

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

DANIELLE YULIE ENDO WAUKE

**IMPACTOS SETORIAIS DAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO
ESTADO DE SÃO PAULO: UMA ABORDAGEM DE MIYAZAWA**

Sorocaba
2021

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

DANIELLE YULIE ENDO WAUKE

**IMPACTOS SETORIAIS DAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO
ESTADO DE SÃO PAULO: UMA ABORDAGEM DE MIYAZAWA**

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.

Orientação: Prof. Dr. Alexandre Lopes Gomes

Sorocaba
2021

Wauke, Danielle Yulie Endo

Impactos setoriais das emissões de gases de efeito estufa no estado de São Paulo: : uma abordagem de Miyazawa. / Danielle Yulie Endo Wauke -- 2021. 41f.

TCC (Graduação) - Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba

Orientador (a): Alexandre Lopes Gomes

Banca Examinadora: Maria Aparecida de Oliveira, Vinicius de Almeida Vale

Bibliografia

1. Multiplicador de miyazawa. 2. Emissões. 3. Insumo-produto inter-regional. I. Wauke, Danielle Yulie Endo. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática (SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Maria Aparecida de Lourdes Mariano - CRB/8 6979

DANIELLE YULIE ENDO WAUKE

**IMPACTOS SETORIAIS DAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO
ESTADO DE SÃO PAULO: UMA ABORDAGEM DE MIYAZAWA**

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.

Universidade Federal de São Carlos.

Sorocaba, 18 de junho de 2021.

Orientador(a)

Dr. (a) Alexandre Lopes Gomes
Universidade Federal de São Carlos

Examinador(a)

Dr. (a) Maria Aparecida de Oliveira
Universidade Federal de São Carlos

Examinador(a)

Dr.(a) Vinicius de Almeida Vale
Universidade Federal do Paraná

RESUMO

WAUKE, Danielle Yulie Endo. Impactos setoriais das emissões de gases de efeito estufa no estado de São Paulo: uma abordagem de Miyazawa, 2021. 41f. Monografia (Graduação em Economia) - Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, 2021.

Devido à crescente preocupação ambiental acerca das emissões de gases de efeito estufa (GEE), este trabalho tem como objetivo identificar se os setores importantes para a economia brasileira são intensivos ou possuem fortes ligações com setores poluentes. Além disso, busca avaliar os setores que mais contribuem para a propagação de poluentes dentro e fora do estado de São Paulo. Para isso, foram analisadas as interações entre as regiões estado de São Paulo e o restante do Brasil, em 28 setores. A metodologia deste trabalho utilizou o modelo inter-regional de insumo-produto que permite a análise dos multiplicadores de Miyazawa. Os resultados da pesquisa permitiram destacar os setores Transporte Terrestre e Outros Transportes, pelos altos coeficientes de intensidade de emissões. Considerando os multiplicadores de Miyazawa, o estado de São Paulo demonstra uma demanda significativa do setor Energético do restante do Brasil e este apresenta-se como uma atividade intensiva na propagação interna de poluentes. Os setores Metalurgia, Transporte Terrestre, Mineração e Pelotização apresentam grande participação nas compras do estado de São Paulo e são intensivos na propagação interna de poluentes. O setor Química possui uma participação relativa alta na propagação interna referente à demanda do restante do Brasil. Portanto, seja pela emissão direta, indireta ou induzida, é possível identificar que alguns setores importantes para a atividade econômica do estado de São Paulo, em específico, mostraram-se intensivos ou dependente de setores que têm significativas contribuições para as emissões.

Palavras-chave: Multiplicador de Miyazawa. Emissões. Insumo-produto. Inter-regional.

ABSTRACT

Due to the growing environmental concern about greenhouse gas (GHG) emissions, this work aims to identify whether the important sectors for the Brazilian economy are intensive or have strong links with polluting sectors. In addition, it seeks to assess the sectors that most contribute to the spread of pollutants inside and outside the state of São Paulo. For this, interactions between the regions of the state of São Paulo and the rest of Brazil were analyzed, in 28 sectors. The methodology of this work used the inter-regional input-output model that allows the analysis of the Miyazawa multipliers. The survey results made it possible to highlight the Land Transport and Other Transport sectors, due to their high emission intensity coefficients. Considering the Miyazawa multipliers, the state of São Paulo demonstrates a significant demand from the Energy sector in the rest of Brazil and this presents itself as an intensive activity in the internal propagation of pollutants. The sectors Metallurgy, Land Transport, Mining and Pelletizing and Mining and Pelletizing, a large share of purchases in the state of São Paulo, are intensive in the internal propagation of pollutants. The Chemical sector has a relatively high participation in the internal spread related to demand from the rest of Brazil. Therefore, whether through direct, indirect or induced emission, it was possible to identify that some of the important sectors for the economic activity of the State of São Paulo, in particular, proved to be intensive or dependent on sectors that have significant contributions to emissions.

Keywords: Miyazawa multipliers. Emissions. Input-output. Interregional model.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
2.1 MODELO DE INSUMO PRODUTO E A QUESTÃO AMBIENTAL.....	9
2.2 TRANSFERÊNCIA E INTERDEPENDÊNCIA REGIONAL.....	11
3. METODOLOGIA	13
3.1 MODELO INSUMO-PRODUTO INTER-REGIONAL	13
3.2 ESTIMATIVA DO PIB.....	15
3.3 COEFICIENTE DE INTENSIDADE DE EMISSÕES.....	15
3.4 MULTIPLICADOR DE MIYAZAWA.....	16
3.5 COMPATIBILIZAÇÃO DE DADOS.....	19
3.6 BASE DE DADOS	21
4. ESTATÍSTICA DESCRITIVA	22
4.1 MULTIPLICADOR DE MIYAZAWA.....	26
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
REFERÊNCIAS	32
APÊNDICE E ANEXO	36

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o avanço do crescimento econômico trouxe consigo o debate acerca do *trade-off* entre o aumento da atividade econômica e a preservação ambiental. O aumento na taxa de emissões de dióxido de carbono (CO₂), resultante do processo de busca pelo crescimento econômico, provocou uma maior conscientização global sobre os impactos gerados pelas emissões de gases de efeito estufa (GEE). Nesse sentido, foram elaborados acordos de cooperação internacional, com o intuito de mitigar os efeitos da emissão de CO₂ relacionados, principalmente, à atividade econômica, como a queima de combustíveis fósseis (IPCC, 2014).

Estas organizações de cooperação reúnem países e pesquisadores com o propósito de formular objetivos de redução de GEE e incentivar o desenvolvimento econômico sustentável. O Acordo de Paris, assinado em 2015, verificou que, para reduzir os efeitos das mudanças climáticas, o aumento da temperatura média global deve manter-se abaixo dos 2°C até 2100, frente aos níveis pré-industriais. Nesse sentido, os países participantes do acordo se comprometeram a adotar medidas para conter o aumento da temperatura global (PARIS AGREEMENT, 2015).

Os dados do Global Carbon Atlas (2020) indicam que, em 2018, o Brasil foi o 14º país que mais emitiu CO₂. Frente as metas estabelecidas pelo Acordo de Paris, o governo brasileiro apresentou a proposta documentada na Contribuição Nacional Determinada (NDC), comprometendo-se a reduzir as emissões de GEE em 37% frente aos níveis de 2005 até 2025, com um indicativo de 43% até 2030 (BRASIL, 2016). Apesar da compreensão acerca dos efeitos da mudança climática e de políticas voltadas ao seu controle, as emissões brasileiras continuam em ascensão. Com base nos dados do Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SEEG, 2020), no período de 2000 a 2018, houve um aumento de 4% no total de emissões de gases equivalentes ao dióxido de carbono CO₂ no Brasil.

Em 2019, os setores com maiores participações nas emissões de CO₂, no Brasil, foram Transporte, Indústria e Energético (BEN, 2021). Nesse sentido, é relevante entender a relação entre os setores que mais emitem e suas contribuições econômicas. A exemplo disso, o setor Energético apresenta-se como o principal setor-chave na economia brasileira, por abastecer com insumos básicos e impulsionar o crescimento econômico de forma abrangente (MONTROYA *et al.*, 2013). Esta definição é dada por apresentar índices de ligação pra frente e pra trás superiores

à unidade, ou seja, alta participação como ofertante e demandante de insumos de outras regiões, respectivamente. Diante disso, verifica-se a importância do estudo quanto às emissões setoriais.

Entender as origens e destinos setoriais e regionais dos poluentes tem ganhado cada vez mais destaque, devido ao estreitamento das relações comerciais. Fritz *et al.* (1998), Bastianoni *et al.* (2004), Wiebe *et al.* (2012) e Vale *et al.* (2016) buscaram compreender as emissões embutidas no comércio. Dessa forma, a clara atribuição das responsabilidades pelas emissões auxilia no desenvolvimento de políticas voltadas à redução dos impactos ambientais.

A análise das relações econômicas intersetoriais deve levar em consideração a poluição gerada pelo próprio setor ou pela demanda de setores poluentes. Nesse sentido, a busca pelo crescimento econômico tem incentivado pesquisas para o melhor equilíbrio econômico-ambiental. Grossman e Krueger (1991) e Stern (2004) pesquisaram sobre a relação positiva do aumento na renda e as emissões, dado o aumento do crescimento econômico. No Brasil, as análises seguem na mesma direção. Carvalho e Almeida (2010), Cunha e Scalco (2013) e Evangelista *et al.* (2020) avaliaram a relação entre a emissão de CO₂ e o PIB *per capita*, dessa forma, ressalta-se a importância de políticas públicas voltadas ao estímulo do crescimento sustentável.

Em 2019, o PIB brasileiro foi de R\$ 7,3 trilhões e o estado de São Paulo apresentou uma participação de 32,6% no PIB nacional (IBGE, 2020), destacando-se como o principal estado gerador de riquezas. Diante disso, este estudo tem como objetivo identificar se os setores importantes para a economia são intensivos ou possuem fortes ligações com setores poluentes. Além disso, busca avaliar os setores que mais contribuem para a propagação de poluentes dentro e fora do estado de São Paulo. Para isso, será avaliada duas regiões o estado de São Paulo e o restante do Brasil, utilizando o modelo inter-regional de insumo-produto e o Multiplicador de Miyazawa, que permite determinar a interação econômica entre duas regiões e o acréscimo de poluição gerado por uma variação na demanda final e seus impactos dentro e fora da região.

Este trabalho está dividido em 5 tópicos, incluindo a presente introdução. Seguida pela revisão da literatura a respeito de estudos sobre modelos de insumo-produto com enfoque na questão ambiental e na interdependência regional. A seção 3 apresenta o modelo insumo-produto com a análise das emissões de CO₂eq, e os efeitos multiplicadores de Miyazawa; a seção 4 descreve e discute os resultados. Por fim, a seção 5 expõe as considerações finais e possíveis temas para estudos futuros.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 MODELO DE INSUMO PRODUTO E A QUESTÃO AMBIENTAL

No sentido de dar maior atenção aos problemas de mudança climática causados pelas emissões, inúmeras pesquisas vêm sendo desenvolvidas para aprofundar o tema e compreender os impactos de medidas de redução de GEE. A abordagem de insumo-produto desencadeou diversos estudos com base na análise das emissões com o objetivo de identificar setores com maior importância para a economia de diversos países (GAY & PROOPS, 1993; HAWDON & PEARSON, 1995; LENZEN, 1998; LABANDEIRA & LABEAGA, 2002). Além disso, no Brasil existem uma série de trabalhos que buscam investigar o impacto e fazer a análise sistêmica das emissões por diversos setores (AMORIM *et al.*, 2009; IMORI & GUILHOTO, 2010; MONTOYA *et al.*, 2013; MONTOYA *et al.*, 2014, MONTOYA & PASQUAL, 2015; MONTOYA *et al.*, 2016).

Uma abordagem detalhada foi realizada por Hilgemberg (2004) que, utilizou o modelo inter-regional de insumo-produto híbrido com o objetivo de quantificar as emissões de CO₂ pelo uso energético de gás natural, álcool e derivados de petróleo. A base de dados foi construída com os dados do Balanço Energético Brasileiro (BEN) e do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA) para o ano de 1999. Para isso, foram analisadas as seis macrorregiões do Brasil, com o objetivo de verificar o impacto de medidas para o controle das emissões sobre o emprego e o produto. O autor concluiu que a elevação na produção sobre o consumo das famílias é o principal fator em todas as regiões para o aumento nas emissões, ressaltando-se as regiões Nordeste e Sul.

De Figueiredo *et al.* (2009) analisaram, por meio da matriz de insumo-produto híbrida, a estrutura do setor energético do estado de Pernambuco no ano de 1999. Concluíram que os setores-chave da economia local, de acordo com os coeficientes de requerimento de energia e na relação dos requerimentos diretos e indiretos foram: Química e Outras Indústrias. Os setores que exerceram maior pressão sobre o setor Energético foram a Siderurgia e Energético. Os setores da Construção Civil e Alimentos e Bebidas foram classificados como atividades intensivas em poluição, além de setores-chave na emissão de CO₂ os setores de Transporte e Energético.

Carvalho e Perobelli (2009), a partir do consumo de combustíveis energéticos, quantificaram as emissões de CO₂ para o estado de São Paulo e restante do Brasil, por meio do modelo de insumo-produto inter-regional híbrido. A partir de uma matriz de 1996 estimada por

Domingues (2003), além dos dados do Balanço Energético Nacional (BEN) e do Balanço Energético de São Paulo (BESP), verificaram que os setores-chave para as emissões nas duas regiões analisadas foram Agropecuária, Siderurgia, Alimentos e Bebidas, Outros Setores e Transportes. Além disso, mostraram que a pauta de exportação brasileira é intensiva em poluição.

Nesse sentido, Santiago *et al.* (2010) com foco no estado de Minas Gerais, utilizaram o modelo de insumo-produto regional para computar as emissões de CO₂ pelo uso de combustíveis, com base no ano de 2005. Os autores levantaram as conclusões de que, para as emissões, os setores-chave são: Agropecuária, Mineração e Pelotização e Transportes. Além disso, a pauta exportadora de Minas Gerais não é intensiva em poluição.

Silva e Perobelli (2012) utilizaram o método de decomposição estrutural, que permite detalhar as mudanças tecnológicas e do processo produtivo em termos setoriais, para mensurar o impacto sobre as variações nas emissões de CO₂ no Brasil no período de 2000 a 2005. Concluíram que, dada uma variação na demanda final, os setores de Transporte, Siderurgia e Alimentos e Bebidas são mais dispostos ao aumento de emissões e Indústria de Cimento, Minerais não Metálicos e Papel e Celulose, a uma redução nas emissões.

Dos Santos (2014) utilizou a metodologia da matriz de insumo-produto híbrida vinculada com Programação Linear para o ano de 2005 para verificar o impacto de uma política de redução de GEE na economia brasileira. Concluiu que o ponto ótimo entre a redução de GEE e o valor da produção depende, diretamente, do nível de crescimento econômico, produto interno bruto (PIB), almejado e dos impactos da política sobre outras variáveis econômicas e sociais.

Pascual-González *et al.* (2016) buscaram identificar os setores da economia dos Estados Unidos que gerariam maior impacto sobre a demanda e sobre as emissões de CO₂, a nível regional e global. Para isso, utilizaram os dados do World Input-Output Database (WIOD). Concluíram que, dada uma política de regulação ambiental, a demanda global do setor de Serviços e Comércio seria o mais afetado. Além disso, a substituição de carvão por gás de xisto reduziria as emissões globais em 2%.

Nesse sentido, De Souza *et al.* (2016), utilizaram um modelo de insumo-produto associado a técnica de Programação Linear para simular políticas de redução das emissões de GEE no ano de 2009. Os resultados apontam para a existência de um *trade-off* entre a adoção de tais políticas e a taxa de crescimento da produção. Evidenciou-se a importância da pecuária

para a economia brasileira, visto que haveria um grande impacto sobre as emissões, devido à adoção de tais medidas neste setor.

Silvestrini (2018) simulou o impacto da diminuição de GEE a nível global, analisando o efeito sobre as emissões e o valor bruto da produção (VBP). Para isso, utilizou os dados fornecidos pelo WIOD de 40 países por 35 setores para o ano de 2009, associando técnicas de Programação Linear a uma matriz insumo-produto multi-regional ponderada pelas emissões de GEE. Foram avaliados três cenários (otimista, moderado e pessimista) e concluiu-se que há maior redução de GEE em países mais intensivos em poluição e de estrutura produtiva baseada em tecnologias maior intensidade de emissões, acarretando em um maior impacto econômico. Já a política otimista em países europeus, por exemplo, geraria pequena diferença na redução de GEE, visto que há o investimento em tecnologia de baixa emissão para a produção.

2.2 TRANSFERÊNCIA E INTERDEPENDÊNCIA REGIONAL

Para um maior aprofundamento da análise, o embasamento teórico de estudos acerca dos multiplicadores internos e externos é apresentado. A possibilidade de compreender a origem da demanda, seja dentro da própria região, seja em outras, estende seu espectro para a questão ambiental.

Fritz *et al.* (1998) utilizaram o modelo de insumo-produto para verificar as interações entre setores poluentes e não poluentes na região de Chicago. Dessa forma, utilizaram o multiplicador de Miyazawa para determinar os impactos internos e externos, além de suas variações ao longo do tempo (1975-2010). Os resultados indicam que os níveis de poluição no futuro possuem uma grande influência das mudanças estruturais.

Hewings *et al.* (2001) exploraram as interdependências econômicas dentre quatro áreas da região metropolitana de Chicago. A partir da estrutura de insumo-produto e a metodologia de Miyazawa, verificaram a relação da formação de renda e a geração de emprego. O estudo aponta que a interdependência entre as regiões varia conforme o foco analisado, seja ele, a produção, emprego ou renda, vinculado ao movimento pendular dos trabalhadores. Dessa forma, na região metropolitana de Chicago, os multiplicadores de renda são interdependentes apesar de apresentarem-se assimétricos.

Perobelli *et al.* (2014) aplicaram os multiplicadores de Miyazawa, derivados da matriz de insumo-produto inter-regional de 2008, para compreender a interdependência econômica na

região metropolitana de São Paulo. Concluíram que, no que concerne à apropriação de renda, há heterogeneidade espacial entre os municípios. A maioria dos municípios apresenta uma baixa propagação externa, exceto nas regiões mais industrializadas como Santo André, São Bernardo do Campo e Diadema, devido à estrutura produtiva especializada. Assim, foi possível observar a correlação de renda entre a intensidade de vazamento da renda e da produção.

Vale *et al.* (2016) investigaram os mecanismos de transação internacional de emissões para os blocos de países Norte e Sul para o período de 1995 a 2009. Com base nos dados fornecidos pelo WIOD e a adaptação da técnica de Miyazawa, obteve-se como resultado, que os países de ambas as regiões tornaram-se menos intensivos em poluição. Entretanto, evidências apontam que a estrutura de produção nos países do Sul é mais intensiva em poluição.

Dias *et al.* (2015) buscaram analisar o impacto da estrutura produtiva mundial sobre o emprego no Brasil no período de 1995 a 2011. Para isso, adotaram a metodologia de insumo-produto com o multiplicador de Miyazawa para o emprego. Concluíram que, no período analisado, a pauta de exportações brasileira caracteriza-se por produtos de baixo valor adicionado e a de importações por produtos de alto grau de tecnologia agregada. Na questão do emprego, o Brasil tem se tornado mais intensivo nessa variável, quando comparado a outros países, apesar da intensificação comercial com a China.

Em síntese, os trabalhos mencionados mostram as aplicações do modelo de insumo-produto híbrido inter-regional, além de fornecerem um embasamento teórico para sua associação aos multiplicadores de Miyazawa. Nesse sentido, o presente estudo pretende utilizar a referida metodologia, especificada para o estado São Paulo e o restante do Brasil, com o objetivo de avaliar os setores com maiores emissões de CO₂ e os impactos das relações comerciais na transferência de poluentes entre regiões.

3. METODOLOGIA

Neste t3pico ser3o apresentadas as metodologias utilizadas no presente estudo. Primeiramente, ser3o discutido o modelo de insumo-produto inter-regional, o qual permite analisar os transbordamentos de produ3o de uma regi3o sobre a pr3pria regi3o e outras regi3es. Al3m disso, ser3o apresentada a metodologia para o c3lculo do PIB setorial. Em seguida, haver3o a descri3o do c3lculo dos multiplicadores de Miyazawa, finalizando com a compatibiliza3o e apresenta3o da base de dados.

3.1 MODELO INSUMO-PRODUTO INTER-REGIONAL¹

A partir da matriz de insumo-produto (MIP), 3 poss3vel desenvolver a an3lise das rela3es intersetoriais da economia. A matriz apresenta os fluxos de compra e venda entre setores, de forma que as vendas podem ser utilizadas na pr3pria demanda final ou em outro setor. Al3m disso, o modelo de insumo-produto permite avalia3es pol3ticas, an3lises de impacto, ambiental e setorial (MILLER & BLAIR, 2009; DE SOUZA *et al.*, 2016).

A estrutura da MIP 3 dividida em tr3s partes. A primeira, consumo intermedi3rio, retrata o fluxo de transa3o entre os setores de produ3o. Em seguida, o valor adicionado, composto pelos impostos e subs3dios sobre a produ3o e importa3o, al3m da remunera3o dos fatores prim3rios (capital e trabalho) e o excedente operacional bruto. Por fim, a demanda final, na qual contabiliza a forma3o bruta de capital (investimentos) e as exporta3es, o consumo das fam3lias e os gastos do governo. Dessa forma, as colunas e as linhas representam, respectivamente, as compras e as vendas setoriais.

Para a an3lise inter-regional de duas regi3es, representadas por 1 e 2, pode-se representar a matriz intersetorial de compras e vendas, Z , da seguinte forma:

$$Z = \begin{bmatrix} Z^{11} & Z^{12} \\ Z^{21} & Z^{22} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Em que Z^{11} e Z^{22} representam os fluxos de compra e venda dentro das regi3es, 1 e 2, nessa ordem. Z^{21} e Z^{12} representam os fluxos inter-regionais das regi3es. A partir disso, encontra-se a matriz A , que representa os coeficientes t3cnicos de dimens3o $nr \times nr$, com n representando os setores e r as regi3es. Estes coeficientes s3o calculados da seguinte forma:

¹ Baseado em Miller e Blair (2009)

$$a_{ij} = \frac{z_{ij}}{x_j} \quad (2)$$

Z_{ij} : consumo intermediário do insumo i na produção do bem j ;

X_j : valor bruto da produção no setor j ;

Assim, pode-se obter os coeficientes técnicos, intrarregionais e inter-regionais, a partir da equação (2):

$$a_{ij}^{11} = \frac{z_{ij}^{11}}{x_j^1} \quad (3)$$

$$a_{ij}^{22} = \frac{z_{ij}^{22}}{x_j^2} \quad (4)$$

$$a_{ij}^{12} = \frac{z_{ij}^{12}}{x_j^2} \quad (5)$$

$$a_{ij}^{21} = \frac{z_{ij}^{21}}{x_j^1} \quad (6)$$

O valor bruto da produção (VBP) do setor i em cada podem ser representados da seguinte forma:

$$\begin{aligned} Z^{11} p + Z^{12} p + F^1 &= X^1 \\ Z^{21} p + Z^{22} p + F^2 &= X^2 \end{aligned} \quad (7)$$

Em que: p representa o vetor coluna com valores iguais a 1;

F : demanda final;

Substituindo os coeficientes obtidos nas equações (3), (4), (5) e (6) na equação (7), obtém-se a seguinte matriz:

$$\begin{bmatrix} X^1 \\ X^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (I - A^{11}) & -A^{12} \\ -A^{21} & (I - A^{22}) \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} F^1 \\ F^2 \end{bmatrix} \quad (8)$$

A equação (8) representa o modelo IP para duas regiões. Pode ser reescrita, para um modelo geral como:

$$X = (I - A)^{-1} F \text{ ou } X = BF \quad (9)$$

Em que B demonstra a matriz inversa de Leontief

3.2 ESTIMATIVA DO PIB

Para a mensuração do PIB setorial, foi utilizada a metodologia adotada por Guilhoto *et al.* (2000) e Kureski (2006). Dessa forma, é necessário o coeficiente de valor adicionado (CVA_i), calculado pela divisão do valor adicionado do setor pelo valor bruto da produção. Assim, o CVA_i é representado conforme a equação 10.

$$CVA_i = \frac{VA_{pmi}}{X_i} \quad (10)$$

CVA_i : coeficiente de valor adicionado;

VA_{pmi} : valor adicionado a preço de mercado;

X_i : valor bruto da produção;

Em seguida, multiplica-se o coeficiente de valor adicionado pelo valor do fornecimento de insumos. Dessa forma, obtém-se o PIB setorial de acordo com a equação 11.

$$PIB_I = \sum_{i=1}^n Z_{ik} * CVA_i \quad (11)$$

PIB_I : PIB do agregado I (insumos);

Z_{ik} : valor total do insumo do setor i ;

3.3 COEFICIENTE DE INTENSIDADE DE EMISSÕES²

Como apresentado por Wiebe *et al.* (2012) a compreensão das emissões setoriais pode ser aprofundada pela análise da emissão de CO₂eq setorial necessária para a sua produção. Dessa forma, será feita a contabilização das emissões de CO₂eq para a região do estado de São Paulo e o restante do Brasil, como feita por outros estudos (HRISTU-VARSAKELIS *et al.*, 2009; SAN CRISTÓBAL, 2012; PASCUAL-GONZÁLEZ *et al.*, 2016; DE SOUZA *et al.*, 2016; SILVESTRINI, 2018). Para o cálculo de emissão, após a aplicação da política, será utilizada a metodologia baseada nos coeficientes de intensidade de emissões de CO₂eq (ci 's). O ci é calculado pela razão entre a emissão de CO₂eq e o VBP do setor i , representando a

² Baseado em Wiebe *et al.* (2021)

quantidade de CO₂eq incorporado em uma unidade monetária do produto de cada setor. Serão calculados 28 *ci*'s conforme a equação (12).

$$ci_i^r = \frac{Em_i^r}{VBP_i^r} \quad (12)$$

3.4 MULTIPLICADOR DE MIYAZAWA³

Nesta sessão será descrita a estrutura de Miyazawa (1976) e Hewings *et al.* (1999). O estudo de Miyazawa analisa o grau da interação econômica interna e externa por pares de regiões, ou seja, os multiplicadores internos e externo, respectivamente.

O multiplicador interno e externo de Miyazawa é derivado da inversa de Leontief, o que permite analisar as demandas geradas dentro e fora da região, separadamente. Para isso, é considerada a representação da matriz de coeficientes técnicos e a inversa de Leontief para duas regiões:

$$A = \left(\begin{array}{c|c} A_{11} & 0 \\ \hline A_{21} & 0 \end{array} \right) + \left(\begin{array}{c|c} 0 & A_{12} \\ \hline 0 & A_{22} \end{array} \right) = A_1 + A_2 \quad (13)$$

$$B = (I - A)^{-1} = \left(\begin{array}{c|c} B_{11} & B_{12} \\ \hline B_{21} & B_{22} \end{array} \right) \quad (14)$$

As matrizes dos multiplicadores internos de Miyazawa são representadas por:

$$B_1 = (I - A_{11})^{-1} \quad (15)$$

$$B_2 = (I - A_{22})^{-1} \quad (16)$$

B_1 : matriz dos multiplicadores interno para a região 1;

B_2 : matriz dos multiplicadores interno para a região 2;

Contudo, a matriz inversa de Leontief pode ser definida por:

$$\Delta_1 = (I - A_{11} - A_{12}B_2A_{21})^{-1} \quad (17)$$

$$\Delta_2 = (I - A_{22} - A_{21}B_1A_{12})^{-1} \quad (18)$$

³ Baseado em Dias *et al.* (2015) e Vale *et al.* (2016).

De acordo com Hewings *et al.* (1999) Δ_1 pode ser interpretado como a matriz dos multiplicadores externos revelando a influência da região 1 sobre a região 2. Uma interpretação similar pode ser feita a Δ_2 .

Com base nisto, é possível dimensionar as propagações internas:

$$P_1 = A_{21} B_1 \quad (19)$$

$$P_2 = B_1 A_{12} \quad (20)$$

$$S_1 = A_{12} B_2 \quad (21)$$

$$S_2 = B_2 A_{21} \quad (22)$$

Onde:

P_1 é a matriz dos multiplicadores que indica os insumos da região 1 para a região 2 induzido pela propagação interna da região 1; direto

P_2 é a matriz dos multiplicadores de propagação interna da região 1 induzido pelas transações da região 2 para a região 1; induzido

S_1 é a matriz dos multiplicadores de insumos da região 1 para a 2 induzidas pela propagação interna da região 2; indireto

S_2 é a matriz dos multiplicadores para a propagação interna na região 2 induzido pelas transações da região 2 para a 1; induzido

Portando, a partir das equações 19 a 22 é possível obter as matrizes dos multiplicadores externos:

$$\Delta_{11} = (I - P_2 S_2)^{-1} = (I - B_1 A_{12} B_2 A_{21})^{-1} \quad (23)$$

$$\Delta_{22} = (I - S_2 P_2)^{-1} = (I - B_2 A_{21} B_1 A_{12})^{-1} \quad (24)$$

Onde:

Δ_{11} inclui os efeitos diretos, indiretos e induzidos dos setores da região 1 derivados da demanda de insumos da segunda região;

Δ_{22} inclui os efeitos diretos, indiretos e induzidos dos setores da região 2 derivados da demanda de insumos da primeira região;

Com o intuito de estender a análise dos multiplicadores de Miyazawa para a questão ambiental, o presente estudo incorpora as emissões (CO₂eq). Para isso, as equações (17) e (18) podem ser reescritas da seguinte forma:

$$\Delta_1 = \Delta_{11}B_1 \quad (25)$$

$$\Delta_2 = \Delta_{22}B_2 \quad (26)$$

Como apresentado por Fritz *et al.* (1998), tem-se uma nova matriz inversa:

$$(I - A)^{-1} = \begin{pmatrix} \Delta_1 & B_1A_{12}\Delta_2 \\ \Delta_2A_{21}B_1 & \Delta_2 \end{pmatrix} \quad (27)$$

Para a seguinte análise há duas matrizes de interesse, porém será tomada a influência da região 1 no produto da região 2. Dessa forma, tomar-se-á como base a matriz $\Delta_2A_{21}B_1$ que revela a influência da propagação interna dos setores da região 1 no nível do produto da região 2. De forma a incorporar as emissões, é necessário pré-multiplicar $\Delta_2A_{21}B_1$ pela matriz \hat{R} que possui os coeficientes de emissões na diagonal principal e os demais espaços com valores zeros.

$$Pol_1 = \hat{R}[\Delta_2A_{21}B_1] \quad (28)$$

Pol_1 = matriz dos multiplicadores de emissões do qual os elementos $p_{i_2j_1}$ representam um aumento nas emissões gerado pela indústria i_2 (região 2) como resultado do aumento de uma unidade na demanda final da indústria i_1 (região 1).

Com a finalidade de avaliar a quantidade total de emissões geradas pelo aumento na demanda dos setores da economia na região 1, os multiplicadores colunas são dados por:

$$m_{j_1} = \sum_{i_2} p_{i_2j_1} \quad (29)$$

m_{j_1} = multiplicador coluna da indústria j_1 a respeito de todas as indústrias da região 2.

Os multiplicadores da matriz Pol_1 são resultantes da interação de três matrizes Δ_{22} , B_1 e B_2 com a matriz A_{21} . As fontes das emissões induzidas pela produção setorial da região 1 podem ser encontradas através da soma da coluna por setor:

- i) $\hat{R}A_{21}$ = poluição gerada pelo requerimento direto de insumos dos setores da região 1.
- ii) $\hat{R}A_{21}B_1$ = poluição gerada pelo requerimento diretos e indireto de insumos dos setores da região 1.
- iii) $\hat{R}B_2A_{21}B_1$ = poluição gerada pela propagação interna dos setores da região 1 e induzidos pela produção direta e indireta da região 2.
- iv) $\hat{R}\Delta_{22}B_2A_{21}B_1$ = multiplicador de poluição total dos setores da região 1 e induzido pela propagação interna e externa da região 2.

A partir disso, ao somar as colunas das matrizes i, ii, iii e iv, é possível encontrar as relações em termos absolutos e passam a ser denominadas $m_{j_1}^1$, $m_{j_1}^2$, $m_{j_1}^3$ e m_{j_1} , respectivamente.

- i) $m_{j_1}^1$ = requerimento direto de insumos no multiplicador total.
- ii) $m_{j_1}^2 - m_{j_1}^1$ = requerimento indireto de insumos no multiplicador total.
- iii) $m_{j_1}^3 - m_{j_1}^2$ = propagação interna dos setores da região 2 no multiplicador total.
- iv) $m_{j_1} - m_{j_1}^3$ = propagação externa dos setores da região 2 no multiplicador total.

Ademais, as participações são calculadas da seguinte forma:

- i) $m_{j_1}^1/m_{j_1}$ = participação do requerimento direto de insumos no multiplicador total de poluição.
- ii) $(m_{j_1}^2 - m_{j_1}^1)/m_{j_1}$ = participação do requerimento indireto de insumos no multiplicador total de poluição.
- iii) $(m_{j_1}^3 - m_{j_1}^2)/m_{j_1}$ = participação da propagação interna dos setores da região 2 no multiplicador total de poluição.
- iv) $(m_{j_1} - m_{j_1}^3)/m_{j_1}$ = participação da propagação externa dos setores da região 2 no multiplicador total de poluição.

De forma a realizar uma análise semelhante para a região 2, é possível estimá-la com base na equação $B_1A_{12}\Delta_2$. Assim, calcula-se a influência da região 2 no produto da região 1, ou seja, encontrar a poluição gerada pelo acréscimo de uma unidade na demanda final da região 2 na região 1.

3.5 COMPATIBILIZAÇÃO DE DADOS

A Matriz de insumo-produto inter-regional (MIP-IR) apresenta um modelo com os fluxos econômicos de compra e venda entre os setores econômicos de duas regiões, apresentando 68 setores. O Balanço Energético é o documento que divulga os dados físicos dos fluxos anuais de energia. O Ministério de Minas e Energia (MME), por intermédio da Empresa de Pesquisa de Energia (EPE), divulga o Balanço Energético Nacional (BEN). Já, a Secretaria de Energia e Mineração do Estado de São Paulo, o Balanço Energético do estado de São Paulo (BE SP). Dentre outras informações, o BEN apresenta 25 fontes energéticas e o BE SP, 27 fontes.

Dada a incompatibilidade das bases de dados, é necessário agregá-las, de modo a equiparar os dados para a consequente comparação das informações. Primeiramente, estabelecer os fluxos de consumo energético, para, em seguida, agregar os setores e combustíveis.

Com o intuito de estimar o fluxo de consumo energético calculou-se a participação dos setores energéticos inter-regionais no total de vendas energéticas para cada setor econômico, gerando os coeficientes α_Q . Para a construção de tais coeficientes foi utilizada a primeira proposta metodológica de Montoya *et al.* (2014), na qual a hipótese central trata o consumo energético, em tep, dos subsetores, proporcional aos respectivos fluxos monetários presentes na MIP, preservando a estrutura da matriz energética.

$$\alpha_{mj} = \frac{Z_{mj}}{\sum_{m=1}^n Z_{mj}} \quad (30)$$

Z_{mj} : valor monetário da compra de energia do setor j para o setor energético;

$\sum_{m=1}^n Z_{mj}$: o total de compra energética do setor j para com os m setores energéticos, ou seja, porcentagem de compra dos setores para com os setores energéticos de São Paulo e restante do Brasil;

Portanto, o consumo energético (E), medido em tep, para as duas regiões é obtido por meio da equação 29.

$$E = CSa_{mj} \quad (31)$$

CS: consumo de energia de cada setor agregado dos balanços energético

Tomou-se como base os setores apresentados nos balanços energéticos e a partir disso, conciliou-os com setores da MIP-IR de São Paulo com o restante do Brasil, resultando em uma matriz de duas regiões com 28 setores, detalhada no Apêndice A. Essa metodologia permite

estimar os fluxos setoriais de energia de modo inter-regional, construindo os dados físicos para a conversão das emissões.

3.6 BASE DE DADOS

O presente trabalho utilizou três bases de dados: a matriz inter-regional de insumo-produto para o ano de 2011 estimada por Haddad *et al.* (2017), o Balanço Energético de São Paulo com os dados de 2011 (BESP, 2020) e o Balanço Energético Nacional para o ano de 2011 (MME, 2020). Visto que, as três bases de dados possuem quantidades incompatíveis de setores, a agregação foi feita conforme explicado no tópico 3.4 Compatibilização dos dados, resultando em uma matriz de duas regiões com 28 setores.

Para o cálculo das emissões, foram utilizados os dados dos coeficientes de conversão de energia em emissão de CO₂eq apresentado no Anexo A, encontrados na Matriz Energética e de Emissões.

4. ESTATÍSTICA DESCRITIVA

Segundo os dados do SEEG (2020), o Brasil contribuiu com 4% nas emissões mundiais no ano de 2019. De acordo com a meta do NDC, conclui-se que o país deveria reduzir as emissões em 43% até 2030 (BRASIL, 2016). A partir disso, nesta seção, serão apresentados os principais resultados da pesquisa. Na primeira parte, serão expostos os dados econômicos da participação dos setores do estado de São Paulo no PIB seguido pela participação dos setores nas compras e vendas do estado de São Paulo e do restante do Brasil. Posteriormente, serão apresentados os coeficientes de intensidade de emissão e, finalmente, os impactos setoriais dos poluentes pelo multiplicador de Miyazawa.

Para a melhor compreensão do contexto estudado, é importante entender a participação econômica setorial no estado de São Paulo. A relevância dessa região é destacada pela concentração de população, atividade econômica e como centro do capital financeiro (CARLOS, 2009). Dessa forma, com os dados do IBGE (2020), no ano de 2019, a participação econômica do estado de São Paulo apresenta um destaque pela contribuição de 32,6% no PIB nacional.

Conforme os dados apresentados na Tabela 1, o setor Comércio e Serviços do estado de São Paulo destaca-se com a participação de 51,0% do PIB da região. O crescente destaque do setor terciário no estado vincula-se à alta demanda de mão de obra requerida nesses serviços e à concentração da atividade econômica na região. Ainda, o posicionamento do setor de serviços no estado de São Paulo mostra-se competitivo frente às pressões das empresas das outras regiões (AZZONI, 2005).

Além disso, os setores Outras Indústrias⁴ (17,7%), Público (7,1%) e Química (5,4%) seguem dentre as maiores participações na economia do estado. Apesar de representarem uma menor parcela comparada ao setor Comércio e Serviços, esses setores apresentam significativa contribuição para a atividade econômica da região. Especialmente, Outras Indústrias que a agregação realizada abrange setores importantes para o desenvolvimento da atividade

⁴ Composto por Fabricação de produtos do fumo, Impressão e reprodução de gravações, Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos, Fabricação de máquinas e equipamentos elétricos, Fabricação de máquinas e equipamentos mecânicos, Fabricação de automóveis, caminhões e ônibus, exceto peças, Fabricação de peças e acessórios para veículos automotores, Fabricação de outros equipamentos de transporte, exceto veículos automotores, Fabricação de móveis e de produtos de indústrias diversas, Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos, Construção

econômica como a indústria de transformação, automobilística e construção, propiciando a alta participação relativa do setor.

Tabela 1 - Participação do PIB setorial no estado de São Paulo.

Setores	Participação
Agropecuária	1,9%
Mineração e Pelotização	0,3%
Alimentos e Bebidas	4,4%
Têxtil	1,8%
Papel e Celulose	1,2%
Química	5,4%
Energético	1,7%
Minerais Não Metálicos	0,9%
Metalurgia	2,8%
Outras Indústrias	17,7%
Comércio e Serviços	51,0%
Transporte Terrestre	3,1%
Outros Transportes	0,5%
Público	7,1%
Total	100,0%

Fonte: elaboração própria a partir dos resultados da pesquisa, 2021.

Outros destaques são os setores Alimentos e Bebidas, com 4,4% seguido pelo Transporte Terrestre com 3,1%. Nesse sentido, a importância do setor de transportes é destacada por Crunivel *et al.* (2012) e Campos (2021) ao estudarem especificamente esse setor além de considerarem seus impactos ambientais.

A análise da participação setorial no PIB torna-se mais robusta à medida em que é verificada a participação setorial nas compras e vendas, ou seja, o quanto um setor participa nas relações de compra e venda inter-regional. Dessa forma, a Tabela 2, calculada pela soma das colunas e das linhas da matriz Inversa de Leontief, apresenta a participação e a dependência nas compras e nas vendas inter-regionais.

Inicialmente, a análise do estado de São Paulo permite identificar que o padrão de compra na maioria dos setores é interno. Os setores que possuem as maiores participações nas compras de fora do estado são Energético e Alimentos e Bebidas. Além disso, a maior parte das vendas são destinadas ao próprio estado. Porém, é possível identificar que o restante do Brasil apresenta uma forte dependência relativa do estado de São Paulo, com relação às atividades Química e Energético. Por outro lado, os setores Público e Comércio, reverterem as maiores internalizações das compras do estado. Já no setor Público e Outros Transportes, as maiores internalizações ocorrem nas relações de vendas.

A análise do restante do Brasil aponta que a maioria das compras é internalizada na própria região, com destaque aos setores Público e Comércio e Serviços. Apesar disso, é possível observar que Química é o setor que possui a maior participação de São Paulo nas compras do restante do Brasil, reforçando a dependência desse estado nesse setor. Visto que o padrão de vendas concentra-se na própria região, tendo o setor Público com a maior retenção das vendas, é possível destacar os setores Energético, Mineração e Pelotização e Agropecuária, do estado de São Paulo, como os mais dependentes do restante do Brasil.

Tabela 2 – Ligações setoriais internas e externas.

	Compra		Venda		
	SP	RBR	SP	RBR	
SP	Agropecuária	80%	20%	93%	7%
	Mineração e Pelotização	83%	17%	96%	4%
	Alimentos e Bebidas	71%	29%	90%	10%
	Têxtil	79%	21%	93%	7%
	Papel e Celulose	78%	22%	90%	10%
	Química	79%	21%	75%	25%
	Energético	64%	36%	79%	21%
	Minerais Não Metálicos	79%	21%	94%	6%
	Metalurgia	74%	26%	88%	12%
	Outras Indústrias	79%	21%	84%	16%
	Comércio e Serviços	90%	10%	81%	19%
	Transporte Terrestre	81%	19%	95%	5%
	Outros Transportes	81%	19%	97%	3%
	Público	91%	9%	98%	2%
RBR	Agropecuária	12%	88%	27%	73%
	Mineração e Pelotização	9%	91%	33%	67%
	Alimentos e Bebidas	13%	87%	15%	85%
	Têxtil	13%	87%	12%	88%
	Papel e Celulose	14%	86%	12%	88%
	Química	17%	83%	26%	74%
	Energético	11%	89%	30%	70%
	Minerais Não Metálicos	12%	88%	9%	91%
	Metalurgia	11%	89%	21%	79%
	Outras Indústrias	14%	86%	18%	82%
	Comércio e Serviços	8%	92%	18%	82%
	Transporte Terrestre	13%	87%	13%	87%
	Outros Transportes	12%	88%	5%	95%
	Público	6%	94%	4%	96%

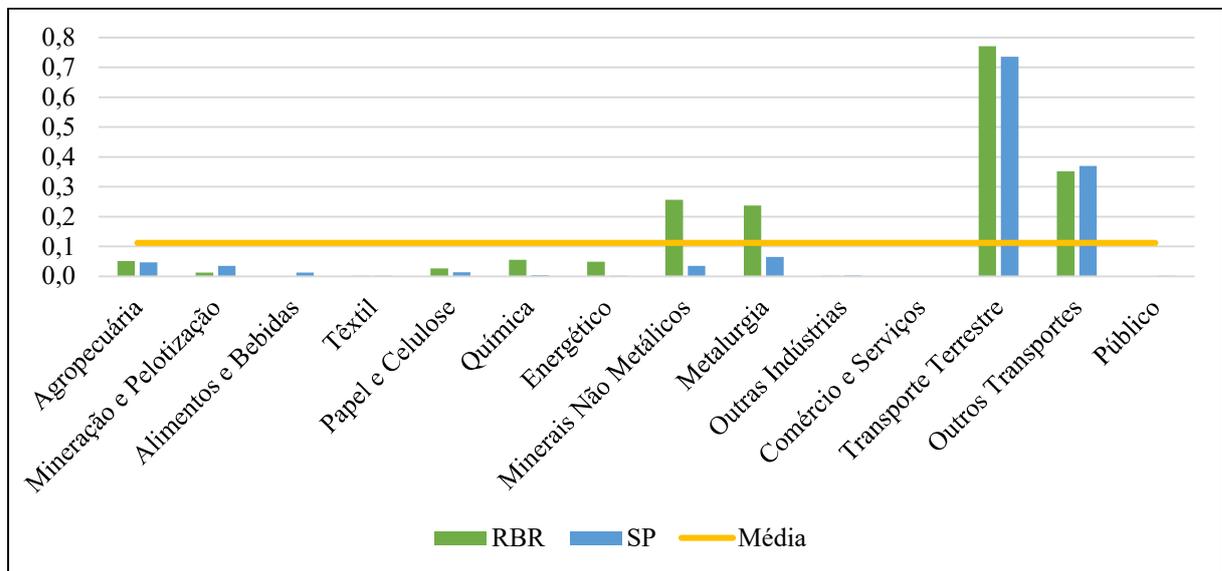
Fonte: elaboração própria a partir dos resultados da pesquisa, 2021.

Com o intento de compreender os setores que mais contribuem para a poluição, analisou-se a relação inter-regional das emissões por setor. Dessa forma, segundo Wiebe *et al.*

(2012), o aprofundamento da análise por meio do coeficiente de intensidade de emissões⁵ Gg/tep de CO₂eq (*ci*) que representa a quantidade de CO₂eq emitido por VBP gerado pelo setor. Portanto, permite identificar se os setores são intensivos ou não em emissões de CO₂eq além de possibilitar a identificação das transferências de poluentes pelo multiplicador de Miyazawa.

A Figura 1 representa os coeficientes de intensidade de emissão para os 28 setores nas duas regiões analisadas. Os setores Transporte Terrestre e Outros Transportes, em ambas as regiões, apresentam os maiores coeficientes, sendo, por consequência, setores intensivos na emissão de CO₂eq. Dessa forma, estes setores possuem uma alta quantidade de CO₂eq incorporado por unidade monetária de produto gerado ao comparar com os outros setores, ou seja, setores intensivos em poluentes. De Figueiredo *et al.* (2009), Carvalho e Perobelli (2009) e Santiago *et al.* (2010) também destacam o setor Transporte, como o setor que é pressionado a emitir CO₂ dado um aumento na demanda dos outros setores. Além disso, pressiona a emissão de poluentes dos demais setores, ou seja, setores-chave no que concerne às emissões. Adicionalmente a isso, Betarelli Junior *et al.* (2010) destacam a relevância do setor de transportes para a economia nacional, trazendo a importância da maior eficiência e o estímulo ao desenvolvimento da atividade econômica sustentável.

Figura 1 - Coeficiente de intensidade de emissão (*ci*)



Fonte: elaboração própria a partir dos resultados da pesquisa, 2021.

Com coeficientes acima da média, porém com valores menores frente aos setores Transporte Terrestre e Outros Transportes, os setores Minerais Não Metálicos e Metalurgia,

⁵Ressalta-se que este coeficiente foi calculado com base no Balanço Energético, utilizando o uso de energia, portanto não está associado ao uso da terra

referentes ao restante do Brasil, também representam setores intensivos em emissões. Carvalho e Perobelli (2009) corroboram estes resultados ao demonstrarem que esses setores geram uma colaboração acima da média para o aumento nas emissões.

4.1 MULTIPLICADOR DE MIYAZAWA

Como apresentado por Hewings *et al.* (2001), é possível aprofundar a análise setorial pelo estudo dos multiplicadores internos e externos de Miyazawa. Esses permitem estimar o grau de interação econômica entre duas regiões, diante da propagação interna e externa. Entretanto, para atingir os objetivos propostos deste estudo, será utilizada a estrutura demonstrada por Fritz *et al.* (1998), a qual permite verificar as relações comerciais entre duas regiões em termos de emissões de CO₂eq.

Ao permitir a análise por pares de regiões, o multiplicador de Miyazawa, a presente pesquisa verifica os impactos da poluição setorial do estado de São Paulo para o restante do Brasil e a sua relação inversa. Os resultados retratam o incremento de poluição gerada pelas indústrias da região externa resultante do aumento de uma unidade monetária da demanda final dos setores da região interna. Dessa forma, observa-se a poluição gerada pelo requerimento direto e indireto de insumos na região interna, a propagação interna da região externa e a propagação externa da própria região externa.

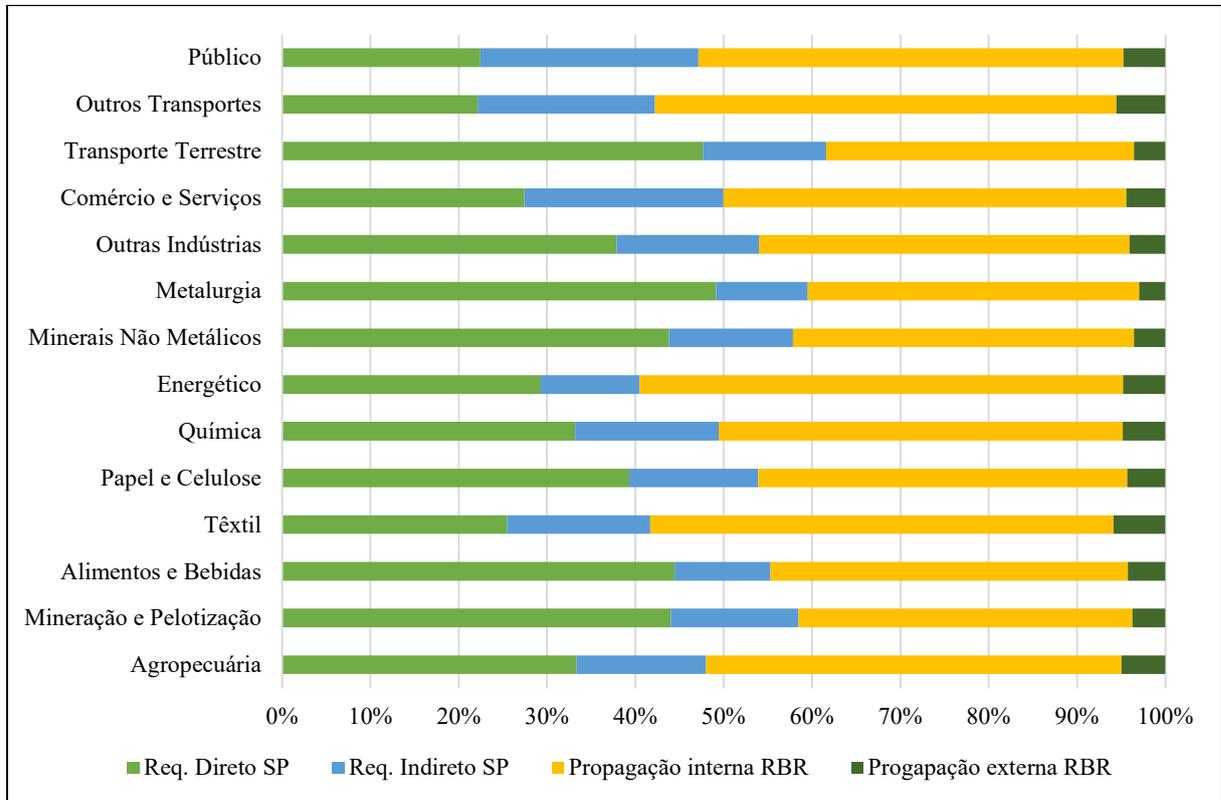
Neste contexto, as Figuras 2 e 3 apresentam os resultados encontrados para os multiplicadores de Miyazawa em termos de emissões de CO₂eq. Estes valores estão indicados pelas participações setoriais dos impactos diretos, indiretos e induzidos. Tal apresentação busca evidenciar se o setor gera um efeito de propagação ou requerimento direto e indireto.

A Figura 2 tem como região interna o estado de São Paulo e região externa o restante do Brasil, ou seja, a influência da propagação interna do estado de São Paulo no nível de poluição do restante do Brasil. A análise aponta que as participações das propagações internas do restante do Brasil e dos requerimentos diretos do estado de São Paulo são as mais evidentes.

Os setores Energético, Têxtil e Outros Transportes possuem uma participação acima de 50% sobre a propagação em São Paulo, decorrente do restante do Brasil dado a variação em uma unidade monetária na demanda final do estado de São Paulo. Ao verificar as relações de compra de São Paulo para o restante do Brasil e as vendas do restante do Brasil para a região aqui tomada como interna (Tabela 2), observa-se que o estado de São Paulo possui uma alta dependência relativa do setor Energético do restante do Brasil. Sendo assim, é possível

identificar que o estado de São Paulo possui significativa demanda de um setor externo intensivo na propagação interna de poluentes.

Figura 2 - Multiplicadores de Miyazawa da poluição São Paulo e restante do Brasil



Fonte: elaboração própria a partir dos resultados da pesquisa, 2021.

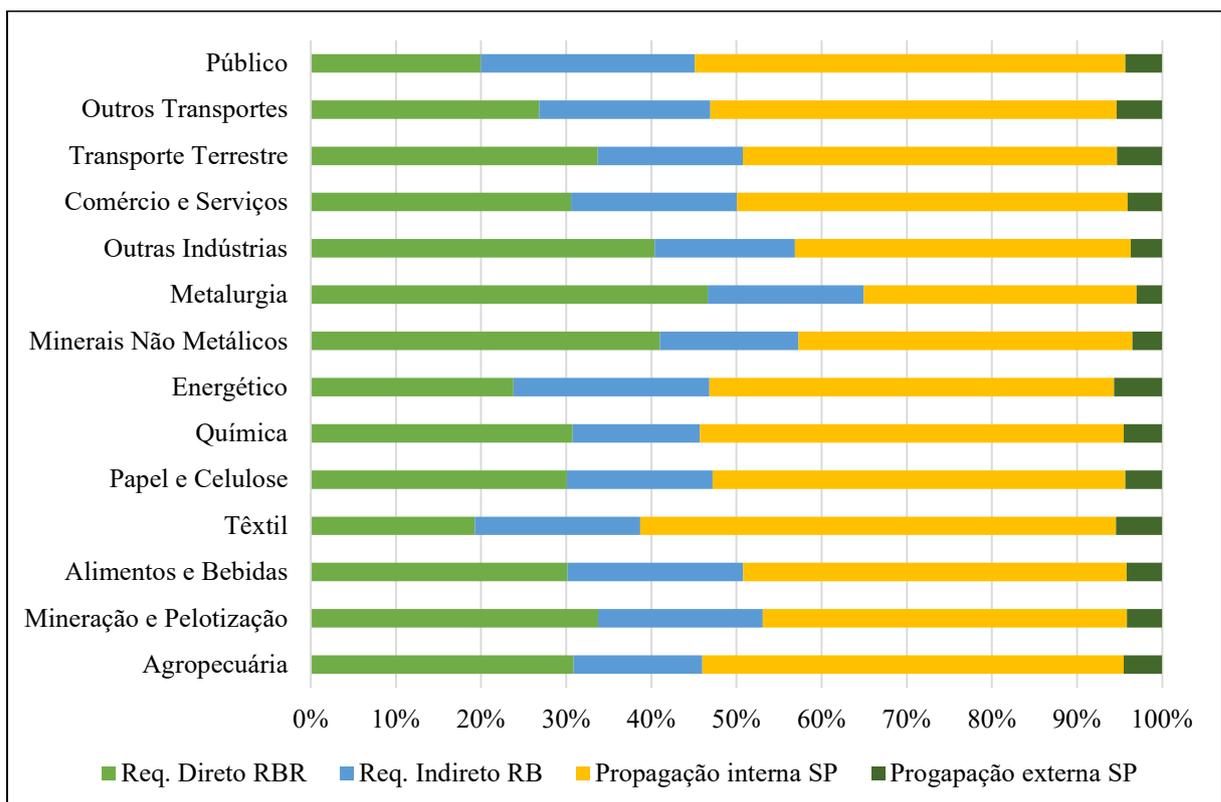
Por outra perspectiva, os setores Metalurgia, Transporte Terrestre e Mineração e Pelotização, mostraram altos requerimentos diretos de poluição (Figura 2) e uma significativa participação nas compras do próprio estado de São Paulo (Tabela 2). Vale ressaltar que o requerimento direto refere-se ao setor do estado de São Paulo que demanda de insumos da própria região, gerando um efeito direto de poluição no próprio estado de São Paulo. Além disso, apresentaram os maiores coeficientes de intensidade de emissões do estado (Figura 1). Ou seja, estes setores de importância para as relações de compra na região geram um alto efeito direto de poluição visto que se tratam de setores intensivos em emissões de CO₂eq.

Os requerimentos indiretos, ou seja, setores do estado de São Paulo que demandam insumos do restante do Brasil, gerando um efeito indireto, apresentam uma menor participação frente aos requerimentos diretos e a propagação interna. Porém os setores Público e Comércio e Serviços possuem as maiores participações. Estes setores, como exposto na Tabela 1, indicam uma parcela relevante no PIB e as maiores parcelas de compras internas do estado de São Paulo, contribuindo para a propagação indireta.

Química possui um requerimento indireto acima da média relativa aos outros setores, portanto, uma geração de poluição significativa. Além disso, no que concerne às vendas do estado de São Paulo, verificamos que há uma maior dependência do restante do Brasil referente aos setores Química e Energético. Já, Energético, apresenta uma das menores participações nos requerimentos indiretos, o que pode se relacionar a alta participação da propagação interna, visto que, trata-se de uma análise participativa e não quantitativa.

A Figura 3 que tem como região interna o restante do Brasil e região externa o estado de São Paulo, de outra maneira, mostra a influência da propagação interna no restante do Brasil no nível de poluição do estado de São Paulo. De forma semelhante à análise anterior, as maiores participações referem-se aos requerimentos diretos do restante do Brasil e as propagações internas do estado de São Paulo.

Figura 3 - Multiplicadores de Miyazawa da poluição restante do Brasil e São Paulo



Fonte: elaboração própria a partir dos resultados da pesquisa, 2021.

Os setores Têxtil, Público e Química apresentam as maiores participações sobre a propagação interna decorrente do estado de São Paulo. Nesse sentido, destaca-se o setor Química como o setor do restante do Brasil que apresenta a maior dependência das relações de compra do estado de São Paulo. Por conseguinte, o setor Química possui uma participação relativa alta na propagação interna referente à demanda do restante do Brasil.

Em relação aos requerimentos diretos do restante do Brasil, são apontados com as maiores participações, os setores Metalurgia, Minerais Não Metálicos e Outras Indústrias. Esses setores possuem uma alta relativa na participação das compras e vendas da própria região, influenciando no requerimento direto.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das propostas do governo brasileiro frente aos acordos ambientais de cooperação global, este trabalho buscou identificar se os setores importantes para a atividade econômica no Brasil são intensivos ou possuem fortes ligações com setores poluentes. Além disso, avaliou os setores que mais contribuem para a propagação de poluentes dentro e fora do estado de São Paulo.

A metodologia deste estudo utilizou o modelo inter-regional de insumo-produto que permite a identificação dos setores intensivos em emissões de CO₂eq e a análise dos multiplicadores de Miyazawa. Devido à importância de 32,6% no PIB nacional em 2019 (IBGE, 2020), o estado de São Paulo foi desagregado, possibilitando um estudo mais detalhado da atividade econômica da região. Para isso, foram observadas as interações entre as regiões estado de São Paulo e o restante do Brasil, em 28 setores.

Com os maiores destaques aos setores de Transporte Terrestre e Outros Transporte, esses chamam a atenção pela alta intensidade de emissões. Além disso, o setor Transporte Terrestre apresenta uma significativa participação no PIB do estado de São Paulo. Nessa direção, o estímulo à renovação das frotas com a implementação de tecnologias de baixo carbono; o incentivo a combustíveis menos intensivos em emissões e a diversificação da malha de transportes brasileira contribuiriam para evitar a pressão sobre o transporte rodoviário, favorecendo a redução das emissões e estimulando o crescimento da atividade econômica sustentável.

Os resultados do multiplicador de Miyazawa evidenciaram que o estado de São Paulo possui significativa demanda do setor Energético do restante do Brasil e este é um setor intensivo na propagação interna de poluentes. Os requerimentos indiretos mais relevantes do estado de São Paulo referem-se aos setores Público e Comércio e Serviços. Esse último, em específico, além da alta participação no requerimento indireto, ainda apresentou a maior participação no PIB do estado de São Paulo (51,0%).

Já os importantes requerimentos diretos de poluentes resultantes do aumento da demanda final do estado de São Paulo são Metalurgia, Transporte Terrestre, Mineração e Pelotização e Mineração e Pelotização. No mesmo sentido, estes setores apresentam alta participação nas relações de compras internas do estado de São Paulo, além dos maiores coeficientes de intensidade de emissões. Isto posto, setores de grande participação nas compras do estado de São Paulo são intensivos na propagação interna de poluentes.

Em relação ao restante do Brasil, o setor Química apresentou uma participação relativa alta na propagação interna decorrente do estado de São Paulo. Junto a isso, uma relevante participação do restante do Brasil na demanda externa. Ou seja, o setor Química possui uma participação relativa alta na propagação interna referente a demanda do restante do Brasil.

Portanto, seja pela emissão direta, indireta ou induzida, foi possível identificar que os setores importantes para a atividade econômica do estado de São Paulo em específico mostraram-se intensivos ou dependem de setores que têm altas contribuições para as emissões.

Apesar da imprescindibilidade do incentivo à pesquisa e a adequação às economias mais sustentáveis, este estudo encontrou como principal limitação, a defasagem da disponibilidade de dados. Assim, sugere-se a contínua atualização dos dados; a análise com uma desagregação maior, permitindo a comparação entre os 26 estados brasileiros e o Distrito Federal; além do estudo do comportamento do multiplicador de Miyazawa ao longo do tempo para pesquisas futuras, fornecendo as bases relevantes para a compreensão dos impactos setoriais para as emissões regionais. O estudo do tema em questão permite a aplicação do modelo em regiões que desejam compreender formas de integrar o crescimento da atividade econômica e o desenvolvimento de políticas ambientais.

REFERÊNCIAS

- AMORIM, A. L.; CORONEL, D. A.; TEIXEIRA, E. C. **A agropecuária na economia brasileira: uma análise de insumo-produto.** *Perspectiva econômica*, v. 5, n. 2, p. 1-19, 2009.
- AZZONI, Carlos Roberto. **Setor terciário e concentração regional no Brasil.** *Economia e Território. Setor terciário e concentração regional no Brasil.* Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.
- BESP. Balanço Energético de São Paulo 2020: Ano Base 2019. Disponível em: <<http://dadosenergeticos.energia.sp.gov.br/portalicev2/intranet/BiblioVirtual/diversos/BalancoEnergético.pdf>> Acesso em 14 de abril 2021.
- BASTIANONI, S.; PULSELLI, F. M.; TIEZZI, E. **The problem of assigning responsibility for greenhouse gas emissions.** *Ecological economics*, v. 49, n. 3, p. 253-257, 2004.
- BEN. Balanço Energético Nacional 2020. Matriz energética nacional 2020. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2020>> Acesso em 20 de abril de 2021.
- BETARELLI JUNIOR, A. A.; DE ANDRADE BASTOS, S. Q.; PEROBELLI, F. S. **Interdependência e encadeamento das exportações setoriais e os modais de transporte: um enfoque de insumo-produto.** *Revista econômica do nordeste*, v. 41, n. 3, p. 455-474, 2010.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. (CND) Condição Nacionalmente Determinada. 2016. Disponível em: <http://www.itamaraty.gov.br/images/ed_desenvsust/BRASIL-iNDC-portugues.pdf> Acesso em 01 de maio de 2020.
- BULMER, V. **Input-output analysis in developing countries.** New York: John Wiley. 1982.
- CAMPOS, C. E. E. **Determinantes das emissões de gases de efeito estufa da economia brasileira: uma análise de decomposição estrutural (2010 a 2017).** 2021. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba, 2021.
- CARLOS, A. F. A. **A metrópole de São Paulo no contexto da urbanização contemporânea.** *Estudos avançados*, v. 23, n. 66, p. 303-314, 2009.
- CARVALHO, T. S.; ALMEIDA, E. **A hipótese da curva de Kuznets ambiental global: uma perspectiva econométrico-espacial.** *Estudos Econômicos (São Paulo)*, v. 40, n. 3, p. 587-615, 2010.
- CARVALHO, T. S.; PEROBELLI, F. S. **Avaliação da intensidade de emissões de CO2 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.
- COEFICIENTE DA MATRIZ DE EMISSÕES: Projeto “fornecimento de instrumentos de avaliação de emissões de gases de efeito estufa acoplados a uma matriz energética”. *Economia & Energia*, n. 24, 2000.
- CRUVINEL, R. R. S.; PINTO, P. V. H.; GRANEMANN, S. R. **Mensuração econômica da emissão de CO2 da frota dos transportadores autônomos de cargas brasileiros.** *Journal of Transport Literature*, v. 6, n. 2, p. 234-252, 2012.
- CUNHA, C. A.; SCALCO, P. R. **Crescimento econômico brasileiro e emissão de CO2.** 2013.

- DE FIGUEIREDO, N. R. M.; DE ARAÚJO JÚNIOR, I. T.; PEROBELLI, F. **Construção da matriz de insumo-produto híbrida para o estado de Pernambuco e avaliação da intensidade energética e de emissões de CO₂ setorial**. Fórum Banco do Nordeste do Brasil de desenvolvimento—XIV Encontro regional de economia, p. 16-17, 2009.
- DE SOUZA, K. B.; RIBEIRO, L. C. de S.; PEROBELLI, F. S. **Reducing Brazilian greenhouse gas emissions: scenario simulations of targets and policies**. Economic Systems Research, v. 28, n. 4, p. 482-496, 2016.
- DIAS, F. A. R.; PORSSE, A. A.; DE OLIVEIRA GONÇALVES, F. **Cadeias Globais De Valor E Complexidade: Uma Análise Sobre A Geração De Emprego No Brasil Para O Período 1995-2011 Pelo Método De Decomposição De Miyazawa**. 43º Encontro Nacional de Economia (Anpec), Florianópolis/SC, 2015.
- DOS SANTOS, L. **Otimização do valor de produção no Brasil com restrição de emissão de gases de efeito estufa, a partir de uma análise insumo-produto**. 2014. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.
- EVANGELISTA, I. R.; DE MELO CASTELAR, L. I.; DA COSTA, R. F. R.; IRFFI, G. D. **A relação entre emissão de CO₂ e PIB per capita: análise para os países Sul-americanos no período de 1980 a 2009**. Revista de Economia, v. 41, n. 74, 2020.
- FRITZ, O. M.; SONIS, M.; HEWINGS, G. J. D. **A Miyazawa analysis of interactions between polluting and non-polluting sectors**. Structural Change and Economic Dynamics, v. 9, n. 3, p. 289-305, 1998.
- GAY, P. W.; PROOPS, J. L. R. **Carbon dioxide production by the UK economy: An input-output assessment**. Applied Energy, v. 44, n. 2, p. 113-130, 1993.
- GLOBAL CARBON ATLAS. Territorial (MtCO₂). Disponível em: <<http://www.globalcarbonatlas.org/en/CO2-emissions>> Acesso em: 18 de maio de 2020.
- GROSSMAN, G. M.; KRUEGER, A. B. **Environmental impacts of a North American free trade agreement**. National Bureau of Economic Research, 1991.
- GUILHOTO, J. J. M.; FURTUOSO, M. C.; DE CAMARGO BARROS, G.S. **O agronegócio na economia brasileira 1994 a 1999**. CEPEA, 2000.
- HADDAD, E. A.; JÚNIOR, C. A. G.; NASCIMENTO, T. O. **Matriz Interestadual De Insumo-Produto Para o Brasil: Uma Aplicação do Método IIOAS**. Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos, v. 11, n. 4, p. 424-446, 2017.
- HAWDON, D.; PEARSON, P. **Input-output simulations of energy, environment, economy interactions in the UK**. Energy economics, v. 17, n. 1, p. 73-86, 1995.
- HEWINGS, G. J. D; OKUYAMA, Y.; SONIS, M. **Economic interdependence within the Chicago metropolitan area: a Miyazawa analysis**. Journal of Regional Science, v. 41, n. 2, p. 195-217, 2001.
- HILGEMBERG, E. M. **Quantificação e efeitos econômicos do controle de emissões de CO₂ decorrentes do uso de gás natural, álcool e derivados de petróleo no Brasil: Um modelo interregional de insumo-produto**. 2004. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2004.

HRISTU-VARSAKELIS, D.; Karagianni S.; Pempetzoglou M.; Sfetsos A. **Optimizing Production in Greece under GHG emission reduction constraints: a comparison of objective functions.** 2009.

IBGE < <https://www.ibge.gov.br/> > Acesso em: 03 de maio de 2020.

IMORI, D.; GUILHOTO, J. J. M. **Estrutura produtiva brasileira e emissão de CO2.** In: XLV Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. São Paulo: Editora Senac. 2010. p. 205-233.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. IPCC. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014.

KURESKI, R. **Produto interno bruto, emprego e renda do macrossetor da construção civil paranaense em 2006.** Ambiente Construído, v. 11, n. 3, p. 131-142, 2011.

LABANDEIRA, X.; LABEAGA, J. M. **Estimation and control of Spanish energy-related CO2 emissions: an input-output approach.** Energy policy, v. 30, n. 7, p. 597-611, 2002.

LENZEN, M. **Primary energy and greenhouse gases embodied in Australian final consumption: an input-output analysis.** Energy policy, v. 26, n. 6, p. 495-506, 1998.

MILLER, R. E.; BLAIR, P. D. **Input-output analysis: foundations and extensions.** Cambridge university press, 2009.

MIYAZAWA, Kenichi. **Input-output analysis and interrelational income multiplier as a matrix.** In: Input-Output Analysis and the Structure of Income Distribution. Springer, Berlin, Heidelberg, 1976. p. 22-42.

MONTOYA, M. A.; LOPES, R. L.; GUILHOTO, J. J. M. **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, M. A.; PASQUAL, C. A. **O uso setorial de energia renovável versus não renovável e as emissões de CO2 na economia brasileira: um modelo insumo-produto híbrido para 53 setores.** 2015.

MONTOYA, M. A.; PASQUAL, C. A.; LOPES, R. L.; GUILHOTO, J. J. M. **As relações intersetoriais do setor energético no crescimento da economia brasileira: uma abordagem insumo-produto.** Núcleo de Economia Regional e Urbana da Universidade de São Paulo, 2013.

MONTOYA, M. A.; PASQUAL, C. A.; LOPES, R. L.; GUILHOTO, J. J. M. **Consumo de energia, emissões de CO2 e a geração de renda e emprego no agronegócio brasileiro: uma análise insumo-produto.** Economia Aplicada, v. 20, n. 4, p. 383-413, 2016.

MOREIRA, M. A. L.; DE FREITAS JUNIOR, M.; TOLOI, R. C. **O transporte rodoviário no Brasil e suas deficiências.** Refas-Revista Fatec Zona Sul, v. 4, n. 4, p. 1-13, 2018.

PARIS AGREEMENT. United nations framework convention on climate change. Paris,

França, 2015. Documentos disponível em:

<https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf> Acesso em: 03 de maio de 2020.

- PASCUAL-GONZÁLEZ, J., Guillén-Gosálbez G.; JiménezEsteller L.; Sirola J. J.; Grossmann I. E. **Macro-economic multi-objective input–output model for minimizing CO2 emissions: Application to the US economy.** *AIChE Journal*, v. 62, n. 10, p. 3639-3656, 2016.
- PEREIRA, L. A. G.; LESSA, S. N. **O Processo de planejamento e desenvolvimento do transporte rodoviário no Brasil.** *Caminhos de Geografia*, v. 12, n. 40, 2011.
- PEROBELLI, F. S.; HADDAD, E. A.; HEWINGS, G. J. D. **Interdependência Econômica: Um Estudo De Caso Para A Área Metropolitana De São Paulo.** In: Anais do XLI Encontro Nacional de Economia [Proceedings of the 41st Brazilian Economics Meeting]. ANPEC-Associação Nacional dos Centros de Pós-Graduação em Economia, 2014.
- SAN CRISTÓBAL, J. R. **A goal programming model for environmental policy analysis: Application to Spain.** *Energy Policy*, v. 43, p. 303-307, 2012
- SANTIAGO, F. S.; CARVALHO, T. S.; PEROBELLI, F. S. **Análise Setorial Da Intensidade De Emissões De Co2 E Na Estrutura De Exportações: Um Modelo Regional De Insumo-Produto Para Minas Gerais.** XIV Seminário sobre a Economia Mineira, p. 1-18, 2010.
- SEEG Brasil. Emissões Totais. Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa. Emissões Totais. <http://plataforma.seeg.eco.br/total_emission#> Acesso em: 01 de maio de 2020.
- SILVA, M. P. N.; PEROBELLI, F. S. **Efeitos tecnológicos e estruturais nas emissões brasileiras de CO2 para o período 2000 a 2005: uma abordagem de análise de decomposição estrutural (SDA).** *Estudos Econômicos (São Paulo)*, v. 42, n. 2, p. 307-335, 2012.
- SILVESTRINI, M. M. **Impactos econômicos da redução das emissões de GEE sobre economias globais.** 2018. Dissertação (Mestrado em Economia) – Centro de Ciências em Gestão e Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, 2018.
- STERN, D. I. **The rise and fall of the environmental Kuznets curve.** *World development*, v. 32, n. 8, p. 1419-1439, 2004.
- VALE, V. A., PEROBELLI, F. S., CHIMELI, A. B. **INTERNATIONAL TRADE AND EMISSIONS: A MIYAZAWA APPROACH.** In Anais do XLII Encontro Nacional de Economia [Proceedings of the 42nd Brazilian Economics Meeting] (No. 189). ANPEC-Associação Nacional dos Centros de Pós-Graduação em Economia [Brazilian Association of Graduate Programs in Economics], 2016.
- WIEBE, K. S.; BRUCKNER, M.; GILJUM, S.; LUTZ, C. **Calculating energy-related CO2 emissions embodied in international trade using a global input–output model.** *Economic Systems Research*, v. 24, n. 2, p. 113-139, 2012.

APÊNDICE E ANEXO

APÊNDICE A – Compatibilização e agregação dos dados

ANEXO A - Coeficientes de conversão (Gg/tep) do consumo de CO₂eq.

APÊNDICE A – Compatibilização e agregação dos dados

Compatibilização das atividades do Brasil				
Agregação de grandes setores		MIP IR SP-RBR 2011		BEN BR/BE SP
Atividades		Setores	Descrição das atividades	Descrição das atividades
1	Agropecuária	1	Agricultura, inclusive o apoio à agricultura e a pós-colheita	Agropecuário
		2	Pecuária, inclusive o apoio à pecuária	
		3	Produção florestal pesca e aquicultura	
2	Mineração e Pelotização	4	Extração de carvão mineral e de minerais não-metálicos	Mineração e Pelotização
		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	
3	Alimentos e Bebidas	8	Abate e produtos de carne, inclusive os produtos do laticínio e da pesca	Alimentos e Bebidas
		9	Fabricação e refino de açúcar	
		10	Outros produtos alimentares	
		11	Fabricação de bebidas	
4	Têxtil	13	Fabricação de produtos têxteis	Têxtil
		14	Confecção de artefatos do vestuário e acessórios	
		15	Fabricação de calçados e de artefatos de couro	
5	Papel e Celulose	16	Fabricação de produtos da madeira	Papel e Celulose
		17	Fabricação de celulose, papel e produtos de papel	
6	Química	21	Fabricação de químicos orgânicos e inorgânicos, resinas e elastômeros	Química
		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	
7	Energético	19	Refino de petróleo e coquerias	Setor Energético

		20	Fabricação de biocombustíveis	
		38	Energia elétrica, gás natural e outras utilidades	
8	Minerais Não-Metálicos	26	Fabricação de produtos de minerais não-metálicos	Cimento Cerâmica
9	Metalurgia	27	Produção de ferro-gusa/ferroligas, siderurgia e tubos de aço sem costura	Ferro-Gusa e Aço
		28	Metalurgia de metais não-ferrosos e a fundição de metais	Ferro-Ligas
		29	Fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos	Não-Ferrosos e Outros da Metalurgia
10	Outras Indústrias	12	Fabricação de produtos do fumo	Outros
		18	Impressão e reprodução de gravações	
		30	Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos	
		31	Fabricação de máquinas e equipamentos elétricos	
		32	Fabricação de máquinas e equipamentos mecânicos	
		33	Fabricação de automóveis, caminhões e ônibus, exceto peças	
		34	Fabricação de peças e acessórios para veículos automotores	
		35	Fabricação de outros equipamentos de transporte, exceto veículos automotores	
		36	Fabricação de móveis e de produtos de indústrias diversas	
		37	Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos	
11	Comércio e Serviços	40	Construção	Comercial
		41	Comércio e reparação de veículos automotores e motocicletas	
		42	Comércio por atacado e a varejo, exceto veículos automotores	
		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	
		63	Educação privada	
		65	Saúde privada	
		66	Atividades artísticas, criativas e de espetáculos	
		67	Organizações associativas e outros serviços pessoais	
		68	Serviços domésticos	
12	Transporte Terrestre	43	Transporte terrestre	Transporte Rodoviário
				Transporte Ferroviário
13	Outros Transportes	44	Transporte aquaviário	Transporte Hidroviário
		45	Transporte aéreo	Transporte Aéreo
14	Público	39	Água, esgoto e gestão de resíduos	
		61	Administração pública, defesa e seguridade social	Público
		62	Educação pública	
		64	Saúde pública	

Fonte: elaboração própria, 2021.

ANEXO A - Coeficientes de conversão (Gg/tep) do consumo de CO₂eq.

Setores	Óleo diesel	Óleo combustível	Gasolina	GLP	Querosene	Coq. De carvão e min	Álcool etílico	Outras fontes sec. Petr.
Energético	3,07	3,21	2,87	2,61	2,98	3,94	3,00	3,07
Residencial	3,07	3,21	2,87	2,61	2,98	3,78	2,71	3,07
Comercial	3,07	3,21	2,87	2,61	2,98	3,81	2,71	3,07
Público	3,07	3,21	0,00	2,61	2,98	0,00	0,00	0,00
Agropecuário	3,07	3,21	2,87	2,61	2,98	3,78	2,39	3,07
Rodoviário	3,00	0,00	2,35	0,00	0,00	0,00	2,76	3,07
Ferrovário	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Aéreo	3,07	3,21	2,87	2,62	2,97	3,95	3,07	3,07
Hidrovário	3,00	3,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cimento	3,07	3,21	2,87	2,62	2,98	3,93	2,80	3,07
Ferro-gusa e aço	3,07	3,21	2,87	2,62	2,98	3,93	2,80	3,07
Ferro-liga	3,07	3,21	2,87	2,62	2,98	3,93	2,80	3,07
Mineração e pelotização	3,07	3,21	2,87	2,62	2,98	3,93	2,80	3,07
Não-ferrosos e outros metais	3,07	3,21	2,87	2,62	2,98	3,93	2,80	3,07
Química	3,07	3,21	2,87	2,62	2,98	3,93	2,80	3,07
Alimentos e bebidas	3,07	3,21	2,87	2,61	2,98	3,81	3,03	3,07
Têxtil	3,07	3,21	2,87	2,62	2,98	3,93	2,80	3,07
Papel e celulose	3,07	3,21	2,87	2,62	2,98	3,93	2,80	3,07
Cerâmica	3,07	3,21	2,87	2,62	2,98	3,93	2,80	3,07
Outros	3,07	3,21	2,87	2,62	2,98	3,93	2,80	3,07
Consumo não identificado	3,07	3,21	2,87	2,62	2,98	3,93	2,80	3,07

Fonte: elaborado com dados da Matriz Energética e de Emissões (COEFICIENTE DA MATRIZ DE EMISSÕES, 2000)