meio ambiente, torna-se clara a importância da centralização do debate acerca do controle de poluição nas políticas climáticas. A mitigação de GEE tem o caráter de bem público global cujos benefícios atingem a todos (MAGALHÃES, 2013). Apesar da urgência no combate das emissões de carbono, o nexos existente entre a emissão de GEE e o crescimento econômico complementa a complexidade do tema. Existe uma causalidade bidirecional entre os dois fatores, na medida em que o crescimento econômico aumenta ou diminui, mais emissões de GEE são estimuladas em níveis mais

altos ou mais baixos e, conseqüentemente, uma possível redução das emissões deve ter uma influência adversa no crescimento econômico (FREITAS, KANEKO, 2011).

A relação entre o crescimento econômico e poluição ambiental tem sido intensamente analisada de forma empírica nas últimas duas décadas. Do ponto de vista nacional, verifica-se a forte causalidade bidirecional entre renda e emissões. Nesse nexó, o crescimento e a poluição se conectam pela demanda de energia, uma vez que um maior crescimento econômico requer mais consumo de energia, um dos principais emissores de GEE na atmosfera no mundo (PAO, TSAI, 2011).

### 2.3 Desenvolvimento econômico e desemprego

Por definição, o trabalho é uma atividade social e necessária ao progresso material e moral da humanidade, sendo um fator tão antigo quanto a própria existência humana. Entretanto, o emprego é uma consequência específica do capitalismo, um eixo de ligação entre o trabalhador e o sistema operante capitalista (REINERT, 2001), no qual a ausência do emprego é denominada como desemprego. Por outro lado, para o IBGE, o desemprego apresenta uma característica mais específica:

“O desemprego, de forma simplificada, se refere às pessoas com idade para trabalhar (acima de 14 anos) que não estão trabalhando, mas estão disponíveis e tentam encontrar trabalho. Assim, para alguém ser considerado desempregado, não basta não possuir um emprego.”  
(IBGE, 2023). – dúvida de como eu faria uma citação de um site  
<[Sob a ótica da teoria econômica, algumas linhas de pensamento apresentam singularidades em suas perspectivas sobre a temática. Como, por exemplo, David Ricardo \(1917\) e Karl Marx \(1867\) que apresentaram o desemprego como uma tendência intrínseca ao funcionamento do sistema capitalista, pelo que explicitam o seu caráter de fenômeno social. Para Alfred Marshall \(1890\), o desemprego seria um fenômeno de curto prazo, no qual se](https://www.ibge.gov.br/explica/desemprego.php#:~:text=O%20que%20%C3%A9%20desemprego,basta%20n%C3%A3o%20possuir%20um%20emprego.></a>></p></div><div data-bbox=)

faz presente desajustamentos entre oferta e demanda de trabalho. Por sua vez, Arthur Pigou (1920) contribuiu à teoria neoclássica ao apresentar o conceito de desemprego voluntário, no qual o indivíduo não estaria desempregado se estivesse disposto a trabalhar por um salário menor em relação a sua produtividade marginal. Contrariando o Pigou, John Keynes (1936) apresentou o conceito de desemprego involuntário, no qual o desemprego não se justifica por média salarial esperada, mas por característica de uma demanda agregada enfraquecida (GOMEZ OLIVARES, 1989).

Dentro da conjuntura macroeconômica de uma nação, a mensuração do nível de emprego pode ser determinada pela demanda agregada do país. Dessa forma, o desemprego no mercado de trabalho pode ser interpretado como um reflexo de uma demanda agregada enfraquecida (POCHMANN, 2015).

Ao analisar o histórico do nível de desemprego da economia brasileira, pode-se assimilar que o desemprego real se aproxima da definição apresentada por Keynes. Em períodos de menor atividade econômica houve comprometimento na geração de empregos, resultando no aumento do desemprego e redução nos postos de trabalho formais. Como, por exemplo, a crise econômica internacional de 2008, que gerou uma redução líquida de 634 mil postos formais de trabalho no Brasil, e a crise decorrente da recente pandemia mundial, que ocasionou uma taxa de desemprego em níveis históricos, 15,2 milhões de brasileiros no ano de 2021 (MORETTO e PRONI, 2011; IBGE, 2021).

A recessão econômica brasileira de 2015 é também um exemplo explícito da temática. As políticas de austeridade implementadas pela frente econômica do governo no período, resultaram em uma configuração desfavorável do mercado de trabalho brasileiro, no qual havia uma diferença entre a demanda e a oferta de trabalhadores. Esse fator que expressou aumento do desemprego e queda de rendimento médio real recebido pelos trabalhadores (POCHMANN, 2015).

Desta forma, ao se analisar a história da economia brasileira, percebe-se uma forte correlação entre crescimento econômico e vagas formais de trabalho. Sendo o desemprego um resultado da insuficiência geral de demanda efetiva na economia nacional (POCHMANN, 2015).

Paralelamente a isso, como apresentado anteriormente, o objetivo deste trabalho é mensurar como as emissões de poluentes impactariam a economia brasileira do ponto de vista do trabalho. Considerando que as medidas de controle de poluição têm a capacidade de impactar o crescimento econômico nacional, este, por sua vez, tem relação direta com a formação de vagas de ocupação. Portanto, ao analisar exemplos empíricos do mercado trabalho brasileiro, conclui-se que o controle de poluentes influencia indesejavelmente o desemprego no país.

Algumas análises acerca da relação entre o desempenho econômico e meio ambiente já foram realizadas anteriormente. Seguem exemplos de estudos que utilizaram a matriz insumo-produto:

- I. Hetherington (1996) utilizou o modelo insumo-produto em unidades híbridas para apresentar as intensidades de  $CO_2$  de 101 grupos industriais, utilizando dados de 1984;
- II. Casler e Blair (1997) também realizaram uma abordagem de unidades híbridas, contudo, para analisar as emissões de poluentes gerados pela queima de combustíveis fósseis nos EUA em 1985;
- III. Young (2000), por sua vez, estimou as emissões industriais resultantes das atividades orientadas às exportações no Brasil entre 1985 e 1996;
- IV. Machado, Shaeffer e Worrel (2001) estimaram a energia e o carbono inerente ao comércio internacional brasileiro em 1995, através de um modelo produto x setor de insumo-produto;
- V. Hilgember (2004) quantificou as emissões de  $CO_2$  decorrentes do uso energético de gás natural, álcool e derivados de petróleo e avaliou os impactos de eventuais políticas de controle de emissões;
- VI. Carvalho e Perobelli (2009) buscaram quantificar as emissões de carbono oriundas do uso de combustíveis energéticos tanto na região metropolitana de São Paulo quanto no Brasil;
- VII. Souza (2015) identificou, com base nas estruturas produtivas de cada país, os principais setores causadores de emissão de  $CO_2$  nos países do BRIC, no ano de 2009.

Entretanto, há uma lacuna de análise específica acerca dos possíveis impactos da redução de GEE no mercado de trabalho brasileiro, ou seja, dificilmente se encontram referências que trabalharam explicitamente sobre a temática. Neste contexto, este trabalho objetiva enriquecer o repertório de referências e contribuir para o entendimento de possíveis impactos na conjuntura social brasileira caso políticas ambientais de controle de emissão de carbono sejam implementadas.

### 3 METODOLOGIA

Este capítulo apresenta a metodologia adotada para se obter os resultados almejados neste trabalho. Este trabalho utilizou-se da Matriz Insumo-Produto na obtenção dos resultados devido à sua capacidade técnica de mensurar e analisar a relação entre economia, sociedade e meio ambiente (CASTELAO, DE SOUZA, FRAINER, 2019).

A matriz insumo-produto é um instrumento com base na análise de microeconomia e da contabilidade social que permite conhecer os fluxos de bens e serviços produzidos nos setores de determinada economia, uma tentativa de aplicar a teoria neoclássica de equilíbrio geral ao estudo empírico da interdependência das diferentes partes de uma economia (CARVALHEIRO, 1998; HILGEMBERG, 2004).

#### 3.1 Bases de dados

Com o intuito de atingir os objetivos propostos, este trabalho fez uso de duas bases de dados. A primeira é composta por dados coletados da matriz de insumo-produto do Brasil relativo ao ano de 2018, compostas por 68 setores e 128 produtos. Baseada no Sistema de Contas Nacionais (SCN) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), esta matriz foi estimada de acordo com o método proposto por Guilhoto e Sesso Filho (2005, 2010). Divulgada em novembro de 2020, a matriz está disponível no site do Núcleo de Economia Regional e Urbana da Universidade de São Paulo (NEREUS).

O segundo conjunto de dados se refere as informações disponível no Sistema de Estimativa de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG), em sua versão 8.0, acerca das emissões de GEE relacionadas ao consumo de energia<sup>13</sup> no Brasil, em 2018. Estas estimativas são geradas de acordo com diretrizes do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), conforme metodologia dos Inventários Brasileiros de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa, estruturados pelo Ministério da

---

<sup>13</sup> A fim de mensurar a emissão de GEE, a metodologia implementada pela SEEG contabiliza as emissões de GEE associadas à produção e ao consumo de energia. Assim, componentes estruturais de setores que emitem GEE, como, por exemplo, o rebanho bovino da Agropecuária, não são mensuradas na base de dados apresentada pela SEEG (SEEG, 2018).

Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e através de dados provenientes de relatórios governamentais, centros de pesquisa, institutos, entidades setoriais e organizações não governamentais.

### 3.2 Agregação e Compatibilização

As matrizes de insumo-produto do Brasil relativas ao ano de 2018, estimadas por Guilhoto e Sesso Filho (2005, 2010), apresentam uma desagregação setorial para 68 atividades econômicas e 128 produtos. Dada a necessidade de compatibilizar os dados das matrizes de insumo-produto com os dados referentes às emissões do SEEG, foi realizada uma agregação, possibilitando a obtenção da matriz de consumo intermediário (16x16), referente ao ano de 2018. A Tabela 2 apresenta os dezesseis setores da nova agregação e o Apêndice A demonstra a compatibilização de todos os 68 segmentos de atividade econômica.

Tabela 2 - Setores da economia brasileira considerados na análise

<b>Número</b>	<b>Setores Econômicos</b>
1	Agropecuária
2	Extrativa Mineral
3	Minerais Não Metálicos
4	Siderurgia
5	Metais Não Ferrosos e Outros Metais
6	Papel e Celulose
7	Química
8	Têxtil
9	Alimentos e Bebidas
10	Comércio e Serviços
11	Administração Pública
12	Outras Indústrias
13	Energético
14	Transporte Terrestre
15	Transporte Aéreo
16	Transporte Aquaviário

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

### 3.3 Matriz Insumo-produto

Neste trabalho, o referencial analítico utilizado decorre da análise insumo-produto, a qual se constitui nos fluxos de produto de cada setor produtor para cada um dos setores consumidores. A informação é apresentada a partir de uma tabela que expressa estas relações interindustriais, nas quais as linhas descrevem as distribuições da produção de um setor e as colunas mostram a composição dos insumos requeridos por uma indústria em particular para desenvolver sua produção, como podemos observar na Imagem 02 (MILLER; BLAIR, 2009).

Imagem 02 - Representação esquemática das relações fundamentais de uma tabela de insumo-produto, com dois setores e uma única região

		SETORES COMPRADORES				DEMANDA FINAL					PRODUÇÃO TOTAL
		$X_1$	$X_2$	$X_j$	$X_n$	Investimento	Exportações	Variação de estoques	Consumo do Governo	Consumo das Famílias	
SETORES VENDEDORES	$X_1$										
	$X_2$										
	$X_i$										
	$X_n$										
Importações											
Impostos ind. liq.											
VALOR ADICIONADO	Remunerações										
	Excedente Operacional Bruto										
PRODUÇÃO TOTAL											

Fonte: HILGEMBERG, 2004.

A matriz de insumo-produto representa a produção total ( $x_i$ ) de um setor econômico  $i$  como sendo equivalente à sua produção total ( $z_{ij}$ ) utilizada como insumo intermediário pelos outros setores ( $j = 1, 2, 3, \dots, n$ ) mais a demanda final pelos seus produtos ( $y_i$ ), conforme a equação (1).

$$x_i = z_{i1} + z_{i2} + z_{i3} + \dots + z_{in} + y_i = \sum_{j=1}^n z_{ij} + y_i \quad (1)$$

A base de dados das relações intersetoriais se refere a valores monetários oriundos das transações entre os pares de setores (de cada setor  $i$  para cada setor  $j$ ), definidos como  $z_{ij}$ . A demanda do setor  $j$  por insumos de outro setor, durante certo período, será relativa à quantidade de bens produzidos pelo setor  $j$  no mesmo período. Além disso, em qualquer país existem vendas para compradores exógenos aos setores industriais, como por exemplo, vendas às famílias, ao governo e ao comércio exterior. As demandas dessas unidades exógenas geralmente não são relacionadas à quantidade produzida e tendem a ser utilizadas como bens (e não como um insumo dentro de um processo produtivo) e caracterizam a demanda final (MILLER; BLAIR, 2009).

Generalizando para os  $n$  setores de uma economia, obtém-se a equação (2):

$$\begin{aligned} x_1 &= z_{11} + \dots + z_{1j} + \dots + z_{1n} + y_1 \\ &\quad \vdots \\ x_i &= z_{i1} + \dots + z_{ij} + \dots + z_{in} + y_i \\ &\quad \vdots \\ x_n &= z_{n1} + \dots + z_{nj} + \dots + z_{nn} + y_n \end{aligned} \quad (2)$$

Em que:

$$X = \begin{pmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix}, \quad Z = \begin{pmatrix} z_{11} & \dots & z_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ z_{n1} & \dots & z_{nn} \end{pmatrix} \quad \text{e} \quad Y = \begin{pmatrix} y_1 \\ \vdots \\ y_n \end{pmatrix} \quad (3)$$

As relações apresentadas em (3) podem ser expressas em notação matricial da seguinte maneira:

$$X = Zi + Y \quad (4)$$

Em que  $i$  constitui-se um vetor coluna com elementos iguais a 1.

Ao segregar a atuação de um setor, entende-se que sua produção é um produto dos insumos adquiridos somados a mão-de-obra e ao capital. Assim,

dados os insumos comprados pelo setor  $j$ , a mão-de-obra e o capital somados a ele são denominados como valor adicionado do setor  $j$  e são expressos em valores monetários. Ademais, bens importados também podem ser comprados para serem usados como insumos pelo setor  $j$ . Estes insumos e importações são frequentemente agrupados como compras. Como cada equação em (2) inclui a possibilidade de um setor comprar parte de sua própria produção, os insumos interindustriais também incluem transações intra-industriais. Para os setores vale mencionar ainda que os impostos indiretos líquidos, ou seja, impostos sobre produtos, são custos aderentes as suas atividades. (MILLER; BLAIR, 2009).

Ainda segundo Miller e Blair (2009), em um certo período, o fluxo intersetorial que flui de  $i$  para  $j$ , depende inteiramente da produção total do setor  $j$ , no mesmo período. Suposição fundamental para mensurar os coeficientes técnicos de produção,  $a_{ij}$ , os quais estabelecem o requerimento direto de insumo do setor  $i$ , necessário para a produção de uma unidade monetária do setor  $j$ .

$$a_{ij} = \frac{z_{ij}}{x_j} \quad (5)$$

Uma vez que se conhece o coeficiente técnico, as equações lineares expressas em (2) podem ser reescritas, substituindo os fluxos  $z_{ij}$  por  $a_{ij}x_j$ :

$$\begin{aligned} x_1 &= a_{11}x_1 + \dots + a_{1j}x_j + \dots + a_{1n}x_n + y_1 \\ &\quad \vdots \\ x_i &= a_{i1}x_1 + \dots + a_{ij}x_j + \dots + a_{in}x_n + y_i \quad (6) \\ &\quad \vdots \\ x_n &= a_{n1}x_1 + \dots + a_{nj}x_j + \dots + a_{nn}x_n + y_n \end{aligned}$$

Estas equações explicitam as dependências dos fluxos interindustriais nos resultados totais de cada setor produtivo e, ao se rearranjar os termos das equações, obtém-se:

$$\begin{aligned} y_1 &= (1 - a_{11})x_1 - \dots - a_{1j}x_j - \dots - a_{1n}x_n \\ &\quad \vdots \\ y_i &= -a_{i1}x_1 - \dots + (1 - a_{ij})x_j - \dots - a_{in}x_n \quad (7) \\ &\quad \vdots \\ y_n &= -a_{n1}x_1 - \dots - a_{nj}x_j - \dots + (1 - a_{nn})x_n \end{aligned}$$

Seja  $I$  uma matriz identidade<sup>14</sup> ( $n \times n$ ), então:

$$(I - A) = \begin{pmatrix} (1 - a_{11}) & -a_{12} & \dots & -a_{1n} \\ -a_{21} & (1 - a_{22}) & \dots & -a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -a_{n1} & -a_{n2} & \dots & (1 - a_{nn}) \end{pmatrix} \quad (8)$$

Uma vez que o sistema equacional demonstrado na equação (7) pode ser definido em notação matricial, obtém-se:

$$(I - A)x = Y \quad (9)$$

Obtém-se também a seguinte solução através da álgebra matricial:

$$x = (I - A)^{-1}Y = LY \quad (10)$$

$$(I - A)^{-1} = L \quad (11)$$

Na qual,  $(I - A)^{-1}$  é conhecida como a Matriz Inversa de Leontief ou Matriz de Requerimentos Totais (MILLER; BLAIR, 2009). Os requerimentos totais de produção, ou seja, os requerimentos diretos e indiretos de produção indicam, em unidades monetárias, as mudanças na produção setorial necessárias para atender a uma determinada variação da demanda final. Em maiores detalhes, as equações sintetizadas em (10) são:

$$\begin{aligned} x_1 &= l_{11}y_1 + \dots + l_{1j}y_j + \dots + l_{1n}y_n \\ &\quad \vdots \\ x_i &= l_{i1}y_1 + \dots + l_{ij}y_j + \dots + l_{in}y_n \quad (12) \\ &\quad \vdots \\ x_n &= l_{n1}y_1 + \dots + l_{nj}y_j + \dots + l_{nn}y_n \end{aligned}$$

Portanto, cada coeficiente corresponde às requisições diretas e indiretas

---

<sup>14</sup> A matriz identidade apresenta todos os elementos da diagonal principal iguais à 1 unidade e demais iguais a zero.

de insumos do setor  $i$  necessários para produzir uma unidade monetária de demanda final do setor  $j$ . (GUILHOTO, 2011).

### 3.4 Multiplicadores e Geradores em um Modelo Aberto

Além do impacto na produção total, o modelo básico de Leontief permite a análise de outras as variáveis sob a mesma perspectiva de mudança ocorridas na demanda final, como, por exemplo, emprego, importações, impostos, salários, valor adicionado e outras.

$$\Delta C = \hat{c}\Delta X \quad (13)$$

Onde,  $\Delta C$  é um vetor coluna ( $nx1$ ) que representa o impacto sobre a variável de análise e  $\hat{c}$  representa uma matriz diagonal ( $nxn$ ), na qual os elementos da diagonal principal são os coeficientes da variável estudada, obtidos através da fração entre a demanda do setor  $i$  e a produção total do setor  $i$  (equação 13).

$$C_i = \frac{c_i}{x_i} \quad (14)$$

#### 3.4.1 Ocupações trabalhistas – Emprego

A partir dos objetivos propostos, este trabalho utiliza o emprego e as emissões de GEE como variáveis a serem analisadas no modelo insumo-produto. Esta seção se dedicará ao emprego como variável e, posteriormente, será destrinchado o uso da emissão de poluentes.

Como explicado anteriormente, pode-se estimar o coeficiente do emprego (E) a partir da seguinte expressão:

$$E_i = \frac{e_i}{x_i} \quad (15)$$

Em que  $e$  é o número de ocupações trabalhistas do setor  $i$  e  $x_i$  a produção total do mesmo setor.

Para Guilhoto (2011), a partir do coeficiente de emprego (E), pode-se estimar o Gerador de Empregos ( $Ge$ ), que se define como a soma dos empregos diretos e indiretos necessários em todos os setores da economia para atender ao aumento de uma unidade monetária na demanda final do referido setor  $i$ .

$$Ge_i = \sum_{i=1}^n b_{ij} E_i \quad (16)$$

Em que:

$Ge_i$  é o impacto direto e indireto sobre o emprego no setor  $i$ ;

$b_{ij}$  é o  $ij$ -ésimo elemento da matriz inversa de Leontief; e

$E_i$  é o coeficiente direto do emprego no setor  $i$ .

Segundo Miller e Blair (2009), obtém-se o multiplicador direto e indireto (também conhecido como multiplicador do Tipo 1) para uma variável através da fração entre o gerador e o coeficiente direto da variável em questão. Utilizando-se o emprego como variável, o estimado seria definido pela equação 17:

$$Me_i = \frac{Ge_i}{E_i} \quad (17)$$

Define-se como multiplicador a quantidade indireta e direta gerada na economia de determinada variável analisada a partir de uma unidade direta gerada desta mesma variável. No caso do emprego, poder-se-ia interpretar como o emprego gerado direta e indiretamente por cada unidade de emprego direto demandado pelo setor  $i$ .

### 3.4.2 Emissão de GEE

Para os indicadores analisados para mensurar a emissão de GEE na economia utilizou-se a mesma metodologia descrita anteriormente para a variável emprego. Portanto, o coeficiente direto, o gerador e o multiplicador desta variável ficaram expressos, respectivamente, nas equações (18), (19) e (20):

$$G_i = \frac{g_i}{x_i} \quad (18)$$

$$Gg_i = \sum_{i=1}^n b_{ij} G_i \quad (19)$$

$$Mg_i = \frac{Gg_i}{G_i} \quad (20)$$

Em que:

$g_i$  é o valor das emissões do setor  $i$ , expressos em toneladas de  $CO_2$  equivalentes;

$G_i$  é o coeficiente direto das emissões de GEE no setor  $i$ ;

$Gg_i$  é o impacto direto e indireto sobre as emissões no setor  $i$ ;

$b_{ij}$  é o  $ij$ -ésimo elemento da matriz inversa de Leontief; e

$Mg_i$  é o multiplicador direto e indireto de emissões no setor  $i$ .

### 3.4.3 Emissão de GEE por vagas trabalhistas

A divisão do indicador gerador de emissão pelo gerador de ocupações, resulta em um indicador  $P$ , como demonstra a equação (21).

$$P = \frac{Gg_i}{Ge_i} \quad (21)$$

O indicador é capaz de indicar a quantidade de emissão direta e indireta gerada por um setor para a quantidade de vaga de ocupação direta e indiretamente gerada pelo mesmo setor.

## 3.5 Índice de Ligação

A fim de mensurar a importância de cada setor analisado para a atividade econômica brasileira, em termos de relação a outros setores da economia, calculou-se o Índice de Rasmussen e Hirschman e o Índice de Ghosh em seu formato original e uma adaptação deles para análise das emissões. Ambos os índices complementam a análise dos setores mais relevantes em termos de emissão de poluentes.

### 3.5.1 Índice de Rasmussen e Hirschman

Tomando como ponto de partida o modelo básico de Leontief, a metodologia proposta por Hirschman (1956) e Rasmussen (1958) determina quais setores têm maior poder de encadeamento dentro do sistema econômico, calculando os índices de ligação para trás, que fornecem quanto o respectivo setor demanda dos outros setores da economia, e os índices de ligação para frente, que fornecem a quantidade de produtos ofertada pelo setor a outros na economia (GUILHOTO, 2011).

Com base na matriz inversa de Leontief  $L$ , demonstrada na equação 11, pode-se obter o índice de ligação para trás (ILT), ou índice de Hirschman e Rasmussen, utilizando a equação (22):

$$ILT_j = \frac{1/n \sum_{i=1}^n l_{ij}}{1/n^2 \sum_{i=1}^n \sum_{i=1}^n l_{ij}} \quad (22)$$

### 3.5.2 Índice de Ligação de Ghosh

Quanto ao índice de ligação para frente (ILF), ou índice de Ghosh, será empregada a metodologia de Ghosh, a qual demonstra a importância de cada setor como fornecedor de insumos ao restante da economia. Considerando a matriz  $K$ :

$$K = \left( \hat{X}^* \right)^{-1} Z^* \text{ em que } k_{ij} = \frac{z_{ij}}{x_i} \quad (24)$$

Assim, a matriz GH define-se como:

$$GH = (I - K)^{-1} \quad (25)$$

A partir da matriz GH, pode-se calcular o índice de ligação para frente:

$$ILF_i = \frac{1/n \sum_{j=1}^n gh_{ij}}{1/n^2 \sum_{j=1}^n \sum_{j=1}^n gh_{ij}} \quad (26)$$

### 3.5.3 Interpretação dos índices de ligação

A Tabela 3 demonstra de forma simplificada a classificação dos setores a partir do resultado dos índices de ligação.

Tabela 3 – Classificação setorial segundo os índices de ligação

Índice de Ligação	ILT > 1	ILT < 1
ILF > 1	Setor-chave	Dependente da demanda intersetorial
ILF < 1	Dependente da oferta intersetorial	Independente

Fonte: ANP (2020).

A interpretação dos indicadores acontece da seguinte maneira:

- i. Se o setor é classificado como setor-chave, isto ressalta sua capacidade de gerar encadeamentos, tanto para trás, em sua cadeia produtiva, como para frente, é superior à média da economia;
- ii. Se o setor se encaixa no grupo denominado como dependente da demanda intersetorial, conclui-se que se trata de um setor importante do ponto de vista do abastecimento de insumos e matérias-primas de uma determinada cadeia produtiva;
- iii. Caso seja classificado como dependente da oferta intersetorial, o setor é um importante demandante em sua cadeia produtiva, de modo que suas demandas gerariam transbordamentos a montante acima da média da economia; e
- iv. Por fim, se o setor for classificado como independente, demonstra-se que ele não possui relações fortes com outros setores na sua cadeia produtiva.

### 3.5.4 Coeficientes de variação de dispersão

Para que se possa extrair uma melhor análise dos resultados

provenientes dos índices de ligação, é necessário efetuar os cálculos acerca dos coeficientes de variação para as linhas  $i$  e para as colunas  $j$  das matrizes L e GH. Os coeficientes de variação de dispersão para frente e para trás estão expressos, respectivamente, nas equações  $CV_i$  e  $CV_j$ .

$$CV_i = \frac{\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_i (l_{ij} - \frac{1}{n} \sum_i l_{ij})^2}}{\frac{1}{n} \sum_i l_{ij}} \quad (27)$$

$$CV_j = \frac{\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_j (gh_{ij} - \frac{1}{n} \sum_j gh_{ij})^2}}{\frac{1}{n} \sum_j gh_{ij}} \quad (28)$$

Com estes indicadores, pode-se determinar se uma atividade tem um peso uniformizado sobre a economia (FEIJÓ; RAMOS, 2001). Em termos numéricos se CV for um valor pequeno, argumenta-se que ele está em torno da média, em outras palavras, concentrado. Caso contrário ele está disperso em relação à média.

### 3.6 Índices de Ligação para Emissões

Tomando como ponto de partida as análises realizadas em outros estudos que utilizaram a Matriz Inversa de Leontief para incorporar informações externas, com o objetivo de incrementar a análise do tema, este trabalho multiplicou os elementos da matriz de Leontief pela matriz diagonal das emissões de carbono a fim de mensurar o efeito das emissões de GEE no encadeamento produtivo, utilizando os indicadores de ligação e os coeficientes de variação de dispersão.

Vale mencionar que os estudos nos quais este trabalho se baseou foram os elaborados por Schuschny (2005) e por Greenhalgh e Gregory (1997). Enquanto o primeiro autor incorporou o vetor de importação de bens intermediários na Matriz Inversa de Leontief, no segundo trabalho as autoras utilizaram o vetor de necessidades de mão de obra por unidade de produto bruto por setor na metodologia.

### 3.6.1 Índice de Rasmussen e Hirschman para Emissões

Sendo  $GD$  a matriz diagonal das emissões, o produto dela pela matriz básica de Leontief poderia ser representado pela equação 29:

$$GD = \begin{pmatrix} g_{11} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & g_{22} & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & \dots & g_{nn} \end{pmatrix} \quad (29)$$

$$M = GD \times L \quad (30)$$

A partir da matriz  $M$ , pode-se calcular os índices de ligação para trás, descrito no tópico 3.5, utilizando a seguinte equação:

$$ILTE_j = \frac{1/n \sum_{i=1}^n m_{ij}}{1/n^2 \sum_{i=1}^n \sum_{i=1}^n m_{ij}} \quad (31)$$

### 3.6.2 Índice de Ligação de Ghosh para Emissões

Quanto ao índice de ligação para frente (ILF), ou índice de Ghosh, multiplicou-se a matriz diagonal das emissões,  $GD$ , com a matriz de Ghosh descrita no tópico 3.5.2. Assim, a matriz base para o cálculo do índice define-se como:

$$P = GD \times GH \quad (32)$$

A partir da multiplicação, obtém-se a matriz  $P$ , na qual os elementos podem ser utilizados para calcular o índice de ligação para frente.

$$ILFE_i = \frac{1/n \sum_{j=1}^n p_{ij}}{1/n^2 \sum_{j=1}^n \sum_{j=1}^n p_{ij}} \quad (33)$$

### 3.6.3 Interpretação dos Índices de Ligação para Emissões

Pela aplicação deste método será possível mensurar o encadeamento

das emissões de um setor de acordo com suas demandas e ofertas frente a outros setores da economia, possibilitando a interpretação e conclusão de setores relevantes do ponto de vista do desenvolvimento produtivo e do controle do nível de poluição (MORTARI; OLIVEIRA, 2019).

A Tabela 4 demonstra de forma simplificada a subdivisão que classifica os setores a partir do resultado dos índices de ligação com base nas relações diretas e indiretas de emissões de GEE.

Tabela 4 – Classificação setorial segundo os índices de ligação que se baseiam nas emissões

<b>Índice de Ligação (Emissão)</b>	<b>ILTE &gt; 1</b>	<b>ILTE &lt; 1</b>
<b>ILFE &gt; 1</b>	Setor-chave de emissão	ofertante para emissores
<b>ILFE &lt; 1</b>	Demandante de emissores	Independente

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

A interpretação dos indicadores acontece da seguinte maneira:

- i. caso o setor seja classificado como setor-chave de emissão, isto ressalta sua capacidade de gerar poluição, tanto para trás, em sua cadeia produtiva, como para frente, em seus consumidores, é superior à média da economia;
- ii. caso o setor se encaixe no grupo denominado como demandante de emissores, conclui-se que se trata de um setor que demanda insumo de setores que possuem elevada capacidade de poluição;
- iii. caso o setor seja classificado no grupo ofertante para emissores, ele é um ofertante para setores com elevada capacidade de poluição;
- iv. caso se classifique como independente, o setor possui baixa emissão de poluentes durante a cadeia produtiva e os setores que demandam os seus insumos também contribuem relativamente pouco para a emissão de poluentes.

### 3.6.4 Coeficientes de variação de dispersão para Emissões

Além dos índices de ligação, foram também calculados os coeficientes de variação de dispersão para as matrizes M e P. Os coeficientes de variação de dispersão para frente e para trás estão expressos, respectivamente, nas equações 34 e 35.

$$CVE_i = \frac{\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_i (m_{ij} - \frac{1}{n} \sum_i m_{ij})^2}}{\frac{1}{n} \sum_i m_{ij}} \quad (34)$$

$$CVE_j = \frac{\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_j (p_{ij} - \frac{1}{n} \sum_j p_{ij})^2}}{\frac{1}{n} \sum_j p_{ij}} \quad (35)$$

Com estes indicadores, pode-se determinar se uma atividade tem um peso uniformizado sobre a emissão. Em outras palavras, se CV for um valor pequeno, entende-se que a emissão do setor está em torno da média, ou seja, concentrada. Caso contrário ela está dispersa em relação à média.

## 4 DISCUSSÃO DE RESULTADOS

O presente capítulo trata da apresentação dos resultados obtidos a partir da aplicação da metodologia descrita no capítulo anterior. As seguintes seções estão segregadas conformes os objetivos pormenores estabelecidos na Introdução deste trabalho.

Contudo, antes de apresentar os resultados dos objetivos propostos, é importante interpretar a segmentação das emissões de poluentes por setor econômico estudado. A Tabela 5, elaborada a partir de dados do SEEG, expressa as emissões de GEE (em  $tCO_2$ e GWP – AR5<sup>15</sup>) de cada uma das atividades econômicas consideradas neste estudo e as participações das emissões dos setores nas emissões totais. Vale ressaltar ainda que a base de dados utilizada considera apenas as emissões que ocorrem com o uso de fontes energéticas. Demais emissões não são contabilizadas.

Tabela 5 - Emissões de GEE ( $tCO_2$ e GWP – AR5) dos setores da economia brasileira, em 2018.

<b>Setor Econômico</b>	<b>Emissões em 2018 (<math>tCO_2</math>)</b>	<b>Participação (%)</b>
Agropecuária	19.799.433,9	5,2%
Extrativa Mineral	5.567.764,7	1,5%
Minerais Não Metálicos	16.366.450,7	4,3%
Siderurgia	7.600.853,5	2,0%
Metais Não Ferrosos e Outros Metais	3.780.218,3	1,0%
Papel e Celulose	5.511.066,2	1,4%
Química	14.766.936,8	3,9%
Têxtil	678.798,3	0,2%
Alimentos e Bebidas	5.763.492,9	1,5%
Comércio e Serviços	1.983.849,7	0,5%
Administração Pública	875.552,2	0,2%
Outras Indústrias	6.081.218,3	1,6%
Energético	98.212.297,0	25,7%
Transporte Terrestre	180.032.704,4	47,2%
Transporte Aéreo	10.333.264,5	2,7%
Transporte Aquaviário	4.173.316,3	1,1%

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

<sup>15</sup> Existem duas abordagens principais para determinação do carbono equivalente: o GWP (*Global Warming Potential*) e o GTP (*Global Temperature Change Potential*). O primeiro considera a influência dos gases na alteração do balanço energético da Terra. O segundo, a influência no aumento de temperatura. Ambos são medidos para um prazo de 100 anos, sendo mais comumente utilizado o GWP (SEEG).

Partindo dos dados fornecidos pelo SEEG, pode-se concluir que os setores de Transporte Terrestre e Energético são detentores das maiores emissões diretas. Em 2018, enquanto o setor Transporte Terrestre emitiu cerca de 180 milhões de  $tCO_2e$  (47% do total), o setor Energético foi responsável por aproximadamente 26% das emissões totais com 98 milhões de  $tCO_2e$ .

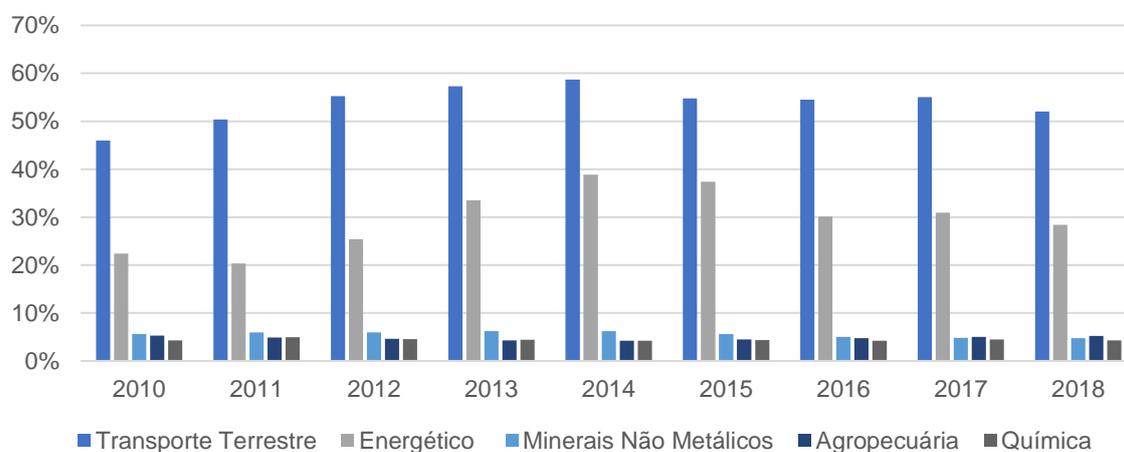
Somando-se os dois primeiros colocados, juntos eles representam cerca de 73% das emissões totais, Agropecuária, possui uma participação de 5,2% do total, com cerca de 19,8 milhões de  $tCO_2e$ .

Outros setores relevantes em número de emissões são Minerais Não Metálicos (16,4 milhões de  $tCO_2e$ ), Química (14,8 milhões de  $tCO_2e$ ) e Transporte Aéreo (10,3 milhões de  $tCO_2e$ ).

Do lado dos setores que emitem, relativamente, menos GEE, pode-se destacar os setores Têxtil (0,68 milhão de  $tCO_2e$ ) e Administração Pública (0,88 milhão de  $tCO_2e$ ). Em termos percentuais, ambos representam cerca de 0,2% do total emitido.

A partir do Gráfico 1, pode-se concluir que a estrutura tecno-econômica do Brasil não apresenta mudanças bruscas do ponto de vista de emissão direta de poluentes. Dentro do período analisado, o setor de Transporte Terrestre permanece na liderança com expressiva diferença do segundo colocado, o setor Energético.

Gráfico 1 – Quatro setores que mais emitiram poluentes entre 2010 e 2018 no Brasil

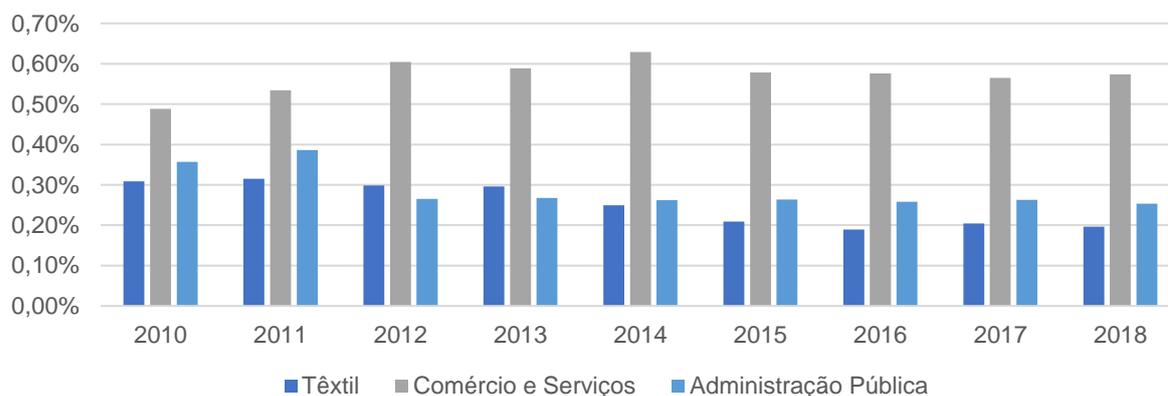


Fonte: Elaboração própria a partir de dados do SEEG, 2018.

O terceiro e quarto lugar dos maiores poluidores se alternam em cada ano. Entre 2010 e 2016, o setor Minerais Não Metálicos permaneceu em terceiro e decaiu para o posto subsequente nos dois últimos anos analisados. O quarto lugar, por sua vez, foi ocupado pelos setores Agropecuária, Química e Minerais Não Metálicos, não havendo uma padronização clara.

Invertendo a análise, de acordo com os dados do SEEG, os setores que menos contribuíram diretamente para a emissão de poluentes são Têxtil, Administração Pública e Comércio e Serviços. Dentre os destaques menos negativos, vale ressaltar que o setor Têxtil ocupou o primeiro lugar em 6 dos 9 anos analisando, como ilustra o Gráfico 2.

Gráfico 2 – Setores menos poluentes entre 2010 e 2018



Fonte: Elaboração própria a partir de dados do SEEG, 2018.

Em suma, a aplicação desta base de dados ao modelo insumo-produto revelou que existe uma concentração expressiva de emissões de poluentes em alguns setores específicos.

#### 4.1 Intensidade de carbono por trabalhador em cada setor

Agora, tendo como objetivo responder às hipóteses levantadas neste trabalho, esta e as seguintes seções almejam analisar os tópicos a partir da estrutura de insumo-produto, uma vez que a matriz permite interpretar as emissões do ponto de vista econômico-produtivo.

Vale ressaltar que, com o objetivo de compreender de forma mais plena o

impacto de cada setor no total de poluentes emitidos no país, o presente trabalho usará como base de interpretação apenas os indicadores oriundos da matriz insumo-produto.

O primeiro indicador analisado a fim de materializar o primeiro objetivo será o Gerador de Emissão na cadeia produtiva dos setores econômicos, o  $Gg_i$ . O índice, descrito na seção de metodologia, indica a parcela de poluentes gerados por unidade monetária de produto do setor  $i$ . Dessa forma, possibilita a classificação das atividades econômicas como direta e indiretamente mais ou menos poluentes. O Gráfico 3 especifica os Geradores de Emissão dos setores considerados neste estudo.

Gráfico 3 – Gerador de emissão dos setores econômicos no Brasil em 2018 ( $MtCO_2$  por R\$ 1 milhão produzido pelo setor)



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Tomando como partida toda a cadeia produtiva dos setores, o setor que mais poluiu, tanto direta quanto indiretamente, por unidade de produto foi o setor de Transporte Terrestre, com um resultado de 559,4  $tCO_2e/R\$$  milhão. Outros setores de expressivas magnitudes foram Transporte Aéreo, Minerais Não Metálicos, Transporte Aquaviário e Energético.

Por outro lado, pode-se destacar os setores Administração Pública e

Comércio e Serviços como os menos poluidores por cada milhão de reais agregados ao PIB do país, com, respectivamente, 11,9  $tCO_2e/R\$$  milhão e 21,7  $tCO_2e/R\$$  milhão.

Uma vez que se conseguiu mensurar e ranquear os setores mais e menos poluidores, é necessário analisar os setores do ponto de vista das ocupações. A partir das informações apresentadas na MIP, a posterior à agregação dos setores, pode-se ver uma concentração das vagas ocupadas no setor Comércio e Serviços com mais de 57 milhões (63% do total). Outros setores com expressivas vagas trabalhistas são, respectivamente, Administração Pública (12,4%) e Outras Indústrias (11,8%). A Tabela 6 apresenta a distribuição completa das ocupações.

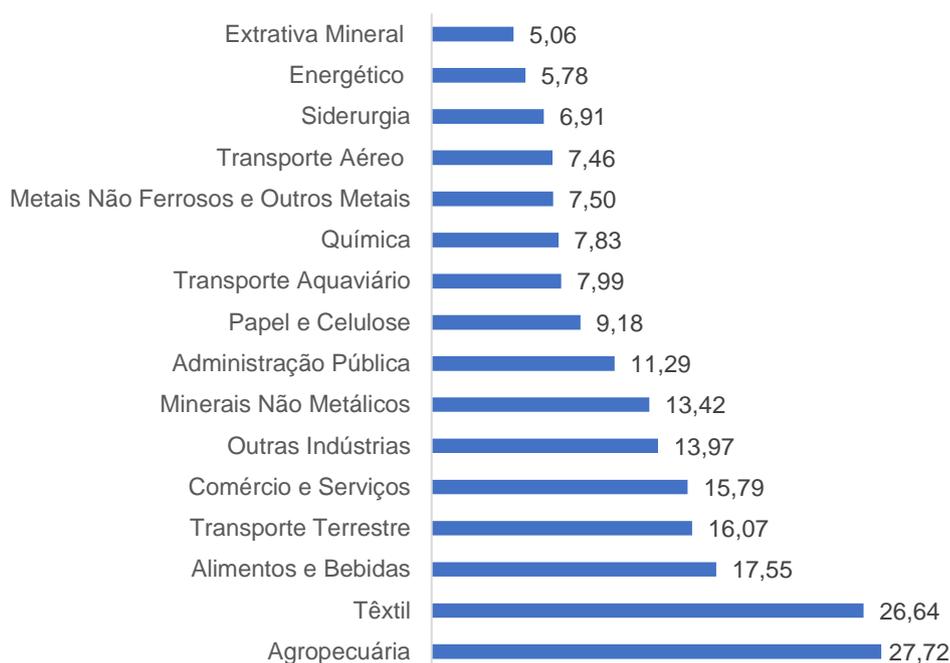
Tabela 6 – Números de ocupações totais por setor no Brasil em 2018

<b>Setor</b>	<b>Ocupações Totais</b>	<b>Participação do total (%)</b>
Agropecuária	13.380	0,01%
Extrativa Mineral	50.144	0,06%
Minerais Não Metálicos	681.821	0,75%
Siderurgia	158.250	0,17%
Metais Não Ferrosos e Outros Metais	129.157	0,14%
Papel e Celulose	201.777	0,22%
Química	759.677	0,84%
Têxtil	2.777.278	3,05%
Alimentos e Bebidas	2.415.518	2,66%
Comércio e Serviços	57.309.425	63,00%
Administração Pública	11.245.841	12,36%
Outras Indústrias	10.763.105	11,83%
Energético	278.374	0,31%
Transporte Terrestre	4.076.625	4,48%
Transporte Aéreo	60.529	0,07%
Transporte Aquaviário	52.733	0,06%

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Semelhante a análise das emissões, foi utilizado o Gerador de Emprego, o  $Ge_i$ , a fim de materializar o objetivo desta seção. O índice, por sua vez, resulta no número de vagas de trabalho direta e indiretamente geradas por cada unidade monetária resultante em toda a cadeia produtiva do setor  $i$ . O Gráfico 4 especifica os Geradores de Emprego dos setores considerados neste estudo.

Gráfico 4 – Gerador de emprego dos setores econômicos - Vagas trabalhistas por milhão de R\$ produzidos (2018)



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

O resultado do Gerador de Emprego, explicitado no Gráfico 4, mostra que os três melhores setores ranqueados em termos empregatícios são, respectivamente, Agropecuária, Têxtil e Transporte Terrestre. Apesar do efeito indireto das cadeias produtivas, todos os três setores têm a peculiaridade de demandarem diretamente mais vagas de ocupações do que indiretamente, característica expressas em seus efeitos multiplicadores menores do que a média da economia. Os respectivos efeitos multiplicadores são: Agropecuária 1,22; Têxtil 1,58; e Transporte 1,57 (em comparação com a média da economia 5.69).

Assim, com estes dois Geradores apresentados, pode-se interpretar previamente que os setores que possuem as cadeias mais empregatícias não são, necessariamente, os setores que possuem maior concentração de emissão de poluentes, com exceção de Transporte Terrestre que se destaca em ambos os indicadores.

A partir dos dois indicadores, obtém-se a mensuração do total das emissões geradas por vagas ocupadas em cada um dos setores analisados, abrangendo

as emissões ou vagas diretas e indiretas dos segmentos. A Tabela 7 mostra mais detalhadamente os setores a partir desta fração.

Tabela 7 - Ranqueamento dos setores por volume de emissões geradas ( $MtCO_2$ ) a cada vaga trabalhista

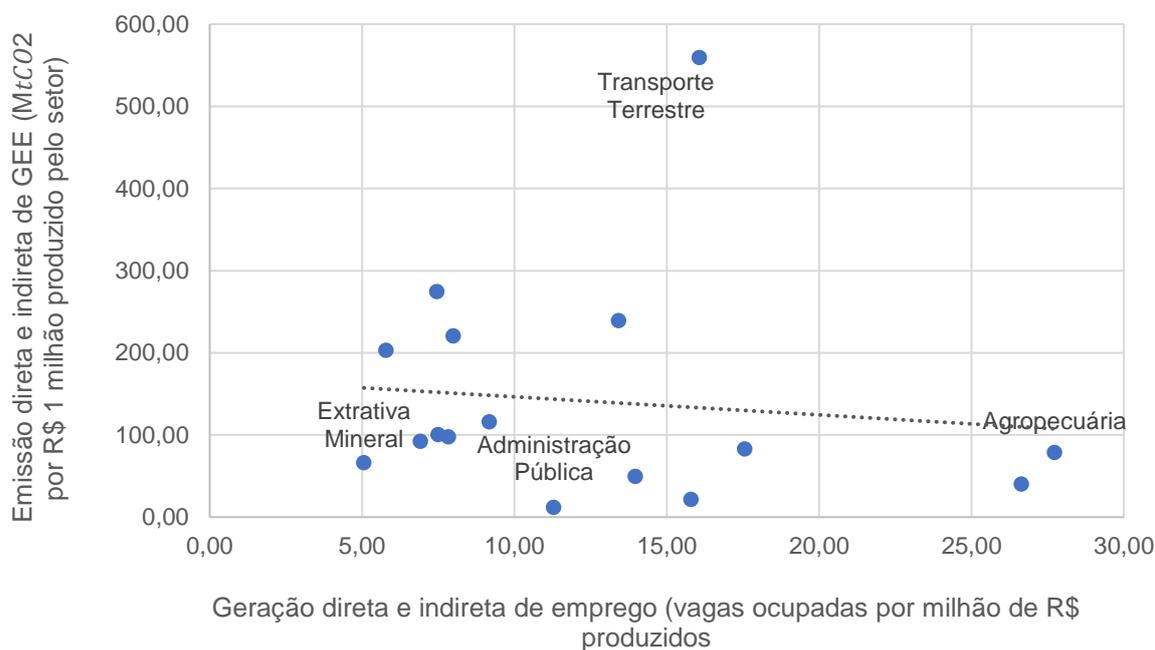
<b>Setor</b>	<b>Emissões (<math>MtCO_2</math>) / ocupação</b>	<b>Posição</b>
Transporte Aéreo	36,83	1
Energético	35,10	2
Transporte Terrestre	34,80	3
Transporte Aquaviário	27,61	4
Minerais Não Metálicos	17,82	5
Metais Não Ferrosos e Outros	13,41	6
Metais	13,33	7
Siderurgia	13,10	8
Extrativa Mineral	12,65	9
Papel e Celulose	12,50	10
Química	4,74	11
Alimentos e Bebidas	3,54	12
Outras Indústrias	2,84	13
Agropecuária	1,51	14
Têxtil	1,37	15
Comércio e Serviços	1,05	16
Administração Pública		

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Como mencionado anteriormente, os setores mais poluidores não são exatamente os setores que mais empregam, com exceção de Transporte Terrestre. Portanto, os setores que mais poluem se destacam no ranqueamento devido as suas relativas baixas capacidades de gerar direta e indiretamente vagas de ocupações. Dessa forma, apresentam maior intensidade de emissão de carbono por vaga ocupada.

O Gráfico 5, por sua vez, ilustra que os principais poluidores não são, de forma geral, os principais empregadores da economia brasileira. O gráfico apresenta uma singela queda na relação entre emissão direta e indireta de poluentes e geração direta e indireta de empregos, com exceção para o setor de Transporte Terrestre.

Gráfico 5 – Relação entre emissão direta e indireta de poluentes e geração direta e indireta de empregos (2018)



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

#### 4.2 Setores com maiores e menores números de emprego por tonelada de gases emitidos em 2018

A fim de analisar as cadeias produtivas de cada setor, os segmentos da economia estudados neste trabalho foram agrupados em três macro grupos. O agrupamento aconteceu com base nas proporções de intensidade de emissão por vaga de trabalho entre os setores econômicos, mais detalhado na Tabela 8.

O primeiro grupo compõe desde a primeira até a quarta posição do ranking, apresentado na Tabela 8. O segundo grupo, por sua vez, contempla os outros 5 consecutivos setores, do quinto ao décimo colocado. Já no terceiro grupo, os demais colocados.

Tabela 8 – Agrupamento dos setores com base na intensidade das emissões por vaga trabalhista

	<b>Setor</b>	<b>Emissões (MtCO<sub>2</sub>) / ocupação</b>
<b>Grupo 1</b>	Transporte Aéreo	36,83
	Energético	35,10
	Transporte Terrestre	34,80
	Transporte Aquaviário	27,61
<b>Grupo 2</b>	Minerais Não Metálicos	17,82
	Metais Não Ferrosos e Outros	13,41
	Metais	
	Siderurgia	13,33
	Extrativa Mineral	13,10
	Papel e Celulose	12,65
	Química	12,50
<b>Grupo 3</b>	Alimentos e Bebidas	4,74
	Outras Indústrias	3,54
	Agropecuária	2,84
	Têxtil	1,51
	Comércio e Serviços	1,37
	Administração Pública	1,05

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

#### 4.2.1 Grupo 1

O primeiro grupo, do ponto de vista ambiental, é o mais preocupante, pois apresenta maiores taxas de emissão de poluentes em comparação aos demais. Na média, o grupo emite 2,3 vezes mais poluentes atmosféricos do que os demais setores da economia, destacando o setor de Transporte Terrestre que apresenta uma proporção superior em 4,0 vezes em relação aos demais setores da economia. Ainda sobre poluição atmosférica, todos os setores do grupo 1 emitem mais direta do que indiretamente no processo produtivo, em comparação com os demais setores, devido ao seu multiplicador de emissão bem abaixo da média da economia. Na tabela 9, pode-se observar as informações mais detalhadamente.

Se referindo ao mercado de trabalho, são setores que demandam menos ocupações de trabalho que a média, com exceção de Transporte Terrestre que é um grande demandante direto de mão-de-obra. Os setores Energético, Transporte Aéreo e Aquaviário são segmentos econômicos que contribuem mais de forma indireta na formação de postos de trabalho ao considerarmos suas

capacidades de gerar um número expressivo de ocupações durante sua cadeia produtiva, destacando o setor Energético com um multiplicador de emprego igual a 17,4.

Tabela 9 – Indicadores de emissão de poluentes e vagas trabalhistas por setor

<b>Grupo 1</b>	<b>Gerador de Emprego<sup>16</sup></b>	<b>Gerador de Emissão<sup>17</sup></b>	<b>Multiplicador Emprego<sup>18</sup></b>	<b>Multiplicador Emissão<sup>19</sup></b>
Transporte Aéreo	7,46	274,59	5,52	1,19
Energético	5,78	202,97	17,14	1,71
Transporte Terrestre	16,07	559,40	1,57	1,24
Transporte Aquaviário	7,99	220,51	3,49	1,22
Média grupo	9,32	314,37	6,93	1,34
Média total	12,34	138,56	5,66	8,56

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

#### 4.2.2 Grupo 2

Os setores que compõem o segundo agrupamento apresentam aspectos semelhantes, apesar de alguns *outliers*. Do ponto de vista de emissões, os setores apresentam uma média abaixo da economia e concentram suas emissões no processo produtivo direto, ao invés de dispersá-lo no encadeamento produtivo devido ao seu multiplicador de emissões médio igual a 2,47 (em comparação com o multiplicador médio da economia igual a 8,56). Contudo, ao compará-los com o primeiro grupo, os setores concentram mais poluentes ao decorrer da cadeia pois a média do multiplicador de emissões do primeiro grupo é igual a 1,34. Na tabela 10, pode-se observar as informações mais detalhadamente.

<sup>16</sup> Gerador de Emprego mostra o número de ocupações direta e indiretamente ofertado por setor ao longo da cadeia produtiva.

<sup>17</sup> Gerador de Emissão mostra o número de poluentes ( $tCO_2e$ ) direta e indiretamente ofertado por setor ao longo da cadeia produtiva.

<sup>18</sup> Multiplicador de Emprego mensura a capacidade do setor em gerar postos de trabalho de forma indireta a partir do número de ocupações diretas.

<sup>19</sup> Multiplicador de Emissões mensura a capacidade do setor em emitir poluentes de forma indireta a partir das emissões diretas.

Tabela 10 – Indicadores de emissão de poluentes e vagas trabalhistas por setor

<b>Grupo 2</b>	<b>Gerador de Emprego</b>	<b>Gerador de Emissão</b>	<b>Multiplicador Emprego</b>	<b>Multiplicador Emissão</b>
Minerais Não Metálicos	13,42	239,20	2,05	1,52
Metais Não Ferrosos e Outros				
Metais	7,50	100,56	5,31	2,43
Siderurgia	6,91	92,16	10,59	2,94
Extrativa Mineral	5,06	66,29	22,81	2,69
Papel e Celulose	9,18	116,05	4,98	2,31
Química	7,83	97,92	4,53	2,91
Média grupo	8,32	118,70	8,38	2,47
Média total	12,34	138,56	5,66	8,56

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Sobre ocupações, apenas o setor Minerais Não Metálicos gera direta e indiretamente mais postos de trabalho do que a média da economia. O grupo como um todo apresenta a menor capacidade de gerar vagas trabalhistas por unidade monetária produzida em decorrência da média do gerador de emprego do grupo igual a 8,32.

#### 4.2.3 Grupo 3

O terceiro grupo se destaca entre os demais, pois apresenta elevada capacidade de gerar vagas trabalhistas tanto direta quanto indiretamente. Além disso, todos os setores que o compõem possuem cadeias produtivas que emitem menos poluente do que a média da economia. Dessa forma, estes setores empregam mais e poluem menos, por unidade monetária produzida, relativamente. A Tabela 11 apresenta mais detalhes.

Tabela 11 – Indicadores de emissão de poluentes e vagas trabalhistas por setor

<b>Grupo 3</b>	<b>Gerador de Emprego</b>	<b>Gerador de Emissão</b>	<b>Multiplicador Emprego</b>	<b>Multiplicador Emissão</b>
Alimentos e Bebidas	17,55	83,13	5,55	11,01
Outras Indústrias	11,29	11,83	1,42	19,09
Agropecuária	27,72	78,81	1,22	2,34

Têxtil	26,64	40,10	1,58	9,75
Comércio e Serviços	15,79	21,67	1,40	55,61
Administração Pública	11,29	11,83	1,42	19,09
Média grupo	18,38	41,23	2,44	10,55
Média total	12,34	138,56	5,93	8,20

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Comparando os grupos, o terceiro apresenta as melhores conjunturas do ponto de vista de número de vagas ocupadas e emissões totais de poluentes na cadeia produtiva. Ao selecionar os setores que alinham as maiores taxas empregatícias com os menores índices de poluição obtemos: Têxtil, Comércio e Serviços e Outras Indústrias, todos presentes no grupo 3. Em contrapartida, os setores que compõe o grupo 1 apresentam, relativamente, maiores taxas de emissões.

#### 4.3 Impactos possíveis no mercado de trabalho caso ocorra variações de emissão de poluentes

A partir da razão entre os indicadores geradores de emissões ( $Gg_i$ ) e de empregos ( $Ge_i$ ), obtém-se a relação entre as quantidades de emissões de poluentes por ocupação no mercado de trabalho brasileiro. Este indicador é a base de toda análise da seção.

Gráfico 6 – Razão entre os geradores de emissões e empregos ( $tCO_2e$  por vaga de trabalho)

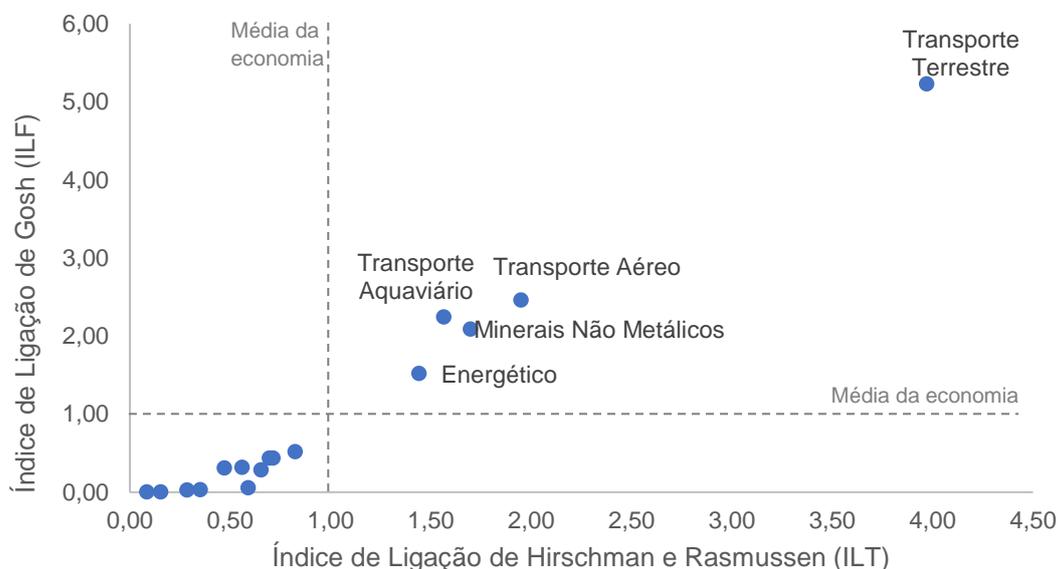


Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Pressupondo que não aconteça mudanças na tecnologia implementada na economia acerca da temática e que as reduções das emissões aconteçam via contração da atividade econômica, os efeitos sobre o mercado de trabalho podem ser variados. Dentre as possibilidades de redução de emissões de carbono, o presente trabalho se concentrou na estratégia de contração da atividade econômica dos setores que compõem o grupo 1 – delimitado anteriormente como o mais poluente na economia brasileira (vide seção 4.2.1. para mais detalhes).

A escolha do grupo leva em consideração a altíssima contribuição das suas cadeias produtivas para as emissões de poluentes, identificadas pela relação de volume emitido por vaga de trabalho existente e pelos coeficientes de variação de dispersão para trás (CVT) e para frente (CVF). Ademais, analisou-se também o Índice de Ligação de Hirschman e Rasmussen (ILTE) e o Índice de Ligação de Ghosh (ILFE), os quais se baseiam na matriz básica de Leontief ponderada pela matriz diagonal de emissão de GEE, para complementar a escolha.

Gráfico 7 – Índice de Ligação de Hirschman e Rasmussen (ILTE) e Índice de Ligação de Ghosh (ILFE) baseados nas emissões ao longo da cadeia do Grupo 1



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

A partir dos índices de ligação, pode-se classificar os setores do Grupo 1 como Setores-chave na emissão, ou seja, com alta capacidade de gerar

poluição, tanto para trás, em sua cadeia produtiva, quanto para frente, em seus demandantes.

Por sua vez, para a análise dos coeficientes de variação de dispersão, comparou-se os valores de cada setor com a média da economia. Caso o valor mensurado fosse maior que ao da economia, a emissão do setor seria classificada como concentrada. Em cenário contrário, como distribuída. A Tabela 12 apresenta os resultados para cada setor da economia.

Tabela 12 – Coeficientes de variação para trás (CVT) e para frente (CVF)

	CVTE <sup>20</sup>	Emissão de poluentes dos setores demandantes	CVFE <sup>21</sup>	Emissão de poluentes dos setores ofertantes
Agropecuária	1,94	Concentrada	2,37	Concentrada
Extrativa Mineral	1,81	Concentrada	1,94	Concentrada
Minerais Não Metálicos	2,87	Distribuída	1,91	Concentrada
Siderurgia	1,99	Concentrada	2,61	Distribuída
Metais Não Ferrosos e Outros Metais	2,16	Concentrada	2,41	Concentrada
Papel e Celulose	2,15	Concentrada	2,31	Concentrada
Química	2,05	Concentrada	2,00	Concentrada
Têxtil	1,96	Concentrada	3,41	Distribuída
Alimentos e Bebidas	1,93	Concentrada	3,04	Distribuída
Comércio e Serviços	2,17	Concentrada	2,90	Distribuída
Administração Pública	2,04	Concentrada	3,74	Distribuída
Outras Indústrias	1,70	Concentrada	3,13	Distribuída
Energético	3,24	Distribuída	2,22	Concentrada
Transporte Terrestre	3,54	Distribuída	1,96	Concentrada
Transporte Aéreo	3,25	Distribuída	2,04	Concentrada
Transporte Aquaviário	3,30	Distribuída	1,66	Concentrada

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

De acordo com os coeficientes, os setores do grupo 1 (Energético, Transporte Terrestre, Aéreo e Aquaviário) demandam insumos de segmentos que possuem cadeias de produção com uma emissão dispersa de GEE, como demonstra a coluna Emissão de poluentes dos setores demandantes.

Entretanto, os setores que demandam os insumos dos setores do grupo

<sup>20</sup> Utilizando o desvio padrão, o CVT (Coeficiente de Variação para Trás) possui a finalidade de mensurar a concentração do indicador poluição ao longo da cadeia produtiva.

<sup>21</sup> Semelhante ao CVT, o CVF (Coeficiente de Variação para Frente) analisa as emissões de poluentes dos setores que demandam insumos do setor em questão.

1 possuem uma concentração das emissões do longo de suas cadeias produtivas.

Após a apresentação de alguns indicadores do grupo 1, pode-se mensurar o impacto na economia caso ocorra a variação negativa de R\$ 1 milhão na demanda final dos setores que compõem o grupo.

Tabela 13 - Soma dos indicadores de Gerador de Emprego e de Emissão para cada grupo

<b>Grupo</b>	<b>Soma dos índices gerador de emprego</b>	<b>Soma dos índices gerador de emissão</b>
Grupo 1	37,30	1257,47
Grupo 2	49,91	712,18
Grupo 3	110,27	247,38

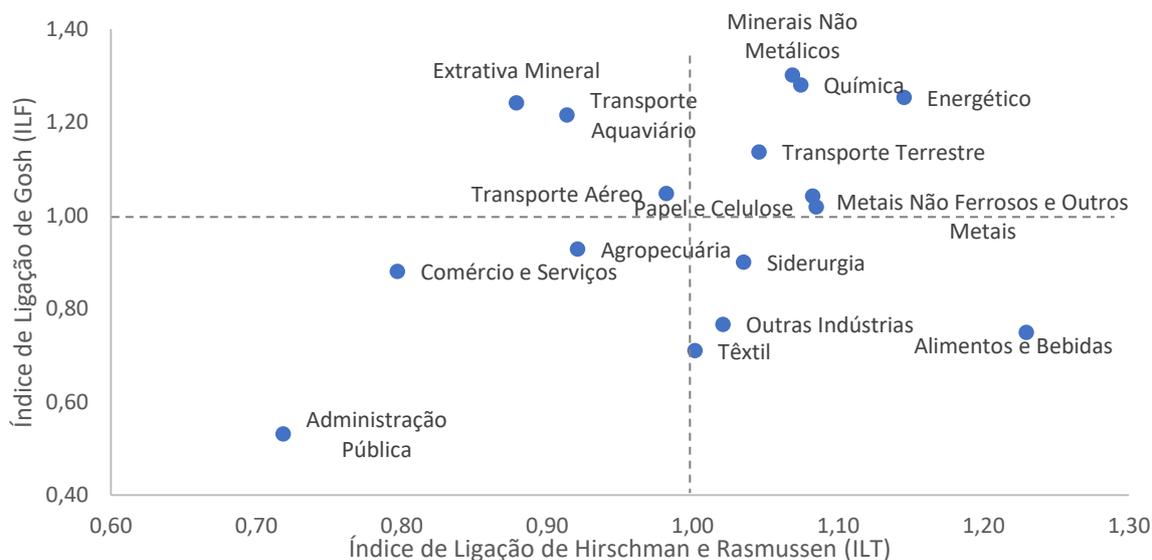
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Com base nos valores informados pela Tabela 13, pode-se identificar o Grupo 1 como o mais estratégico do ponto de vista de contração das emissões. O grupo seria o mais eficiente pois conseguiria, comparativamente, evitar uma maior quantidade de emissão de GEE e afetar menos vagas de trabalho.

A interpretação dos dados seria: a cada variação negativa de R\$ 1 milhão na produção dos setores que compõem o grupo 1, há uma contração de 37,30 vagas ocupadas e se evita a emissão de 1.257,47  $tCO_2e$  na atmosfera.

Entretanto, os setores classificados como os mais estratégicos do ponto de vista de emissão, também são importantes para a atividade econômica. Os quatro setores que compõe o grupo 1 (Energético, Transporte Terrestre, Transporte Aéreo e Transporte Aquaviário) além de serem segmentos-chave do ponto de vista de emissão, possuem um alto encadeamento ao longo de suas respectivas cadeias produtivas. Em outras palavras, pode-se afirmar que os setores mais poluentes também são os que estimulam outros setores da economia.

Gráfico 8 – Índice de Ligação de Hirschman e Rasmussen (ILT) e Índice de Ligação de Gosh (ILF) baseado nas atividades econômicas



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Portanto, pode-se afirmar que há um efeito indireto em outros segmentos da economia caso aconteça o controle das emissões de poluentes via controle da atividade econômica dos setores que compõe o Grupo 1, como demonstra os Índice de Ligação de Hirschman e Rasmussen (ILT) e Índice de Ligação de Gosh (ILF) dos setores que apresentam valores superiores a 1 (Gráfico 8).

Os setores Energético e Transporte Terrestre são classificados como chave, em outras palavras, possuem forte encadeamento produtivo tanto para a estrutura de setores que fornecem insumos quanto para os setores que demandam seus serviços ou produtos.

Enquanto isso, os setores Transporte Aéreo e Transporte Aquaviário são classificados como Fortemente Relacionados para a Frente. Essa nomenclatura, por sua vez, caracteriza esses setores como fundamentais para a cadeia que se origina a partir dos seus produtos ou serviços.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A emissão de GEE advinda de fontes antropológicas tem causado desequilíbrios na natureza, como, por exemplo, as mudanças climáticas. Devido à complexidade do problema, nenhum país sozinho será capaz de mitigar os desafios impostos pelos desequilíbrios no meio ambiente. Desta forma, há algumas décadas ocorrem convenções internacionais com as principais economias do mundo, a fim de debater e promover promessas de mudança para a emissão de GEE. Dentre os encontros mais relevantes, pode-se citar as COPs (Conferências das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas) realizadas todos os anos desde 1995, como a de Kyoto (1997) e de Paris (2015).

A fim de amenizar os impactos que as atividades humanas têm gerado na atmosfera terrestre, mudanças na conjuntura econômica são relevante para o controle das emissões. Contudo, algumas medidas de controle de emissões são capazes de refletir, negativamente, no desempenho da economia. Assumindo que todas as emissões estão linearmente relacionadas ao nível de produção, restrições sobre as emissões podem impactar a atividade econômica.

No Brasil, dado que, historicamente, o menor crescimento econômico comprometeu a geração de empregos e resultou na ampliação do desemprego e dos postos de trabalho informal, o controle das emissões tem relativa capacidade de impactar o emprego, caso a redução de poluentes impacte a atividade econômica.

Desta forma, o presente trabalho realizou um estudo acerca das emissões de poluentes, dimensionando o volume de poluição proporcional a cada setor da economia, a partir das emissões de GEE disponibilizadas pela SEEG, alinhada a estrutura de vagas ocupadas da economia brasileira. Vale ressaltar que a base de dados utilizada considera apenas as emissões que ocorrem com o uso de fontes energéticas. Demais emissões não foram contabilizadas.

A metodologia empregada foi o Modelo Insumo-Produto, o qual mensura a geração de poluição em relação ao nível de produção. Assim, a estrutura possibilitou o estudo sobre o comportamento das emissões de poluentes dentro da conjuntura macroeconômica. A partir deste estudo, pode-se afirmar que as restrições de GEE, considerando a manutenção da tecnologia, afetam

negativamente o desempenho econômico e a empregabilidade da economia.

Em suma, o estudo revelou duas principais contribuições: (i) existe uma concentração expressiva de emissões de poluentes em alguns setores específicos; e (ii) há uma relação inversa, embora tênue, entre emissores e empregadores. Em outras palavras, pode-se identificar que os setores que mais empregam não são necessariamente os que possuem maior contribuição para a poluição atmosférica. Além disso, os resultados da pesquisa confirmaram a hipótese de que o controle das emissões poderia impactar de forma negativa na atividade econômica e no mercado de trabalho.

Ao ranquear os setores estudados por volume de emissão de GEE ( $MtCO_2$ ) a cada vaga trabalhista, os setores que mais poluem se destacam no ranqueamento devido as suas baixas capacidades relativas de gerar direta e indiretamente vagas de ocupações e, dessa forma, apresentam maior intensidade de emissão de carbono por vaga trabalhista.

Os setores que mais poluem por vaga ocupada, tanto de forma direta quanto indireta, são Transporte Aéreo, Energético, Transporte Terrestre e Transporte Aquaviário. Os indicadores que refletem o volume de emissão ( $tCO_2e$ ) por vaga trabalhista dos setores mencionados são, respectivamente, 36,83; 35,10; 34,80 e 27,61 – valores detalhados no Apêndice C.

Dentre as possibilidades de redução de emissões de carbono, o presente trabalho se concentrou na estratégia de contração da atividade econômica dos setores que compõem o grupo 1 – delimitado anteriormente como o mais poluente na economia brasileira.

Contudo, com o estudo pode-se identificar que os quatro setores do grupo 1 além de serem segmentos-chave do ponto de vista de emissão, possuem um alto encadeamento ao longo de suas respectivas cadeias produtivas e estimulam, tanto positiva quanto negativamente, outros setores da economia. Assim, um controle de emissões via estes setores afetaria de forma negativa o mercado de trabalho e a atividade econômica.

Para o emprego, sem mudanças tecnológicas na economia, os efeitos indiretos no mercado de trabalho seriam mais expressivos que os diretos em uma possível redução das emissões de carbono via contração da atividade dos setores mais poluentes, uma vez que estes setores possuem multiplicadores de

emprego elevados, principalmente o Energético. Em outras palavras, empregam mais indiretamente do que diretamente.

Em relação a atividade econômica, os setores do grupo 1 são classificados ou como chave ou como Fortemente Relacionados para a Frente.

Os setores Energético e Transporte Terrestre são classificados como chave, em outras palavras, possuem forte encadeamento produtivo, tanto para a estrutura de setores que fornecem insumos quanto para os setores que demandam seus serviços ou produtos.

Enquanto isso, os setores Transporte Aéreo e Transporte Aquaviário são classificados como Fortemente Relacionados para a Frente. Essa nomenclatura, por sua vez, caracteriza esses setores como fundamentais para a cadeia que se origina a partir dos seus produtos ou serviços.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L.T. **Política ambiental: uma análise econômica**. Campinas: Unesp/Papirus, 1998.

ANDRADE, Daniel Caixeta. **Economia e meio ambiente: aspectos teóricos e metodológicos nas visões neoclássica e da economia ecológica**. Leituras de Economia Política, Campinas, v.14, n. 31, ago./set. 2008.

BLUMENSCHNEIN, R. N.; FERRARI, F.; VALENÇA, M.; DADAMOS, R.; LONGUI, F.; MAURY, M. B. Resiliência Urbana no Brasil - Levantamento de Dados e Ferramenta de Diagnóstico. **Relatório de Projeto e Pesquisa**. Universidade de Brasília (UnB), FAU/CDS/FGA/LACIS, Building Research Establishment – BRE, Brasília, Brasil, 2016.

BRAGA, Alfesio; PEREIRA, Luiz Alberto Amador; SALDIVA, Paulo Hilário Nascimento. Poluição atmosférica e seus efeitos na saúde humana. **Trabalho apresentado no evento de sustentabilidade na geração e uso de energia, UNICAMP**, v. 18, 2002.

CANTO, A. **Avaliação dos indicadores de energia e emissões de GEE da gasolina e óleo diesel no Brasil através da análise de insumo-produto**. Dissertação de mestrado. Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2014.

CARE CLIMATE CHANGE. **G20 and climate change**. Disponível em: <<https://careclimatechange.org/wp-content/uploads/2017/06/G20-REPORT-.pdf>>. Acessado em 13 de março de 2023.

CARVALHEIRO, N. **Observações sobre a elaboração da matriz de insumo-produto**. Pesquisa e Debate. 1998; v. 9, n. 14, p. 139-157.

CARVALHO, Terciane Sabadini; PEROBELLI, Fernando Salgueiro. **Avaliação da intensidade de emissões de CO<sub>2</sub> setoriais e na estrutura de exportações: um modelo interregional de insumo-produto São Paulo/restante do Brasil**. Economia Aplicada, v. 13, n. 1, p. 99-124, 2009.

CASLER, Stephen D.; BLAIR, Peter D. Economic structure, fuel combustion, and pollution emissions. **Ecological Economics**, v. 22, n. 1, p. 19-27, 1997.

CASTELAO, Raul Asseff; DE SOUZA, Celso Correia; FRAINER, Daniel Massen. Aplicações da Matriz Insumo-Produto em análises ambientais no Brasil: uma revisão sistemática de literatura. **Ciência e Natura**, v. 41, p. 17, 2019.

CASTRO, Alisson Silva de. **Crescimento econômico e emissões de  $CO_2$  nos países do BRICS: uma análise de cointegração em painel**. 2017. Dissertação de Mestrado. Brasil.

CHANGE, Avoiding Dangerous Climate *et al.* **Avoiding dangerous climate change**. Cambridge University Press, 2006.

CHANGE, Climate. Climate change. **Synthesis Report**, 2001.

CLASSIFICAÇÃO NACIONAL DE ATIVIDADES ECONÔMICAS (CNAE). Disponível em <<https://concla.ibge.gov.br/>>. Acesso em agosto de 2022.

DA COSTA SILVA, Robson Willians; DE PAULA, Beatriz Lima. Causa do aquecimento global: antropogênica versus natural. **Terræ Didática**, v. 5, n. 1, p. 42-49, 2009.

DE ALBUQUERQUE, Bruno Pinto. **As relações entre o homem e a natureza e a crise sócio-ambiental**. Rio de Janeiro, RJ. Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio, Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), 2007.

DE SOUZA, Adriano Martins *et al.* Estrutura produtiva do Brasil, Rússia, Índia e China (BRIC) e seus impactos nas emissões de dióxido de carbono ( $CO_2$ ). **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 34, 2015.

FEIJÓ, Carmem Aparecida; RAMOS, R. L. **Contabilidade social: o novo sistema de contas nacionais do Brasil**. [SI]: Ed. 2001.

FIGUEIREDO, N. R. M.; ARAÚJO JÚNIOR, I. T.; PEROBELLI, F. S. Construção da matriz de insumo-produto híbrida para o estado de Pernambuco e avaliação da intensidade energética e de emissões de  $CO_2$  setorial. Banco do Nordeste, v. 1, n. 1, p. 1-20, 2009.

GLOBAL CLIMATE CHANGE. **Carbon Dioxide**. Disponível em: <<https://climate.nasa.gov/vital-signs/carbon-dioxide/>>. Acessado em 13 de março de 2023.

GOMEZ OLIVARES, M. G. **Causas do desemprego: uma reflexão teórica**. 1989. 254 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado em Economia) – Instituto Superior de Economia, Universidade Técnica de Lisboa, 1989.

GONÇALVES JUNIOR, Carlos Alberto *et al.* O impacto do Programa Minha Casa, Minha Vida na economia brasileira: uma análise de insumo-produto. **Ambiente Construído**, v. 14, p. 177-189, 2014.

GREENHALGH, Christine *et al.* **Labour Productivity and Product Quality: Their Growth and Inter-industry Transmission in the UK 1979 to 1990.** 1997.

GUILHOTO, Joaquim *et al.* Estimação da Matriz Insumo-Produto Utilizando Dados Preliminares das Contas Nacionais: Aplicação e Análise de Indicadores Econômicos para o Brasil em 2005 (Using Data from the System of National Accounts to Estimate Input-Output Matrices: An Application Using Brazilian Data for 2005). Available at SSRN 1836495, 2010.

GUILHOTO, J. J. M. **Input-output analysis: Theory and foundations (Análise de insumo produto: teoria e fundamentos).** [Mimeo]. Universidade de São Paulo. São Paulo. 2011.

GUILHOTO, J. J. M., SESSO FILHO, U. A. Estimação da matriz de insumo-produto a partir de dados preliminares das Contas Nacionais, **Economia Aplicada**, v. 9, n. 2, p. 277-299, abr./jun, 2005.

GUILHOTO, Joaquim *et al.* Índices De Ligações E Setores Chave Na Economia Brasileira: 1959-1980 (Linkages and Key-Sectors in the Brazilian Economy: 1959-1980). **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 24, n. 2, p. 287-314, 1994.

HETHERINGTON, Robert. An input-output analysis of carbon dioxide emissions for the UK. **Energy conversion and management**, v. 37, n. 6-8, p. 979-984, 1996.

HILGEMBERG, Emerson Martins. **Quantificação e efeitos econômicos do controle de emissões de CO<sub>2</sub> decorrentes do uso de gás natural, álcool e derivados de petróleo no Brasil: um modelo interregional de insumo-produto.** 2004. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

HILGEMBERG, Emerson Martins; GUILHOTO, Joaquim JM. Uso de combustíveis e emissões de CO<sub>2</sub> no Brasil: um modelo inter-regional de insumo-produto. **Nova Economia**, v. 16, n. 1, p. 49-99, 2006.

KRZYSCZAK, Fabio Roberto. As diferentes concepções de meio ambiente e suas visões. **Revista de Educação do IDEAU**, v. 11, n. 23, p. 1-17, 2016.

LASSIO, João Gabriel. **Análise Insumo-Produto Ambiental: uma aplicação do modelo de commodities ecológicas no apoio a gestão ambiental intersetorial.** Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), 2020.

LENZEN, M.; SCHAEFFER, R.; KARSTENSEN, J.; PETERS, G. P. Drivers of

change in Brazil's carbon dioxide emissions, **Climatic Change**, v. 121, p. 815-824, 2013.

MACHADO, G.; SCHAEFFER, R.; WORRELL, E. Energy and carbon embodied in the international trade of Brazil an input-output approach. **Ecological Economics**, 2001.

MAGALHÃES, A. S. **Economia de baixo carbono no Brasil: Alternativas de políticas e custo de redução de emissões de gases de efeito estufa**. 2013. 290 f. Tese (Doutorado em Economia). Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, 2013.

MATA, Henrique Tomé da Costa. **Impactos da poluição industrial na economia brasileira**. 2001. 179 f. Tese (Doutorado em Economia Rural) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2001.

MILLER, R. E.; BLAIR, P. D. **Input-Output Analysis: Foundations and Extensions**. 2ed. Cambridge: University Press, 2009.

MONTOYA, Marco Antonio; LOPES, Ricardo Luis; GUILHOTO, Joaquim José Martins. Desagregação setorial do balanço energético nacional a partir dos dados da matriz insumo-produto: Uma avaliação metodológica. **Economia Aplicada**, v. 18, n. 3, p. 379-419, 2014.

MONTOYA, Marco Antonio; PASQUAL, Cássia Aparecida. O uso setorial de energia renovável versus não renovável e as emissões de  $CO_2$  na economia brasileira: um modelo insumo-produto híbrido para 53 setores. **Pesquisa e planejamento econômico**, v. 45, n. 2, p. 289-335, 2015.

MORETTO, Amilton J.; PRONI, Marcelo Weishaupt. O desemprego no Brasil: análise da trajetória recente. **Revista Economia e Desenvolvimento**, 2011.

MORTARI, V. S. ; OLIVEIRA, M. A. S. . Analysis of Brazilian industry's dependency on imported inputs between 2000 and 2014. **Cepal Review**, v. 127, p. 131-152, 2019.

PAO, Hsiao-Tien; TSAI, Chung-Ming. Modeling and forecasting the  $CO_2$  emissions, energy consumption, and economic growth in Brazil. **Energy**, v. 36, n. 5, p. 2450-2458, 2011.

PARA A AMÉRICA, ONU Comissão Econômica. **Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas**. 2018.

POCHMANN, Márcio. **O emprego no desenvolvimento da nação**. Boitempo

Editorial, 2015.

POCHMANN, Marcio. Ajuste econômico e desemprego recente no Brasil metropolitano. **Estudos avançados**, v. 29, n. 85, p. 7-19, 2015.

RAMOS, E. C. Educação ambiental: evolução histórica, implicações teóricas e sociais. Uma avaliação crítica. Curitiba, 1996. Dissertação de mestrado – UFPR.

REINERT, José Nilson. Desemprego: causas, conseqüências e possíveis soluções. **Revista de Ciências da Administração**, p. 45-48, 2001.

REIGOTA, Marcos. Relatório de Atividades do Grupo de Estudos (GE22) em Educação Ambiental da ANPED. **Quaestio-Revista de Estudos em Educação**, v. 6, n. 1, 2004.

ROSEIRO, Maria Nazareth Vianna; TAKAYANAGUI, Angela Maria Magosso. Meio ambiente e poluição atmosférica: o caso da cana-de-açúcar. **Saúde (Santa Maria)**, v. 30, n. 1-2, p. 76-83, 2004.

SCHUSCHNY, Andrés Ricardo. **Tópicos sobre el modelo de insumo-producto: teoría y aplicaciones**. Cepal, 2005.

SISTEMA DE ESTIMATIVAS DE EMISSÕES DE GEE (SEEG) – Observatório do Clima, 2021. V8.0. **Base de dados**. Disponível em <<http://seeg.eco.br/download>>. Acesso em junho de 2022.

VAN DEN BERGH, J. C. J. M. **Ecological economics: themes, approaches, and differences with environmental economics**. Tinbergen Institute Discussion Paper, Department of Spatial Economics, Free University: Amsterdam, 2000.

WEYANT, John P. Costs of reducing global carbon emissions. **Journal of Economic Perspectives**, v. 7, n. 4, p. 27-46, 1993. Acesso em fevereiro 2022.

YOUNG, C.E.F. International trade and industrial emissions in Brazil: an input-output approach. In: **Internacional Conference on Input-Output Techniques**, 13., Macerata, 2000.

## APÊNDICES

- APÊNDICE A. Setores das matrizes de insumo-produto do Brasil de 2018
- APÊNDICE B. Compatibilização dos setores do Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG) com as matrizes de insumo-produto para o Brasil de 2018
- APÊNDICE C. Indicador que mensura o volume de GEE ao longo da cadeia produtiva de um setor por uma vaga de ocupação (trabalho)
- APÊNDICE D. Índice de Ligação de Hirschman e Rasmussen (ILT), Índice de Ligação de Gosh (ILF), Coeficiente de Variação para Trás (CVT) e Coeficiente de Variação para Frente (CVF) a partir da relação de emissão de poluentes no modelo insumo produto
- Apêndice E. Índice de Ligação de Hirschman e Rasmussen (ILT), Índice de Ligação de Gosh (ILF), Coeficiente de Variação para Trás (CVT) e Coeficiente de Variação para Frente (CVF) a partir da relação de produção no modelo insumo produto

## ANEXO A - Setores das matrizes de insumo-produto do Brasil de 2018

(Continua)

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 coquerias
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

(Conclusão)

<b>Setores</b>	
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

Fonte: Elaboração própria com base em Guilhoto e Sesso Filho (2005, 2010).

**Apêndice B - Compatibilização dos setores do Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG) com as matrizes de insumo-produto para o Brasil de 2018**

(Continua)

<b>Agregação das matrizes de insumo-produto (68 x 68) → (16 x 16)</b>	<b>Agregação das matrizes (16 x 16) com os dados do SEEG</b>
<p><b>1. Agropecuário</b>  Agricultura, inclusive o apoio à agricultura e a pós-colheita.  Pecuária, inclusive o apoio à pecuária.  Produção florestal; pesca e aquicultura</p>	<p><b>1. Agropecuário</b>  Agropecuária.</p>
<p><b>2. Extrativa Mineral</b>  Extração de petróleo e gás, inclusive as atividades de apoio.</p>	<p><b>2. Extrativa Mineral</b>  Mineração e Pelotização.</p>
<p><b>3. Minerais Não Metálicos</b>  Extração de carvão mineral e de minerais não metálicos.  Fabricação de produtos de minerais não metálicos.</p>	<p><b>3. Minerais Não Metálicos</b>  Cerâmica.  Cimento.</p>
<p><b>4. Siderurgia</b>  Extração de minério de ferro, inclusive beneficiamentos e a aglomeração.  Produção de ferro-gusa/ferroligas, siderurgia e tubos de aço sem costura.</p>	<p><b>4. Siderurgia</b>  Ferro Gusa e Aço.  Ferro Ligas.</p>
<p><b>5. Metais Não Ferrosos e Outros Metais</b>  Extração de minerais metálicos não-ferrosos, inclusive beneficiamentos.  Metalurgia de metais não-ferrosos e a fundição de metais.</p>	<p><b>5. Metais Não Ferrosos e Outros Metais</b>  Não Ferrosos e Outros da Metalurgia.</p>
<p><b>6. Papel e Celulose</b>  Fabricação de celulose, papel e produtos de papel.</p>	<p><b>6. Papel e Celulose</b>  Papel e Celulose.</p>
<p><b>7. Química</b>  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.  Fabricação de produtos de borracha e de material plástico.</p>	<p><b>7. Química</b>  Química.</p>
<p><b>8. Têxtil</b>  Fabricação de produtos têxteis.  Confecção de artefatos do vestuário e acessórios.  Fabricação de calçados e de artefatos de couro.</p>	<p><b>8. Têxtil</b>  Têxtil.</p>
<p><b>9. Alimentos e Bebidas</b>  Fabricação e refino de açúcar.  Outros produtos alimentares.  Fabricação de bebidas.  Abate e produtos de carne, inclusive os produtos do laticínio e da pesca.  Fabricação de produtos do fumo.</p>	<p><b>9. Alimentos e Bebidas</b>  Alimentos e Bebidas.</p>

(Continua)

<b>Agregação das matrizes de insumo-produto (68 x 68) → (16 x 16)</b>	<b>Agregação das matrizes (16 x 16) com os dados do SEEG</b>
<p><b>10. Comércio e Serviços</b>            Educação privada.            Água, esgoto e gestão de resíduos.            Saúde privada.            Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos.            Comércio e reparação de veículos automotores e motocicletas.            Comércio por atacado e a varejo, exceto veículos automotores.            Atividades de televisão, rádio, cinema e gravação/edição de som e imagem.            Telecomunicações.            Desenvolvimento de sistemas e outros serviços de informação.            Intermediação financeira, seguros e previdência complementar.            Atividades imobiliárias.            Atividades jurídicas, contábeis, consultoria e sedes de empresas.            Serviços de arquitetura, engenharia, testes/análises técnicas e P &amp; D.            Outras atividades profissionais, científicas e técnicas.            Aluguéis não-imobiliários e gestão de ativos de propriedade intelectual.            Outras atividades administrativas e serviços complementares.            Atividades de vigilância, segurança e investigação.            Atividades artísticas, criativas e de espetáculos.            Organizações associativas e outros serviços pessoais.            Serviços domésticos.            Alojamento.            Alimentação.            Edição e edição integrada à impressão.            Impressão e reprodução de gravações.            Armazenamento, atividades auxiliares dos transportes e correio.</p>	<p><b>10. Comércio e Serviços</b>            Comercial.</p>
<p><b>11. Administração Pública</b>            Administração pública, defesa e seguridade social.            Educação pública.            Saúde pública.</p>	<p><b>11. Administração Pública</b>            Público.</p>

(Conclusão)

<b>Agregação das matrizes de insumo-produto (68 x 68) → (16 x 16)</b>	<b>Agregação das matrizes (16 x 16) com os dados do SEEG</b>
<p><b>12. Outras Indústrias</b>            Construção.            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.            Fabricação de produtos da madeira.            Fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos.            Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos.</p>	<p><b>12. Outras Indústrias</b>            Outras Indústrias.</p>
<p><b>13. Energético</b>            Refino de petróleo e coquearias.            Fabricação de biocombustíveis.            Energia elétrica, gás natural e outras utilidades.</p>	<p><b>13. Energético</b>            Produção de Combustíveis.            Geração de Eletricidade (Serviço Público).</p>
<p><b>14. Transporte Terrestre</b>            Transporte terrestre.</p>	<p><b>14. Transporte Terrestre</b>            Transporte rodoviário.            Transporte ferroviário.</p>
<p><b>15. Transporte Aquaviário</b>            Transporte aquaviário.</p>	<p><b>15. Transporte Aquaviário</b>            Transporte Hidroviário.</p>
<p><b>16. Transporte Aéreo</b>            Transporte aéreo</p>	<p><b>16. Transporte Hidroviário</b>            Transporte Aéreo.</p>

Fonte: Elaboração própria, com base em Guilhoto e Sesso Filho (2005, 2010), Figueiredo *et al.* (2009), Montoya *et al.* (2014), Montoya e Pasqual (2015), Montoya *et al.* (2017) e Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE).

**Apêndice C – Indicador que mensura o volume de GEE ao longo da cadeia produtiva de um setor por uma vaga de ocupação (trabalho)**

<b>Setor</b>	<b>GEE/Ocupações</b>
Agropecuária	2,84
Extrativa Mineral	13,10
Minerais Não Metálicos	17,82
Siderurgia	13,33
Metais Não Ferrosos e Outros	13,41
Metais	12,65
Papel e Celulose	12,50
Química	1,51
Têxtil	4,74
Alimentos e Bebidas	1,37
Comércio e Serviços	1,05
Administração Pública	3,54
Outras Indústrias	35,10
Energético	34,80
Transporte Terrestre	36,83
Transporte Aéreo	27,61
Transporte Aquaviário	

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG), 2018.

**Apêndice D – Índice de Ligação de Hirschman e Rasmussen (ILT), Índice de Ligação de Gosh (ILF), Coeficiente de Variação para Trás (CVT) e Coeficiente de Variação para Frente (CVF) a partir da relação de emissão de poluentes no modelo insumo produto**

<b>Setor</b>	<b>ILT</b>	<b>ILF</b>	<b>Classificação dos índices de ligação</b>
Agropecuária	0,56	0,32	Fracamente Relacionado
Extrativa Mineral	0,47	0,31	Fracamente Relacionado
Minerais Não Metálicos	1,70	2,09	Setor Chave
Siderurgia	0,65	0,29	Fracamente Relacionado
Metais Não Ferrosos e Outros Metais	0,71	0,44	Fracamente Relacionado
Papel e Celulose	0,82	0,52	Fracamente Relacionado
Química	0,69	0,44	Fracamente Relacionado
Têxtil	0,28	0,03	Fracamente Relacionado
Alimentos e Bebidas	0,59	0,06	Fracamente Relacionado
Comércio e Serviços	0,15	0,00	Fracamente Relacionado
Administração Pública	0,08	0,00	Fracamente Relacionado
Outras Indústrias	0,35	0,03	Fracamente Relacionado
Energético	1,44	1,52	Setor Chave
Transporte Terrestre	3,97	5,23	Setor Chave
Transporte Aéreo	1,95	2,46	Setor Chave
Transporte Aquaviário	1,56	2,25	Setor Chave

<b>Setor</b>	<b>CVT</b>	<b>CVF</b>	<b>Emissão de poluentes dos setores demandantes</b>	<b>Emissão de poluentes dos setores ofertantes</b>
Agropecuária	1,94	2,37	Concentrada	Concentrada
Extrativa Mineral	1,81	1,94	Concentrada	Concentrada
Minerais Não Metálicos	2,87	1,91	Distribuída	Concentrada
Siderurgia	1,99	2,61	Concentrada	Distribuída
Metais Não Ferrosos e Outros Metais	2,16	2,41	Concentrada	Concentrada
Papel e Celulose	2,15	2,31	Concentrada	Concentrada
Química	2,05	2,00	Concentrada	Concentrada
Têxtil	1,96	3,41	Concentrada	Distribuída
Alimentos e Bebidas	1,93	3,04	Concentrada	Distribuída
Comércio e Serviços	2,17	2,90	Concentrada	Distribuída
Administração Pública	2,04	3,74	Concentrada	Distribuída
Outras Indústrias	1,70	3,13	Concentrada	Distribuída
Energético	3,24	2,22	Distribuída	Concentrada
Transporte Terrestre	3,54	1,96	Distribuída	Concentrada
Transporte Aéreo	3,25	2,04	Distribuída	Concentrada
Transporte Aquaviário	3,30	1,66	Distribuída	Concentrada

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

**Apêndice E – Índice de Ligação de Hirschman e Rasmussen (ILT), Índice de Ligação de Gosh (ILF), Coeficiente de Variação para Trás (CVT) e Coeficiente de Variação para Frente (CVF) a partir da relação de produção no modelo insumo produto**

<b>Setor</b>	<b>ILT</b>	<b>ILF</b>	<b>Classificação dos índices de ligação</b>
Agropecuária	0,92	0,93	Fracamente Relacionado
Extrativa Mineral	0,88	1,24	Fortemente Relacionado para Frente
Minerais Não Metálicos	1,07	1,30	Setor Chave
Siderurgia	1,04	0,90	Fortemente Relacionado para Trás
Metals Não Ferrosos e Outros Metais	1,08	1,04	Setor Chave
Papel e Celulose	1,08	1,02	Setor Chave
Química	1,07	1,28	Setor Chave
Têxtil	1,00	0,71	Fortemente Relacionado para Trás
Alimentos e Bebidas	1,23	0,75	Fortemente Relacionado para Trás
Comércio e Serviços	0,80	0,88	Fracamente Relacionado
Administração Pública	0,72	0,53	Fracamente Relacionado
Outras Indústrias	1,02	0,77	Fortemente Relacionado para Trás
Energético	1,15	1,25	Setor Chave
Transporte Terrestre	1,05	1,14	Setor Chave
Transporte Aéreo	0,98	1,05	Fortemente Relacionado para Frente
Transporte Aquaviário	0,91	1,22	Fortemente Relacionado para Frente

<b>Setor</b>	<b>CVT</b>	<b>CVF</b>	<b>Emissão de poluentes dos setores demandantes</b>	<b>Emissão de poluentes dos setores ofertantes</b>
Agropecuária	2,35	2,37	Concentrada	Concentrada
Extrativa Mineral	2,43	1,94	Concentrada	Concentrada
Minerais Não Metálicos	2,18	1,91	Concentrada	Concentrada
Siderurgia	2,32	2,61	Concentrada	Distribuída
Metals Não Ferrosos e Outros Metais			Concentrada	Concentrada
Metals	2,37	2,41		
Papel e Celulose	2,26	2,31	Concentrada	Concentrada
Química	2,51	2,00	Distribuída	Concentrada
Têxtil	2,51	3,41	Distribuída	Distribuída
Alimentos e Bebidas	1,97	3,04	Concentrada	Distribuída
Comércio e Serviços	3,34	2,90	Distribuída	Distribuída
Administração Pública	2,87	3,74	Distribuída	Distribuída
Outras Indústrias	2,44	3,13	Distribuída	Distribuída
Energético	2,55	2,22	Distribuída	Concentrada
Transporte Terrestre	2,27	1,96	Concentrada	Concentrada
Transporte Aéreo	2,21	2,04	Concentrada	Concentrada
Transporte Aquaviário	2,43	1,66	Concentrada	Concentrada

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.