



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

ALMIR BRUNO JACINTO TAVARES

**ANÁLISE ECONÔMICA DA DECOMPOSIÇÃO ESTRUTURAL  
DAS VARIAÇÕES DAS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS NO G-7  
E BRIC**

ALMIR BRUNO JACINTO TAVARES

**ANÁLISE ECONÔMICA DA DECOMPOSIÇÃO ESTRUTURAL  
DAS VARIAÇÕES DAS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS NO G-7  
E BRIC**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia Regional (Mestrado) da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dra Irene Domenes Zapparoli.

Londrina  
2017

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da  
Universidade Estadual de Londrina**

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**

T231a Tavares, Almir Bruno Jacinto.

Análise econômica da decomposição estrutural das variações das emissões atmosféricas no G-7 e BRIC / Almir Bruno Jacinto Tavares. – Londrina, 2017.  
104 f. : il.

Orientador: Irene Domenes Zapparoli.

Dissertação (Mestrado em Economia Regional) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Estudos Sociais Aplicados, Programa de Pós-Graduação em Economia Regional, 2017.

Inclui bibliografia.

1. Gases estufa – Teses. 2. Relações intersetoriais – Teses. 3. BRIC – Teses. 4. G-7 – Teses. 5. Economia regional – Teses. I. Zapparoli, Irene Domenes. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Estudos Sociais Aplicados. Programa de Pós-Graduação em Economia Regional. III. Título.

CDU 330.35

ALMIR BRUNO JACINTO TAVARES

**ANÁLISE ECONÔMICA DA DECOMPOSIÇÃO ESTRUTURAL DAS  
VARIAÇÕES DAS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS NO G-7 E BRIC**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia Regional da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre. Exame de Qualificação.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra Irene Domenes  
Zapparoli  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Prof. Dr. Umberto Antônio Sesso Filho  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Prof. Dr. Marcelo Eduardo Freres Stipp  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná -  
UTFPR

Londrina, 15 de dezembro de 2017.

À meus verdadeiros tesouros e dádivas: a minha querida filha Hellena e ao meu filho Vinícius Bruno, o amor em relação aos meus filhos é eterno, e que Deus me permita um dia ter a bênção de vê-los recebendo um título de Mestre em qualquer área do saber humano.

## AGRADECIMENTOS

À Deus, o Criador de todas as coisas, Pai Celestial e Grande Arquiteto do Universo, e aos meus pais (José Murillo Tavares-*in memoriam* e Alzira Santos Jacinto) que sempre lutaram para que eu obtivesse êxito nos estudos, e são os principais impulsionadores de eu ter chegado até aqui, sem estes nada seria possível nesta jornada. À minha irmã Ana Delcita e seu esposo Joélcio, à minha tia Célia, estes fundamentais sempre auxiliando de forma generosa.

À Professora Dra. Irene Domenes Zapparoli, meus agradecimentos por aprofundar meus conhecimentos em Economia e Meio Ambiente e pela orientação durante a elaboração desta dissertação.

Aos professores Dr. Umberto Antônio Sesso Filho pela colaboração na pesquisa e disseminação dos conhecimentos adquiridos durante o Mestrado, pois esta pesquisa tem uma pequena parte de seu conhecimento sobre Matriz Insumo-Produto. Ao professor de Econometria Dr. Carlos Roberto pelas aulas complexas e compreensão do meu esforço. Ao professor Dr. Emerson Esteves pela contribuição e participação no exame de qualificação. Ao professor Dr. Marcelo Eduardo Freres Stipp por aceitar o convite do Mestrado de Economia de fazer parte da banca examinadora da defesa pública desta dissertação.

Aos demais professores da Pós-Graduação em Economia Regional pelo aprendizado e troca de experiências. Aos amigos que fizeram parte de forma positiva durante o Mestrado, como Fabiano Campaner. E a cidade de Londrina, a pequena “Londres”, que conjuntamente com a UEL foi palco de horas de luta e dedicação individual. À todos aqueles que, que me brindaram com seus inestimáveis apoios em distintos momentos, especialmente, ao Contador Fernando Costa, ao Advogado Dr. Diogo Palau, e a Neuropsicopedagoga Ana Carolina, muito obrigado a todos!

*Viver é lutar. A vida é combate, que os  
fracos abate, que os fortes, os bravos só  
pode exaltar.*

*Gonçalves Dias (poeta do romantismo  
século XIX)*

TAVARES, Almir Bruno Jacinto. **Análise econômica da decomposição estrutural das variações das emissões atmosféricas no G-7 e BRIC**. 2017. 104 f. Dissertação (Mestrado em Economia Regional) – Universidade Estadual de Londrina, 2017.

## RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo estimar a geração de poluição atmosférica, nos anos de 2000 a 2009, no grupo dos sete (G-7) composto por: Estados Unidos, Alemanha, Canadá, França, Itália, Japão e Reino Unido; e nos países signatários do BRIC: Brasil, Rússia, Índia e China. A metodologia da matriz insumo-produto aplicada utiliza a base de dados do *World Input-Output Database* (WIOD), que permite calcular os coeficientes de geração de emissões dos gases do efeito estufa (GEE) de acordo com os 34 setores elencados a partir da matriz insumo-produto mundial. O estudo abrange a decomposição estrutural das variações nas emissões atmosféricas dos GEE nestes países. Nos resultados constatou-se que nos efeitos intensidade e tecnologia os países do BRIC tiveram maiores acréscimos percentuais que os países do G-7. As observações do BRIC não podem ser unicamente relacionadas ao crescimento econômico, até porque neste período alguns países apresentaram baixo crescimento econômico, como o Brasil. Os recursos naturais em abundância presente nos países do BRIC e seu uso a partir de pouco controle institucional presume a piora dos resultados referente ao GEE em sua estrutura produtiva. No controle de emissões os resultados foram médios para EUA e Canadá e crescimento das emissões no Reino Unido, Alemanha e França. Já nos países do BRIC os piores resultados são da China e os melhores do Brasil, especialmente por possuir uma matriz energética composta por fontes de recursos naturais renováveis.

**Palavras-chave:** Gases do Efeito Estufa (GEE). Matriz ambiental insumo-produto. Estimativa de Emissões. G-7 e BRIC.

TAVARES, Almir Bruno Jacinto. **Economic analysis of the structural decomposition of changes in atmospheric emissions in the G-7 and BRIC.** 2017. 104 p. Dissertation (Master's degree in Regional Economics) – Universidade Estadual de Londrina, 2017.

## **ABSTRACT**

This research's objective is to estimate the emission of atmospheric pollution, from the years 2000 to 2009, in the Group of Seven (G7) composed by the United States, Germany, Canada, France, Italy, Japan and the United Kingdom; and in the signatory countries of the association BRIC: Brazil, Russia, India and China. The applied input-output matrix methodology uses the World Input-Output Database (WIOD), which allows for the calculation of greenhouse gas (GHG) emission coefficients in accordance with the 34 sectors listed from the global input-output matrix. Furthermore, this study analyzes the structural breakdown of atmospheric GHG emission in these countries. Moreover, it shows that in the effects of intensity and technological progress, BRIC countries has had a higher percentage increase than G7 countries. However, this observation cannot be attributed exclusively to economic growth since, in the analyzed period, some of its countries have shown low economic growth, e.g. Brazil. In addition, abundant natural resources within BRIC countries and its use with low institutional control, presumes the worsening of GHG emissions in their productive structure. Finally, the results of emission control show that the USA and Canada are on average, yet the United Kingdom, Germany and France are worsening in GHG emission. In relation to BRIC countries, the worst result comes from China and the best from Brazil – specifically due to its energy matrix composed of renewable natural resources.

**Keywords:** Greenhouse gases (GHG). Environmental input-output matrix. G7 and BRIC.

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Matriz das relações fundamentais de insumo-produto.....	44
Quadro 2 – Sistema Insumo-Produto de Leontief.....	45
Quadro 3 – Setores produtivos para a matriz insumo-produto do WIOD 2000-2009.....	54

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Principais gases do efeito estufa nas atividades econômicas no mundo em 2010 .....	23
Figura 2	– Representação do G-7 e BRIC no planisfério .....	30
Figura 3	– PIB corrente do G-7 e dos países do BRIC em 2014* .....	32
Figura 4	– Efeitos Intensidade, Tecnologia, Estrutura e Volume da Demanda Final do CO <sub>2</sub> nos países do G-7, BRIC e Resto do Mundo 2000-2009 .....	60
Figura 5	– Efeitos Intensidade, Tecnologia, Estrutura e Volume da Demanda Final do CH <sub>4</sub> nos países do G-7, BRIC e Resto do Mundo 2000-2009 .....	60
Figura 6	– Efeitos Intensidade, Tecnologia, Estrutura e Volume da Demanda Final do N <sub>2</sub> O nos países do G-7, BRIC e Resto do Mundo 2000-2009 .....	62
Figura 7	– Efeitos Intensidade, Tecnologia, Estrutura e Volume da Demanda Final do NO <sub>x</sub> nos países do G-7, BRIC e Resto do Mundo 2000-2009 .....	62
Figura 8	– Efeitos Intensidade, Tecnologia, Estrutura e Volume da Demanda Final do SO <sub>x</sub> nos países do G-7, BRIC e Resto do Mundo 2000-2009 .....	63
Figura 9	– Efeitos Intensidade, Tecnologia, Estrutura e Volume da Demanda Final do CO nos países do G-7, BRIC e Resto do Mundo 2000-2009 .....	64
Figura 10	– Efeitos Intensidade, Tecnologia, Estrutura e Volume da Demanda Final do NMVOC nos países do G-7, BRIC e Resto do Mundo 2000-2009 .....	64
Figura 11	– Efeitos Intensidade, Tecnologia, Estrutura e Volume da Demanda Final do NH <sub>3</sub> nos países do G-7, BRIC e Resto do Mundo 2000-2009 .....	65
Figura 12	– Efeito Intensidade do CO <sub>2</sub> por setores nos países do G-7 .....	67
Figura 13	– Efeito Intensidade do CO <sub>2</sub> por setores nos países do BRIC .....	68
Figura 14	– Matriz Energética do Reino Unido de acordo com a fonte utilizada 2008 .....	69

Figura 15 – Efeito Intensidade do CH <sub>4</sub> por setores nos países do G-7 .....	71
Figura 16 – Efeito Intensidade do CH <sub>4</sub> por setores nos países do BRIC .....	71
Figura 17 – Efeito Intensidade do N <sub>2</sub> O por setores nos países do G-7 .....	74
Figura 18 – Efeito Intensidade do N <sub>2</sub> O por setores nos países do BRIC .....	75
Figura 19 – Matriz Energética da França de acordo com a fonte utilizada 2008 .....	77
Figura 20 – Efeito Intensidade do NO <sub>x</sub> por setores nos países do G-7 .....	79
Figura 21 – Efeito Intensidade do NO <sub>x</sub> por setores nos países do BRIC.....	80
Figura 22 – Efeito Intensidade do SO <sub>x</sub> por setores nos países do G-7.....	81
Figura 23 – Efeito Intensidade do SO <sub>x</sub> por setores nos países do BRIC.....	83
Figura 24 – Efeito Intensidade do CO por setores nos países do G-7 .....	86
Figura 25 – Efeito Intensidade do CO por setores nos países do BRIC.....	87
Figura 26 – Efeito Intensidade do NMVOC por setores nos países do G-7 .....	88
Figura 27 – Efeito Intensidade do NMVOC por setores nos países do BRIC.....	89
Figura 28 – Efeito Intensidade do NH <sub>3</sub> por setores nos países do G-7 .....	93
Figura 29 – Efeito Intensidade do NH <sub>3</sub> por setores nos países do BRIC .....	94

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Potencial de aquecimento Global (PAG) ou (GWP - Global Warming Potencial) United Nations Framework Convention on Climante Change (UNFCCC) .....	20
Tabela 2	– Indicadores do G-7 e dos países do BRIC- 2015 (em U\$) .....	33
Tabela 3	– Índice de Desempenho nas Alterações Climáticas nos países do G-7 e BRIC 2015-2016.....	38
Tabela 4	– Variação total no G-7, BRIC e Resto do Mundo.....	58
Tabela 5	– Variação das Emissões atmosféricas no G-7 e BRIC .....	58
Tabela 6	– Efeito Intensidade e Tecnologia do CO <sub>2</sub> por setores nos países do G-7 e BRIC.....	70
Tabela 7	– Efeito Intensidade e Tecnologia do CH <sub>4</sub> por setores nos países do G-7 e BRIC.....	73
Tabela 8	– Efeito Intensidade e Tecnologia do N <sub>2</sub> O por setores nos países do G-7 e BRIC.....	78
Tabela 9	– Efeito Intensidade e Tecnologia do NO <sub>x</sub> por setores nos países do G-7 e BRIC.....	81
Tabela 10	– Efeito Intensidade e Tecnologia do SO <sub>x</sub> por setores nos países do G-7 e BRIC.....	84
Tabela 11	– Efeito Intensidade e Tecnologia do CO por setores nos países do G-7 e BRIC.....	88
Tabela 12	– Efeito Intensidade e Tecnologia do NMVOC por setores nos países do G-7 e BRIC .....	91
Tabela 13	– Efeito Intensidade e Tecnologia do NH <sub>3</sub> por setores nos países do G-7 e BRIC.....	95

## LIST A DE SIGLAS E ABREVIações

BTU	Unidade térmica britânica/hora
CDP	<i>Carbon Disclosure Project</i>
CH <sub>4</sub>	Metano
CLRTAP	<i>Convention on Long Range Transboundary Air Pollution</i>
CO	Monóxido de Carbono
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
COP	Conferência das Partes
COV	Compostos Orgânicos Voláteis
DAS	<i>Structural Decomposition Analysis</i>
GEE	Gases do Efeito Estufa
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
GRI	Global Reporting Initiative
HFCS	Hidrofluorcarbonetos
IDA	Index Decomposition Analysis
IDMC	Índice de Desempenho da Mudança Climática
ISE	Índice Bovespa de Sustentabilidade Empresarial
ISSO	<i>International Organization for Standardization</i>
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Chang</i>
LCA	<i>Life Cycle Assessments</i>
MATLAB	<i>Matriz Laboratory</i>
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MIP	Matriz de Insumo-Produto
MMT	<i>Million Metric Tons Carbon Equivalen</i>
Mtce	<i>Metric Tons Carbon Equivalent</i>
N <sub>2</sub> O	Óxido Nitroso
NH <sub>3</sub>	Amônia
NMVOC	<i>Non-Methane Volatile Organic Compounds</i>
NO <sub>x</sub>	Óxidos de Nitrogênio
ONU	Organização das Nações Unidas
PA	Pressão atmosférica
PFCS	Perfluorcarbonetos
PH	Potencial Hidrogeniônico

PPM	Partes por Milhões
ROW	<i>Rest of the World</i>
RM	Resto do mundo
SF6	Hexafluoreto
SOX	Óxidos de Enxofre
UNFCCC	<i>United Nations Framework Convention ON Climate Change</i>
WIOD	<i>World Input-Output Database</i>
WRI	<i>World Resources Institute</i>
°C	Graus Celsius

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>PARADIGMAS TEÓRICOS ACERCA DA QUESTÃO AMBIENTAL E ECONÔMICA</b> .....	<b>18</b>
<b>2.1</b>	<b>A Sociedade de Risco</b> .....	<b>22</b>
<i>2.1.1</i>	<i>Perspectivas das Economias Ambiental e Ecológica</i> .....	<i>25</i>
<b>2.2</b>	<b>Participação do Grupo dos Sete (G-7) e BRIC nas Mudanças Climáticas</b> .....	<b>29</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>42</b>
<b>3.1</b>	<b>Matriz Insumo-Produto (MIP)</b> .....	<b>42</b>
<b>3.2</b>	<b>Técnica da Decomposição Estrutural</b> .....	<b>48</b>
<b>3.3</b>	<b>Fonte dos Dados</b> .....	<b>52</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>56</b>
<b>4.1</b>	<b>Decomposição estrutural das variações das emissões no G-7, BRIC e Resto do Mundo</b> .....	<b>57</b>
<b>4.2</b>	<b>Análise das Variações das Emissões por Setores nos Blocos G-7 e BRIC</b> .....	<b>66</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>97</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>100</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Um dos problemas debatidos no século XXI é o aumento da temperatura da superfície da Terra, denominado aquecimento global, ocorrendo gradualmente ao longo dos anos pelo meio da luz solar, pois ao atravessar a atmosfera chega na superfície da terra e é irradiada de volta para a atmosfera, por conseguinte, a luz solar é absorvida mais intensamente, quando presentes gases que naturalmente retém o calor. Este processo de absorção esquenta a atmosfera e aquece a superfície do planeta. Deste fenômeno natural, decorre o efeito estufa, e caso não ocorresse a temperatura da Terra seria em média mais fria prejudicando assim à vida na Terra. A problematização em questão é em relação a emissão dos gases do efeito estufa (GEE) que aumentaram de forma acentuada nos últimos séculos, em especial devido ao aumento das atividades econômicas.

O dilema preponderante no âmbito econômico ambiental é que justamente como o processo produtivo tem contribuído para o aumento da poluição atmosférica e alterações climáticas. Potencialmente a queima de combustíveis fósseis (petróleo, gás natural e carvão) e o desmatamento são responsáveis pelo aumento dos GEE, dessa forma uma parte significativa nos níveis de acréscimos dos GEE são causados pelas atividades antrópicas e podem levar a alterações na temperatura média do planeta.

A remediação dos danos é urgente, todavia a solução para esse problema é complexa, pois os países mais industrializados precisam encontrar formas de mitigar a agressão ao meio ambiente sem afetar o aumento da produção. Para as economias em desenvolvimento, é necessário acelerar o crescimento da sua estrutura produtiva para atingir melhores indicadores econômicos, no entanto, existe uma relação entre os níveis de poluição e o fomento das atividades econômicas. São altos os custos de melhorar a qualidade da estrutura produtiva em termos de buscar meios menos agressivos ao meio ambiente. Para tanto, desenvolve-se este trabalho no intuito de contribuir com o debate da política internacional do controle de emissões dos países desenvolvidos e em desenvolvimento, de tal modo o recorte é realizado em cima dos países do Grupo dos Sete (G-7) e do BRIC.

A poluição atmosférica observada nesta pesquisa é composta por excedentes de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), óxidos de enxofre (SO<sub>x</sub>), monóxido de carbono (CO), outros

compostos orgânicos voláteis não metanos (NMVOC) e amônia (NH<sub>3</sub>), totalizando oito (8) gases. Ademais, este estudo remete aos setores da estrutura produtiva de cada país, mais precisamente aos que mais contribuem para aumento da poluição atmosférica relacionada ao aquecimento global. Então, em termos de blocos de países, qual o papel do G-7 e do BRIC na poluição atmosférica? Os resultados observados das variações das emissões apresentaram reduções nestes países caracterizando um controle de emissões de fato? Dentro da preocupação mundial estes países possuem liderança e medidas que visam o controle de emissões?

O presente trabalho tem como objetivo estimar a decomposição estrutural da poluição atmosférica, nos anos<sup>1</sup> de 2000 a 2009, no grupo dos sete (G-7) composto por: Estados Unidos, Alemanha, Canadá, França, Itália, Japão e Reino Unido; e nos países signatários do BRIC: Brasil, Rússia, Índia e China.

Os objetivos específicos versam em duas etapas: comparar as variações das emissões atmosféricas no G-7 versus BRIC e identificar os setores mais poluentes do âmbito do G-7 e BRIC nos anos de 2000 a 2009 .

Os procedimentos metodológicos consistem em decompor as variações das emissões atmosféricas, no período de 2000 a 2009, dispostas no *World Input Output Database* (WIOD). A análise da decomposição estrutural é observada a partir dos quatro efeitos resultados dos cálculos matemáticos sobre a Matriz Insumo-Produto (MIP) mundial; são estes efeitos: intensidade das emissões, tecnologia, proporção da demanda final, e crescimento da demanda. No entanto, a título de melhor entendimento e afinamento com os objetivos da pesquisa calcula-se o efeito intensidade e tecnologia decorrente da decomposição estrutural. Para o caso dos BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul) não existem dados no WIOD acerca da África do Sul para estes anos, doravante faz necessário que a abordagem seja somente dos países do BRIC, retirando a África do Sul da análise específica.

Após a aplicação dos procedimentos metodológicos da decomposição estrutural, o resultado esperado é revelar os efeitos das variações das emissões e os efeitos intensidade e tecnologia, pois estão mais relacionados a participação do Estado e das Empresas atuantes em determinado país, os outros efeitos não são

---

<sup>1</sup> A base de dados mais atualizada no *World Input Output Database* (WIOD) para emissões de GEE até dezembro de 2017 é a utilizada neste trabalho, correspondente aos anos de 2000-2009.

efetivamente controláveis porque se referem a proporção e volume da demanda por bens e serviços.

A Justificativa perfaz a necessidade de apresentar um levantamento mais seguro e detalhado sobre as informações da poluição atmosférica envolvendo os países do G-7 e BRIC, estas são as principais economias do planeta e possuem grandes mercados consumidores. Dada a preocupação comum cada vez mais relevante sobre o futuro do planeta, salienta-se que geralmente o foco das pesquisas é somente para o CO<sub>2</sub>. Portanto, é necessário uma confrontação dos resultados de forma mais detalhada, utilizando os diversos gases do efeito estufa, pois estes também estão relacionados com as alterações climáticas.

Este trabalho está dividido em cinco seções. Na primeira se introduz o assunto, o problema e os objetivos geral e específicos. Na segunda faz-se a fundamentação teórica e problematização sobre economia e o meio ambiente, o contexto do G-7 e do BRIC na sociedade global, e o debate acerca do controle de emissões. A seção três se refere aos aspectos metodológicos e descreve os critérios e teorias para obter-se o resultado as respectivas emissões. Já na seção quatro, os resultados contemplam os objetivos trazendo a decomposição estrutural das emissões de GEE nos blocos de países a partir de gráficos e tabelas exemplificativas. Nas considerações finais, seção cinco, resumem-se os principais entendimentos sintetizados no trabalho. Os anexos trazem todos os cálculos obtidos a partir da base de dados permitindo que outros pesquisadores tenham acesso a dados relevantes que possam ser aplicados em outras pesquisas.

## 2 PARADIGMAS TEÓRICOS ACERCA DA QUESTÃO AMBIENTAL E ECONÔMICA

Esta seção é composta pela revisão bibliográfica sobre a poluição e economia sob a ótica da necessidade de redução das emissões de GEE. Também se busca entender as consequências já identificadas como a elevação da temperatura do planeta a partir das principais economias globais elencadas na pesquisa, como os países do G-7, ou seja, os sete países mais ricos do planeta e as economias em desenvolvimento do BRIC.

Reforçando este desígnio, abordar-se as diferenças entre economia ambiental e ecológica e o debate acerca de crescimento econômico na ótica ambiental. Discorre-se sobre os desafios da sociedade contemporânea baseada no consumo cada vez mais intenso dos bens da economia capitalista.

A despeito, sabe-se que o conceito de desenvolvimento sustentável<sup>2</sup> foi compendiado no Relatório *Our Common Future* (1987), mais conhecido como relatório de Brundtland, no entanto, no Brasil pode-se ousar em dizer que as sociedades indígenas de certa forma aplicam o desenvolvimento sustentável desde sua existência. Não obstante, outras contribuições importantes que antecederam a conceituação do desenvolvimento sustentável são a Conferência de Estocolmo sobre o Meio Ambiente (1972), o Clube de Roma (1972) a Conferência da União Internacional para a Conservação da Natureza (1982).

Neste contexto, a mudança climática perfaz importante conceito utilizado no meio científico, consiste numa variação em uma medida climática, como temperatura, vento ou precipitação em várias décadas, este tipo de alteração pode estar ligado tanto a atividades humanas ou ligada aos fenômenos naturais (variações na intensidade da luz solar ou alterações na circulação oceânica), sendo o aquecimento global uma categoria mais abrangente de mudança climática, que está recentemente ligada às interferências humanas (CALLAN; THOMAS, 2016).

---

<sup>2</sup> Desenvolvimento que atende às necessidades do presente sem comprometer a habilidade das futuras gerações satisfazerem suas necessidades (World Commission on Environment and Development – Brundtland-Commission, 1987)

A questão econômica e ambiental relacionada as emissões de GEE é mais um dos desafios desta modernidade, pois as economias industrializadas conseguiram o aumento crescente de suas produções devido ao passo de desvincular cada vez mais a humanidade da relação harmoniosa com a natureza, por exemplo, mediante as crescentes explorações de combustíveis fósseis. Contudo, este processo de industrialização teve um revés no meio científico e político, especialmente quanto a preocupação mundial com meio ambiente, cabe ênfase ao Protocolo de Quioto negociado em 1997, este foi criado para resolver a questão de longo prazo da poluição do ar, de tal modo, tentando convencer os grandes poluidores a se comprometer de reduzirem a poluição aos níveis de 1990.

Os principais países poluidores foram listados no anexo B do Protocolo de Quioto, os mesmos deveriam se comprometer nas reduções de GEE. Os países do G-7 foram todos registrados, já se abancamos os países do BRIC, o Brasil, a Índia e a China não foram questionados na época, somente a Rússia se encontrara no anexo B<sup>3</sup> do Protocolo (KYOTO PROTOCOL, 1988).

Já o Brasil ratificou o Protocolo de Quioto em 2002. Entre os principais emissores de GEE em volume de emissões, os Estados Unidos não ratificaram a proposta. Por conseguinte, um novo acordo foi proposto na Cúpula do Clima em Paris no ano de 2015, diante de novos empasses da política ambiental internacional, o encontro resultou em um acordo, denominado Acordo de Paris, que avançou de maneira significativa em relação aos acordos passados, pois demarcou metas de redução de emissões de gases de efeito estufa para um número maior de países desenvolvidos e em desenvolvimento.

De acordo com relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC)<sup>4</sup>, o aumento da concentração dos GEE na atmosfera é devido principalmente a utilização demasiada dos recursos naturais não renováveis nas atividades econômicas, que têm

---

<sup>3</sup> O anexo B do Protocolo de Quioto compromete as nações industrializadas listadas no anexo (a reduzir suas emissões em 5,2% - em relação aos níveis de 1990 – para o período de 2008- 2012.

<sup>4</sup> O IPCC é composto por delegações de 195 países e foi criado em 1988. Atualmente está elaborando o sexto relatório. Os relatórios do IPCC são a principal referência científica para os estudos sobre mudança do clima desde a década de 1990.

interferido no clima do planeta. Por conseguinte, nas próximas décadas a temperatura média da Terra se elevará (IPCC, 2013).

Portanto, enumera-se na tabela 1 que o IPCC relaciona o potencial de aquecimento global (PAG) tomando por base o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), pois é um dos principais causadores do aquecimento global. Para efeitos de comparação, os GEE são indexados de acordo com seu Potencial de Aquecimento Global (PAG) que é a capacidade de um GEE capturar calor na atmosfera em relação a quantidade igual de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Destarte, ao verificar a Tabela 1 conclui-se que o GEE menos poderoso em termos do aquecimento global é o (CO<sub>2</sub>). Entretanto, o CO<sub>2</sub> é o gás mais presente em volume de emissões quando se refere a poluição atmosférica, por isso o maior foco das pesquisas relacionadas ao tema.

**Tabela 1** - Potencial de aquecimento Global (PAG) ou (GWP - Global Warming Potencial) United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)

Denominação Comum	Fórmula Química	Meia vida (anos)	Eficiência Radiativa (W m <sup>-2</sup> ppb <sup>-1</sup> )	PAG <sup>5</sup> 100 anos	20 anos	100 anos	500 anos
<b>1 Principais Gases do Efeito Estufa</b>							
Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>	-	1.4x10 <sup>-5</sup>	1	1	1	1
Metano	CH <sub>4</sub>	12	3.7x10 <sup>-4</sup>	21	72	25	7.6
Óxido Nítrico	N <sub>2</sub> O	114	3.03x10 <sup>-3</sup>	310	289	298	153
<b>2- Algumas substâncias controladas pelo Protocolo de Montreal</b>							
CFC-11	CCl <sub>3</sub> F	45	0.25	3,800	6,730	4,750	1,620
CFC-12	CCl <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	100	0.32	8,100	11,000	10,900	5,200
<b>3 – Hidrofluorcarboneto</b>							
HFC-23	CHF <sub>3</sub>	270	0.19	11,700	12,000	14,800	12,2
<b>4 - Composto Perfluorcarbonos</b>							
Hexafluoreto de carbono	SF <sub>6</sub>	3.200	0.52	23,900	16,300	22,800	32,6

Fonte: IPCC (2007)

As consequências são inúmeras do aquecimento global, pois o aumento da temperatura média do planeta implicará em efeitos diversos na produtividade dos

<sup>5</sup> Global Warming Potencial (GWP) e IPCC (Intergovernmental Panel Climate Change). \* PAG relativo ao CO<sub>2</sub> e expresso em termos de massa e para um período de 100 anos definido pelo segundo Relatório de Avaliação do IPCC (1995). Ver lista IPCC ou demais órgãos considerados pela UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change).

ecossistemas. Nas áreas úmidas estende-se a estação de crescimento das plantas e aumenta-se o metabolismo<sup>6</sup>, pois estas exigem CO<sub>2</sub> para fotossíntese, entretanto; os ambientes áridos terão redução da sua produção agrícola tornando mais suscetível nessas áreas as pastagens. Outros problemas seriam a inundação de áreas costeiras pela elevação do nível do mar causado pelo derretimento das calotas polares, aumento das ondas de calor, maior tensão para obter água potável em países áridos, frequência de furações e tempestades severas. Populações estariam mais vulneráveis a doenças e a desnutrição<sup>7</sup>. Por outro lado, as dificuldades crescem com a explosão populacional de alguns países, a população humana cresce a uma taxa de quase 2% ao ano, portanto, consumindo mais recursos naturais e com maior velocidade do que a regeneração feita pela biosfera através dos serviços do ecossistema<sup>8</sup> (RICKLEFS, 2012).

Por conseguinte, a revolução energética do século XXI mal está começando e já apresenta diversas complicações, por exemplo, a matriz energética sobretudo baseada em combustíveis fósseis. Ressalta-se a necessidade da transição da era do petróleo ao pós-petróleo. No entanto, esta travessia será longa; pois, nenhuma das energias alternativas oferece, por enquanto, vantagens econômicas claras com relação ao petróleo e seus derivados (SACHS, 2007).

Neste contexto, a contemporaneidade necessita cada vez mais de fontes energéticas alternativas, daí decorre um processo crescente de busca por novas tecnologias que permitam uma alavancagem na produção energética mundial, na busca de novas fontes estão a perspectivas e um novo mercado que visam a produtividade, a eficiência e menor degradação ambiental. As nações mais ricas do planeta já utilizam as fontes alternativas no uso dos recursos para produção em sua estrutura produtiva, países pobres ainda tem dificuldades de investimento nestes

---

<sup>6</sup> Conjunto de transformações dos organismos vivos, pelas quais passam substâncias que o constituem: reações de síntese (anabolismo) e reações de desassimilação (catabolismo) que liberam energia.

<sup>7</sup> O aumento do gasto público com as populações afetadas é uma consequência provável referente aos processos resultantes do aquecimento global, e as migrações ambientais resultantes de catástrofes resultariam em pressões no mercado de trabalho nas localidades destes contingentes populacionais.

<sup>8</sup> Benefícios proporcionados pelos ecossistemas que propiciam a vida humana como polinização de plantações, água limpa e doce, produção de alimentos, entre outros. O meio ambiente é interdependente e propicia diversas interações que facilitam a vida humana (RICKLEFS, 2012, p.519)

novos mercados.

A energia renovável era praticamente desconhecida na década de 1970, com exceção da energia obtida pelas hidrelétricas, este cenário vem se modificando, a exemplo os EUA, atualmente dependem menos do petróleo para a mistura de combustível, além de que a produção de petróleo é mais diversificada entre os países que décadas atrás (HINRICHS, KLEINBACH E REIS, 2014).

O debate ambiental perfaz diversas teorias não somente no âmbito da economia, no entanto, as principais correntes econômicas estão apostas neste trabalho, para tanto, são todas contribuintes do alerta para a determinação dos países no sentido de buscar através de acordos globais reduções nas emissões de GEE e novas fontes alternativas de energia visando diminuir a poluição atmosférica.

## **2.1 A Sociedade de Risco**

É notório que a poluição não reconhece fronteiras nacionais, fenômenos como o aumento da temperatura são efetivamente globais. A degradação ambiental é um dos aspectos negativos da globalização<sup>9</sup> que através do crescimento da demanda por bens industriais e de consumo vêm aumentando a escala de uso dos recursos naturais. Assim, a economia global compreende novas tendências que estão por um lado majorando as pressões ambientais e por outro reduzindo-as. A questão peculiar é que na maioria das vezes os aumentos estão ganhando das reduções de danos ambientais.

Como já observado, o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) é o tipo de emissão mais abundante segundo os relatórios do IPCC chegando a 76%, sendo que a principal ocorrência é no uso de combustíveis fósseis, conforme figura 1. Já o desmatamento para agricultura e uso do solo perfaz 11% das emissões de CO<sub>2</sub>. Também o IPCC aduz que o CH<sub>4</sub> gerado deriva principalmente da agricultura e gestão de resíduos, e o Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O) está ligado a utilização de fertilizantes também neste setor. Os processos industriais, a refrigeração e a utilização de diversos produtos de consumo

---

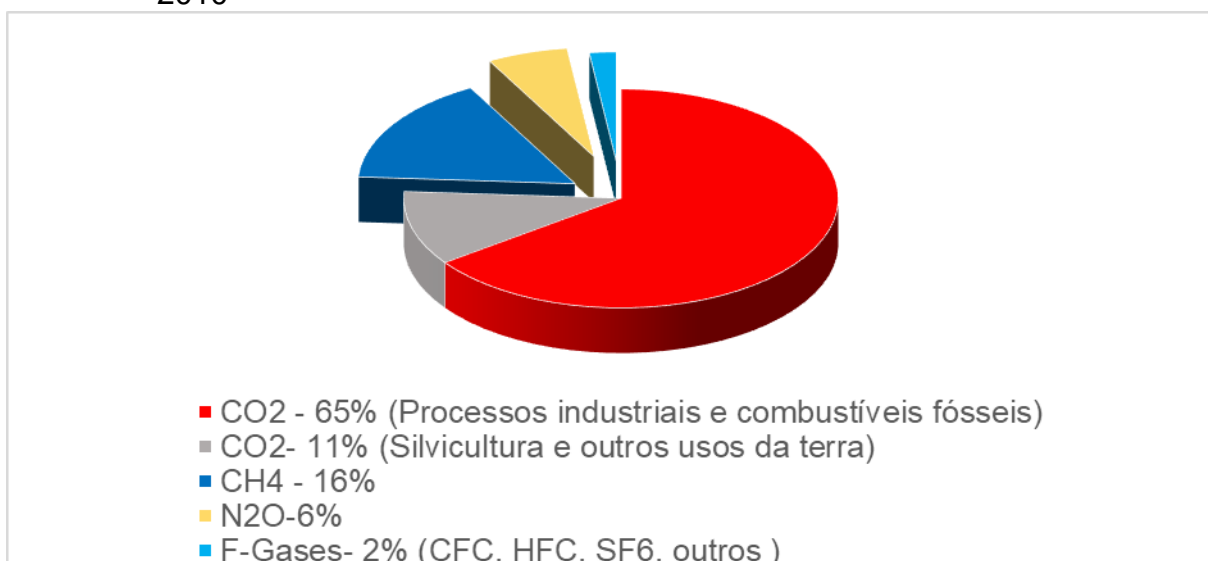
<sup>9</sup> A globalização trouxe também efeitos positivos como a maior circulação de conhecimentos científicos e intercâmbio cultural, mas como aponta o trabalho, os efeitos negativos entre eles a a degradação ambiental e especulação financeira. Sobretudo podemos também admitir que a globalização não é fenômeno recente.

contribuem para as emissões de gases fluorados, que incluem hidrofluorcarbonetos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) e hexafluoreto de enxofre (SF6).

De acordo com Moraes (2009) este cenário de alerta é mais assustador se levar em consideração que existe crescimento do uso de recursos naturais a partir do aumento da população mundial<sup>10</sup>. A população mundial deverá chegar a 8,6 bilhões em 2030 e a concentração do crescimento da população global nos países mais pobres representa um dos desafios adicionais para o cumprimento da Agenda de Desenvolvimento Sustentável<sup>11</sup> para 2030 (UNITED NATIONS, 2017).

Uma das saídas para esta crise do uso de recursos naturais foi a formulação do mercado de carbono, pensado décadas atrás, que é um mecanismo de compensação internacional ambiental, em que empresas capitalistas podem comprar permissões de emissões a partir de áreas preservadas, isto não significou efetivamente reduções das emissões nos países ricos.

Figura 1 - Principais gases do efeito estufa nas atividades econômicas no mundo em 2010



Fonte: IPCC (2014). Gráfico elaborado pelo autor

<sup>10</sup> As economias desenvolvidas como os EUA estão entre os países com alto crescimento populacional, quanto as economias em desenvolvimento a Índia também apresenta altas taxas de crescimento com projeções para se tornar o país mais populoso do mundo superando a China nos próximos sete anos. (UNITED NATIONS, 2017)

<sup>11</sup> A agenda estabeleceu em 2015 através de reuniões com diversos chefes de Estado, na sede da ONU, os 17 objetivos comuns globais para o desenvolvimento sustentável e metas para 2030, que preconizam a eliminação da pobreza e da fome, expansão dos sistemas de saúde e educação, trabalho decente, igualdade de gêneros e redução da desigualdade, entre outros.

A globalização dos mercados mais recentes e seus mecanismos de modernidade trouxeram processos mais avançados de apropriação da natureza através da velocidade de implementação da tecnologia. O advento destes processos já estava descrito no início do século XX através de conceitos como a Sociedade de Risco.

Todavia, países com industrialização recente vem exercendo novas pressões sobre recursos naturais, especialmente nas emissões de GEE. O aumento do comércio internacional requer inevitavelmente mais transportes, que é uma das principais fontes de emissão de carbono. Os sistemas de produção e distribuição baseados no *just-in-time*<sup>12</sup> reduziram os estoques, no entanto, aumentando as distâncias totais de transporte. Por outro lado, a regulamentação ambiental, a melhoria da eficiência energética nos países desenvolvidos, e os acordos internacionais firmados sobre o meio ambiente ajudam a reduzir estes danos causados pelo crescimento econômico (JACOBS, 2007).

É justamente essa transformação de ameaças civilizacionais à natureza em ameaças sociais, econômicas e políticas sistêmicas que representa o real desafio do presente e do futuro, o que justifica o conceito de sociedade de risco<sup>13</sup>.

A degradação industrial força as bases ecológicas e desencadeiam uma nova dinâmica evolutiva social sem precedentes históricos, que pressupõe uma reconsideração da relação natureza e sociedade. O imprevisto da socialização da natureza é a socialização das destruições e ameaças incidentes sobre a natureza, estes danos se convertem em ameaças globais. As teorias do século XIX conceberam a natureza como algo predeterminado e subjugado, o próprio processo de industrialização refutou estas conjecturas, a natureza é um produto social e ameaça a estrutura interna do universo civilizatório. A consequência central desse processo é que a economia deixa de ser meramente concebida como realidade

---

<sup>12</sup> Sistema utilizado pela administração que tudo deve ser comprado, produzido e transportado de acordo com o momento exato da efetiva demanda, assim reduzindo os estoques e demais custos.

<sup>13</sup> O sociólogo alemão Ulrich Beck na década de 1940 utilizou o termo “sociedade de risco” para alertar para os impactos ambientais, na qual a sociedade globalizada geraria riscos sociais cada vez maiores com o advento da nova modernidade, assim seguiriam instabilidade nos mercados, problemas ambientais e o terrorismo. A ideia central seria um momento de ruptura relativa a esta contemporaneidade.

autônoma em relação à natureza. Problemas ambientais não são mais apenas problemas ambientais e sim problemas do ser humano (BECK, 2011).

Todavia, o pensamento econômico trouxe algumas indagações e respostas as questões ambientais, hodiernamente, a teoria econômica tomou dois rumos: o da Economia Ambiental<sup>14</sup> e da Economia Ecológica. Por conseguinte, na Economia Ambiental os limites do crescimento podem ser manipulados pelo uso da tecnologia, pois o desenvolvimento tecnológico pode trazer melhoria nos sistemas de produção a fim de mitigar a degradação ambiental. Já para a Economia Ecológica é necessário diminuir o uso intenso da apropriação dos recursos naturais.

### *2.1.1 Perspectivas das Economias Ambiental e Ecológica*

Diante do exposto, a Economia Ambiental perfaz o sentido do desenvolvimento sustentável menos rigoroso que a Economia Ecológica, em que o estoque de capital social (recursos naturais e artificiais) herdado por determinada geração deve ser deixado pelo menos nos mesmos patamares para a gerações seguintes. Estes teóricos evidenciam a sustentabilidade<sup>15</sup> em fraca e forte, a primeira pressupõe que se pode transferir menos reposição para o meio ambiente (florestas tropicais, pantanais, etc) desde que deixe para as futuras gerações mais estradas, equipamentos, tecnologia, educação, etc; já a sustentabilidade forte rejeita a substituição perfeita entre capital natural (recursos naturais) e artificial (máquinas, equipamentos, etc), pois alguns serviços dos ecossistemas seriam essenciais a vida no planeta. Portanto, a sustentabilidade forte tem como base um esforço maior para proteger o meio ambiente alegando que o capital natural deve ser contabilizado tanto pelo setor público e o privado, afim de permitir um investimento maior para repor não somente o desgaste do capital artificial, mas também o capital natural. (MORAES, 2009).

---

<sup>14</sup> A economia ambiental também é denominada de corrente convencional ou neoclássica. Existem outras abordagens como da economia dos recursos naturais que trata da exploração dos recursos naturais ao longo do tempo e sua otimização.

<sup>15</sup> Esta é relacionada diretamente ao conceito de desenvolvimento sustentável. No caso da sustentabilidade ambiental, os principais objetivos consistem num tripé: em preservação do potencial da natureza para a produção de recurso renováveis, limitação do uso de recursos não-renováveis, respeito e realce para a capacidade de autodepuração dos ecossistemas naturais (VEIGA, 2006)

As emissões antropogênicas de GEE representam uma externalidade negativa, pois os efeitos desses gases não estão incorporados no mercado, assim os instrumentos de política pública deveriam internalizar os custos dos danos. Deriva-se desse pensamento da Economia Ambiental dois tipos de controle: encargos por poluição e os sistemas de permissões negociáveis<sup>16</sup> (CALLAN E THOMAS, 2016).

O sistema de permissões negociáveis se referem ao mercado de carbono, já os encargos por poluição se relacionam com a cobrança de impostos sobre as externalidades negativas geradas. Sendo assim, a partir do intenso debate global dos anos 1970 os recursos naturais ganharam mais destaque nos estudos da economia ambiental.

Para tanto, na microeconomia neoclássica considera-se que a função de produção deve comportar os recursos naturais, mas isto comporta ainda uma doutrina minoritária na teoria econômica. É evidente que o foco maior é o uso eficiente dos fatores de produção, baseados em modelos de otimização, segue então a função de produção:  $Y = f(K, L, R)$ , onde,  $Y$  = Produto,  $K$  = capital,  $L$  = Trabalho e  $R$  = Recursos Naturais. Pode-se dizer que a Economia Ambiental incluiu os recursos naturais na função de produção, no entanto, sustentando a forma multiplicativa (função de produção Cobb-Douglas<sup>17</sup>), o que constitui a substitubilidade entre capital, trabalho e recursos naturais. A suposição teórica é que os limites impostos pela disponibilidade dos recursos naturais podem ser suplantados pelo progresso tecnológico que os substitui por capital ou trabalho (STIGLITZ, 1974; SOLOW, 1986).

Nestes termos, muitos avanços teóricos foram elaborados acerca do desenvolvimento sustentável no âmbito da Economia Ambiental, a exemplo, tem-se

---

<sup>16</sup> Estabelece permissões de GEE, admitindo o lançamento de determinada quantidade de GEE, assim os países podem ganhar créditos caso se envolvam em atividades de absorção de carbono, por exemplo, o reflorestamento, neste aspecto a União Europeia (EU) já dispõe de um programa próprio de comercialização destas permissões.

<sup>17</sup> A Função de Cobb-Douglas é uma função utilizada para representar a relação entre dois (ou mais) fatores de produção e o produto. Baseia-se numa equação desenvolvida pelo economista sueco Knut Wicksell e foi testada com os dados da construção naval pelo economista Paul Douglas, baseado em sugestões do matemático Charles Cobb. Para a produção, a função é  $Y = AL^\alpha K^\beta$  Onde:  $Y$  = produto  $L$  = quantidade de trabalho  $K$  = quantidade de capital  $A$ ,  $\alpha$  e  $\beta$  são constantes determinadas pela tecnologia..

a Curva Ambiental de Kuznets<sup>18</sup> (CAK) que na década de 1990 foi aprofundada por Panayotou (1993). A CAK aborda a existência de uma curva em formato U invertido entre poluição e renda. No caso das emissões, à medida que a renda alcança determinado nível a taxa de crescimento das emissões se reduz. Por outra ótica, tem-se o modelo da convergência de emissões que compreende que a poluição tende a uma taxa de crescimento equilibrado das emissões no longo prazo que leva a um estado estacionário. Os modelos de convergência advêm desde Solow (1956) que trata do crescimento econômico, onde a economia tende a uma taxa de crescimento que leva a um estado estacionário, no entanto, mais recentemente, estudos como de List (1999) e Sathindrakumar (2003) apresentaram a questão das emissões e do crescimento econômico dentro dos modelos de convergência.

Destarte, no estudo da CAK decorre que o crescimento de um país pobre resulta em aumento da poluição, até porque não existirá elevado gasto no controle da poluição, com o aumento da renda as prioridades são mais alocadas para a sustentabilidade permitindo melhor ajuste. Portanto, a CAK exprime que o crescimento econômico pode ser combinado com as políticas ambientais para se objetivar o desenvolvimento sustentável e é bastante utilizada pelos teóricos da Economia Ambiental.

Nesta perspectiva da Economia Ambiental, danos ambientais são externalidades<sup>19</sup> negativas, no caso da poluição a mesma gera custos privados e custos sociais. Ademais, essa assimetria faz com que a quantidade efetiva de poluição seja maior que a socialmente ótima<sup>20</sup>, assim a quantidade de poluição ótima seria a que os benefícios da sociedade são máximos. Para tanto, os custos sociais devem ser internalizados nos cálculos dos agentes geradores, como a

---

<sup>18</sup> A Curva Ambiental de Kuznets (CAK) recebe este nome em homenagem ao economista Simon Kuznets que em 1955 demonstrou que a desigualdade de renda é natural nos primeiros ciclos de desenvolvimento e tenderia a diminuir com o desenvolvimento econômico.

<sup>19</sup> Podem ser positivas e negativas, são efeitos de uma tomada de decisão que trazem consequências para terceiros que não participaram da decisão.

<sup>20</sup> Termo baseado na condição de eficiência de Pareto. Para este economista o conceito de eficiência na economia acontece quando não há nenhuma possibilidade de melhorar a posição de pelo menos um dos agentes da economia sem que a posição do outro agente seja piorada. Também é chamada de alocação ótima dos recursos de Pareto. Esse critério tem extrema importância quando buscamos estabelecer um ponto de equilíbrio entre produção e poluição. O ponto de ótimo se dará quando a sociedade definir um patamar de poluição aceitável e as indústrias limitarem sua produção a um ponto economicamente viável.

taxação destes. Portanto, os teóricos da Economia Ambiental dividiram suas proposições baseadas na Economia da Poluição e na Economia dos Recursos Naturais<sup>21</sup>. (CHECIN, 2010).

De tal modo, a incerteza acerca diante dos fatores ambientais fizeram que a Economia Ecológica se aprofundasse nos questionamentos do esgotamento dos recursos não-renováveis nas décadas de 1960, através dos estudos de Nicholas Georgescu-Roegen, Herman Daly, Kenneth Boulding, entre outros. Já a Economia Ambiental se dividiu em Economia da Poluição e Economia dos Recursos Naturais e utilizou do arcabouço neoclássico para provar seus postulados, para tanto se apoiou nas ideias de Arthur Pigou, Robert Solow e Joseph Stiglitz.

A Economia Ecológica pensa na economia como um sistema aberto que regularmente troca matéria e energia com seu meio ambiente, uma vez que o crescimento econômico tem um custo que pode se tornar mais alto que o benefício da exploração. Neste ponto de vista a Economia Ecológica classifica o crescimento de econômico ou antieconômico dependendo da forma de utilização dos recursos naturais (CHECIN E VEIGA, 2010).

O debate da Economia Ecológica é associado a sociedade do consumo<sup>22</sup> que tomou conta do século XX e aspirações foram infladas diante do processo econômico, mas este crescimento é limitado pela finitude de matérias-primas e energia, dada a capacidade restrita de processar resíduos. A pesquisa energética busca aumentar a eficiência energética e desenvolver alternativas não fósseis de energia que na verdade são fundamentais. Por outro lado, mesmo considerando o incremento tecnológico, a humanidade deve se preparar para a estabilização das atividades econômica no que se refere a padrões de consumo crescentes, este pensamento foi pontuado por Nicholas Gergescu-Roegen na década de 1970. Este ressaltou que o desenvolvimento humano dependerá da retração econômica, ou

---

<sup>21</sup> A Economia dos Recursos Naturais evidencia que a alocação intertemporal dos recursos naturais, a ideia de depleção ótima advém do pressuposto que maximiza-se o valor presente do benefício da extração do recursos natural

<sup>22</sup> A sociedade de consumo do século XXI é extremamente caótica, na qual a rota principal da felicidade humana é a atividade de consumo, onde os recordes são comumente quebrados e parece não haver fim para os desejos humanos. Até mesmo a *internet* colabora na ampliação do consumo com a diversidade e o estudo das empresas acerca do perfil dos consumidores através de redes sociais. A sociedade dos produtores se transformou na sociedade dos consumidores, transformando as pessoas em “mercadoria”, onde são objetos de seus desejos ilimitados (BAUMAN, 2008).

decréscimo do produto, e não do seu crescimento (CHECIN, 2010).

Para a Economia Ecológica o arcabouço teórico da Economia Ambiental viola as leis da termodinâmica, em especial a Segunda Lei da Termodinâmica<sup>23</sup>, pois a quantidade de matéria e energia incorporada aos bens finais é menor que a contida nos recursos utilizados no processo de produção. Portanto, parte da energia e do material de baixa entropia<sup>24</sup> são transformados e se tornam resíduos. Dessa forma, aduz que não existe eficiência produtiva total. Logicamente, que a quantidade de baixa entropia desperdiçada depende da tecnologia empregada no processo. A medida que se emprega mais tecnologia para desperdiçar menos, acrescenta-se mais custos e dificuldades a cada avanço tecnológico. Então, há um limite termodinâmico da eficiência, pois sempre se perde energia ou matéria mesmo que se empregue a melhor tecnologia (CHECIN E VEIGA, 2010).

Neste contexto, na Economia Ambiental a natureza é entendida como parte ou setor da macroeconomia, já a Economia Ecológica a macroeconomia parte de um todo bem mais amplo que é finito.

## **2.2 Participação do Grupo dos Sete (G-7) e BRIC nas Mudanças Climáticas**

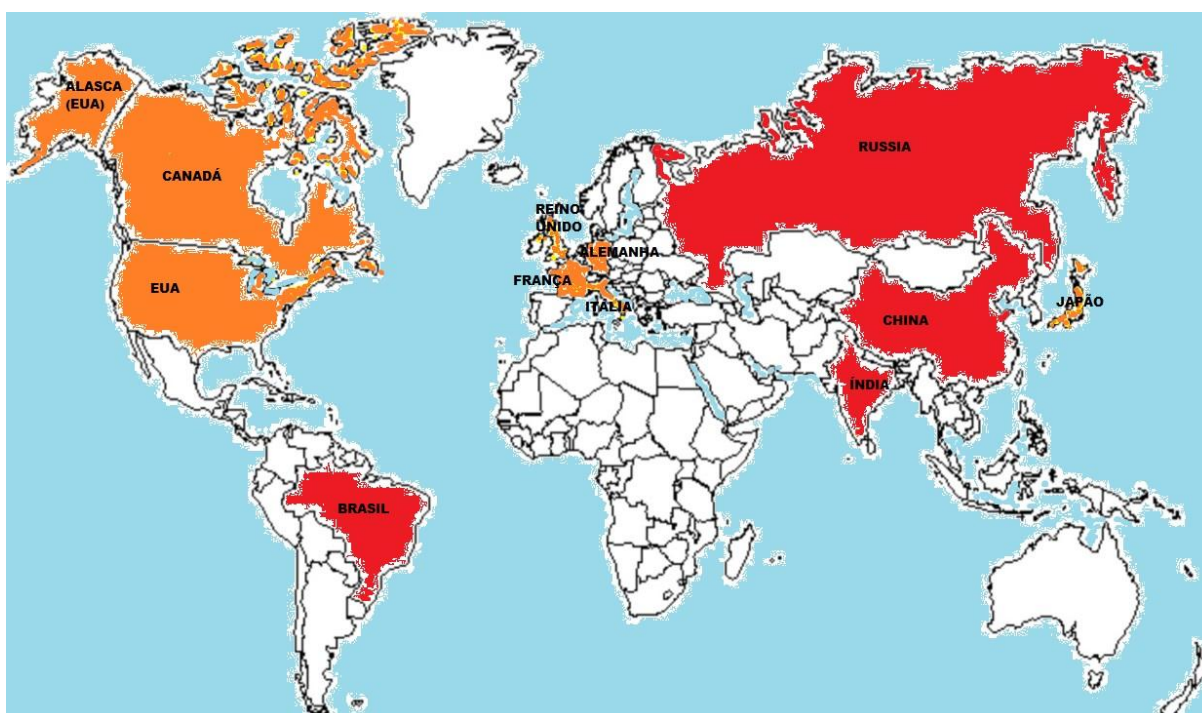
Os países desenvolvidos representados pelo G-7, e com elevado grau de industrialização e tecnologia estão predominantemente localizados no hemisfério norte e são elencados como grandes poluidores por possuir uma elevada produção de bens e serviços. Já o BRIC representando as economias em desenvolvimento, possui o Brasil no hemisfério sul, como pode observar na figura abaixo, e aos poucos estão ganhando força no comércio internacional. Estes dois blocos estudados, constituem um ponto chave para entender acerca do crescimento das emissões de GEE e do aquecimento global.

---

<sup>23</sup> Também denominada Lei da Entropia, este enunciado demonstra que, não é possível que um dispositivo térmico tenha um rendimento de 100%, ou seja, por menor que seja, sempre há uma quantidade de calor que não se transforma em trabalho efetivo.

<sup>24</sup> É uma grandeza da termodinâmica que mensura o grau de irreversibilidade de um sistema. No caso do meio ambiente se considera um sistema aberto, no sistema fechado não haveria perda de energia.

Figura 2 – Representação do G-7 e BRIC no planisfério



Fonte: Elaborado pelo autor.

Desde a Conferência das Partes (COP)<sup>25</sup> da Convenção-Quadro da ONU sobre Mudanças Climáticas ocorrida no Japão e a criação do Protocolo de Kyoto, em 1997, em torno de 128 nações do planeta se comprometeram com as reduções das emissões de GEE, especialmente, os países que fazem parte da União Europeia, sendo estes os que mais avançaram nas negociações. Atualmente os mesmos estabeleceram metas para redução de GEE entre os anos de 2013 e 2020.

Em 2005 o Protocolo de Kyoto entrou em vigor e foi ratificado por 128 países, no entanto, os Estados Unidos não ratificaram o acordo. Assim, dos países que compõe o G-7 somente os EUA não seguiu a mesma linha dos demais.

Em 2006 começam as negociações em torno dos créditos de carbono

<sup>25</sup> Com a realização da COP-3, no Japão, os organismos internacionais reforçaram uma nova posição com relação às questões ambientais. Nessa conferência foi criado o Protocolo de Kyoto que sugere a redução de gases do efeito estufa (cujas metas são de 5,2%), e para que fosse aprovado os países desenvolvidos deveriam aceitar o acordo, pois eles correspondiam a maior parte das emissões de gases poluentes da atmosfera. Assim, com a criação do protocolo surge o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) e os certificados de carbono.

advindos do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)<sup>26</sup> que formaram um importante avanço sobre a questão das emissões. No entanto, na reunião de Doha em 2012, o Protocolo sofreu uma emenda em que foram estabelecidas novas metas de redução dos GEE, pois foram reestruturadas e passariam a valer a partir de 2013.

O IPCC em 2013 divulgou seu quinto relatório afirmando que a temperatura média do planeta subiu 0,85° C de 1880 a 2012 e a causa principal é a emissão de GEE ocasionado pelas atividades humanas. Nesta perspectiva, o EUA é muito criticado no cenário internacional por não ter aderido as metas de redução e apenas assinado e não ratificado o Protocolo de Kyoto.

Os EUA têm assumido uma postura de prometer e rever as metas, assim considerando formulações centradas em parcerias específicas de cunho tecnológico em matéria de energia. A preferência dos EUA parece ser em direção a um acordo multilateral fora do âmbito da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC)<sup>27</sup>, esta posição americana divergente acaba influenciando alguns países do BRIC como a China e a Rússia (AÍMOLA, 2008).

Um dos principais desafios nestes países é quanto ao uso do carvão como energia, pois este gera energia a um custo baixo. Países como China, Rússia e Índia tem dificuldades em reduzir as emissões, e alegam que os EUA geram grandes quantidades de CO<sub>2</sub>, seguindo a mesma perspectiva, estes adiam as metas, a exemplo, a China, a Rússia, e a Índia possuem grandes reservas de carvão e não estão muito suscetíveis a mudar sua matriz energética. Decorre também certa pressão para que os países em desenvolvimento como os do BRIC também reduzam suas emissões devido ao perfil cada vez mais intensificado em suas economias de exploração dos recursos naturais.

Recentemente, os maiores impasses quanto a um acordo sobre as mudanças climáticas dentro do G-7 se refere aos EUA, pois a intensa revisão das políticas institucionais deste país impede os compromissos assumidos no Acordo de Paris de 2015. Ultimamente é considerado o maior tratado e mais recente que envolve as grandes potências mundiais, por outro lado a Alemanha segue sendo o

---

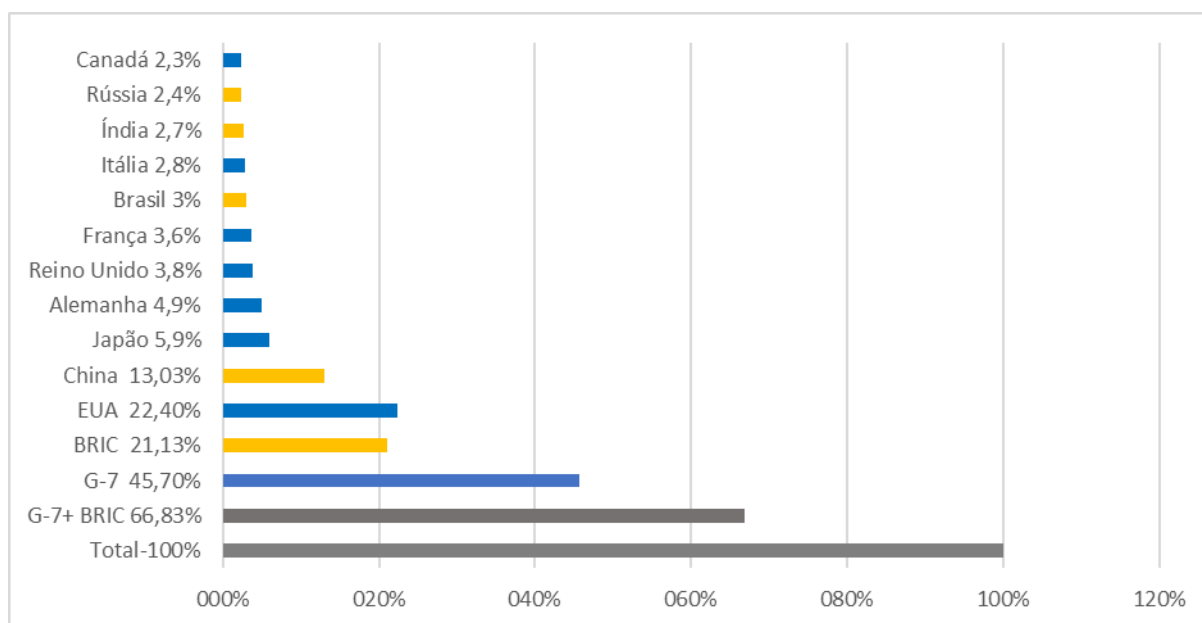
<sup>26</sup> Criado pelo Protocolo de Kyoto são mecanismos de flexibilização que auxiliam no processo de redução de GEE.

<sup>27</sup> United Nations Framework Convention on Climate Change.

principal defensor de um acordo global pela redução dos impactos das mudanças climáticas no G-7.

O G-7 possuem as principais economias capitalistas do planeta perfazendo 45,70% do PIB do planeta em 2014, conforme demonstra a Figura 2 a seguir, vejamos que o BRIC também forma parcela importante da produção de bens e serviços totalizando 21,13%. Ou seja, não é somente o G-7 os grandes usuários de recursos naturais, alguns países do BRIC como a China, segunda maior economia do mundo, também vem observando o crescimento de sua economia com pouca preocupação ambiental, perfazendo também um dos países responsáveis pelo aquecimento global, assim pode-se elencar os países do BRIC como também como poluidores.

Figura 3 - PIB corrente do G-7 e dos países do BRIC em 2014\*



Fonte: Ministério do Meio Ambiente (2015) e World Bank (2015). Gráfico elaborado pelo autor

Notas: \* Porcentagem calculada a partir do PIB corrente em trilhões de dólares do total de 77,869 trilhões do PIB corrente mundial. Exemplo: EUA- PIB corrente 17,419 trilhões- 22,4%

Por outro lado, as desigualdades sociais crônicas entre os dois grupos G-7 e BRIC funcionam como argumento fático por parte de alguns países do BRIC como o Brasil e a Índia para ter cautela nas metas de reduções.

A mitigação dos GEE, e melhoria quanto dos prognósticos do aquecimento

global é um bem público<sup>28</sup> com incentivos de oportunidades embutidos, e os países em desenvolvimento como os que fazem parte do BRIC preferem que os mais ricos o façam, no caso, os países do G-7. Corroborando com esta ideia, a Índia utiliza a estratégia de culpar os países mais desenvolvidos para buscar os incentivos prováveis dos benefícios de redução do GEE, pois a industrialização e o crescimento econômico com base no uso intenso de energia são para a Índia a principal via de superar a pobreza.

A Índia apresentou na década de 1990 uma proposta que abordava a renda per capita dos países. Assim, apesar da estratégia não convencer os demais países o argumento foi válido para se posicionar em relação as mudanças climáticas e adiar o cumprimento de metas, baseando nas responsabilidades maiores dos países mais desenvolvidos. Pois, caso os países em desenvolvimento reduzissem suas emissões aumentaria ainda mais a pressão nos EUA. Todavia, nas últimas décadas a Índia e China vem ganhando espaço como economias em crescimento que perfazem o dilema de se posicionar às vezes como vítimas, que acabou por em 2009 finalmente resultar numa mudança de postura no anúncio que a Índia reduziria a emissão de GEE de 25% a 30% a partir dos níveis de 2005 e a China 40% também aos níveis de 2005 (POWELL, 2012).

Na COP-21 da Convenção-Quadro da ONU sobre Mudanças Climáticas ocorrida em Paris, ou Acordo de Paris<sup>29</sup>, adotaram-se metas que objetivaram reforçar a capacidade dos países para lidar com os impactos das mudanças climáticas. Na última conferência realizada em Bonn em 2017, a COP-23, houve debates entre as economias em desenvolvimento e desenvolvidas que cobraram o Protocolo de Quioto que estabelecia reduções das emissões até 2020 pela nações desenvolvidas, já que o Acordo de Paris é para metas pós 2020.

Na tabela 2 verifica-se que o PIB per capita da Índia é de 1.614 dólares abaixo das demais nações desenvolvidas do G-7. O mesmo acontece com o IDH

---

<sup>28</sup> bem público é um bem não-rival e não-exclusivo. Possui como característica a indivisibilidade, o que faz com que todo indivíduo tenha acesso ao bem público.

<sup>29</sup> O Acordo de Paris foi aprovado por 195 países para reduzir emissões de GEE, a atual conjuntura levará a um aumento da temperatura média do planeta em 3°C, este acordo propõe limitar preferencialmente de 1,5° C ou no máximo 2°C até o final do século.

(Índice de desenvolvimento humano)<sup>30</sup> de 0,609 que fica muito aquém das nações do G-7, por conseguinte os países em desenvolvimento necessitam de um esforço na industrialização e uso dos recursos naturais para sair das condições de desigualdades sociais como demonstra os índices.

Tabela 2 - Indicadores do G-7 e dos países do BRIC- 2015 (em U\$)

Países	IDH- 2015	PIB per capita-2015
<b>G-7</b>		
Alemanha	0,916	41.686
EUA	0,915	56.054
Reino Unido	0,907	44.162
Canadá	0,913	43.206
Japão	0,891	34.629
França	0,888	36.304
Itália	0,873	30.462
<b>BRIC</b>		
Rússia	0,798	9.243
Brasil	0,755	8.528
China	0,727	8.109
Índia	0,609	1.614

Fonte: IBGE Países (2016). Tabela elaborada pelo autor.

Existe a tomada de consciência global nas últimas décadas questões ambientais. Por conseguinte, tem-se se reforçado a ideia que a biosfera é uma nave espacial e o esforço por conservá-la depende de toda a sociedade globalizada. Se por um lado as nações em desenvolvimento como Brasil, Índia, ou mesmo a Rússia necessitam intensificar o processo de crescimento econômico ou mesmo de exploração de recursos naturais; a política ambiental acerca da poluição atmosférica em alguns países não é muito clara; exemplo, quando se trata de EUA e China, pois as mudanças de posicionamentos às vezes bruscos traz novamente a dificuldade da pactuação global em relação aos problemas da poluição atmosférica.

Os países do G-7 componentes da União Europeia como França, Alemanha e Itália segue uma dinâmica própria em conjunto com as decisões do bloco econômico dos países europeus. Sendo assim, o discurso da União Europeia é geralmente conhecido e fixo, buscando aderir na medida do possível as metas para redução da poluição atmosférica.

<sup>30</sup> O IDH é um índice que permite o conhecimento sobre as condições de vida das nações avaliadas. Este índice possui uma variação de 0 até 1, sendo que quanto mais próximo for de 1 a avaliação do país é melhor. Do mesmo modo, os países com piores condições de vida da população, estarão com o índice muito próximo de 0. Este índice leva em consideração aspectos da renda, educação, saúde.

A União Europeia tem investido na produção de energia eólica, especialmente pós Protocolo de Kyoto, no entanto, o baixo crescimento de suas economias não viabiliza maiores investimentos em tecnologia, também a busca em alternativas no uso dos recursos naturais mais proeminentes está sendo afetada, especialmente ainda é forte a dependência do uso do gás natural, isto impõe novas relações de compra com o gás advindo da Rússia.

As baixas taxas de investimento da Europa atrelam a diminuição da capacidade de produção de gás e óleo que também influenciaram a adesão e cumprimento de metas de redução de GEE e a busca de fontes alternativas na sua matriz energética.

Não obstante a estes empecilhos, os países da União Europeia, especialmente Alemanha, França e Itália, ocupam papel de liderança com um conjunto de tecnologias de ponta relacionadas à transição para uma economia de baixo carbono, por meio de políticas públicas. Por fim, a partir do final de 2008, a crise econômica contrafez a política ambiental das principais economias como França, Alemanha e Itália, isto mudou o cenário. A crise arrefeceu após um período de avanços na legislação europeia, relacionado à energia e às mudanças climáticas. Provocou a falsa impressão de que havia avançado na diminuição da emissão de GEE, devido à redução da atividade econômica (SCHETTE, 2014).

O Reino Unido que recentemente deixou a União Europeia tem investido também no uso de fontes de energia alternativa. No entanto, os EUA não entram nos acordos globais de redução das emissões, e provavelmente seguindo a mesma lógica a China não entrará. O abandono da política ambiental pelo presidente dos Estados Unidos, Donald Trump, nos primeiros meses de 2017 já mostra um novo revés na pactuação global pela redução das emissões de GEE, e de certa forma já influencia um maior comprometimento do G-7.

Diversos países sejam desenvolvidos ou em desenvolvimento sempre estão observando as projeções das mudanças climáticas. E dependendo de sua visão acerca dos limites da exploração dos recursos e do avanço tecnológico, os mesmos podem adiar as metas de redução da poluição atmosférica.

Com efeito, temos a avaliação dos custos de abatimento das emissões como muito altos, principalmente em alguns setores como o elétrico, ademais, as

tecnologias para baratear as reduções levarão um certo tempo para estar disponíveis para o conjunto da economia global.

Países como a China, EUA e Índia utilizam em demasia o carvão mineral para geração de eletricidade, a queima do carvão corresponde a 40% das emissões globais de CO<sub>2</sub>. Apesar disso, o carvão fornece energia útil a um custo bastante baixo, entre US\$ 1,00 e US\$ 2,00 por MMBtu<sup>31</sup> se comparado com o petróleo e gás natural que se posiciona entre US\$ 6,00 e US\$ 12,00 por MMBtu. Além disso, os preços do carvão são estáveis, e não dependem de conflitos como os dos preços do petróleo no Oriente Médio. Somente uma taxa muito alta levaria a aumentar a substituição do carvão por uma matriz energética menos poluidora (AÍMOLA, 2008).

Por outro lado, não existem perspectivas significativas de mudanças no uso de carvão para produção de energia devido ao seu baixo custo. O setor de energia como um todo, incluindo o uso do petróleo e gás natural, também é inóspito em ajustes para sua redução de uso na matriz energética de cada país, no caso dos países tanto do G-7 ou do BRIC isto é imprescindível, desde que queiram objetivar uma mudança contundente em metas mais audaciosas de redução de GEE.

Estes problemas não se restringem apenas ao âmbito governamental, a economia globalizada traz um novo paradigma: as grandes corporações financeiras possuem maior força diante da internacionalização do capital. Diferentemente do passado, os Estados não possuem mais total amplitude para promover o equilíbrio dinâmico entre o crescimento do consumo e a elevação da produtividade. Portanto, a possibilidade de ação governamental é restrita pois a mundialização do capital<sup>32</sup> é a força motriz, e não existe mais a ideia que as economias nacionais operam somente no âmbito local, os mercados financeiros globais dominam as direções das políticas. Em pouco espaço de tempo empresas e investimentos podem desaparecer e dar lugar a novas concentrações do capital (CHESNAIS, 1996).

Assim, metas de redução do uso do petróleo ainda são empecilhos para

---

<sup>31</sup> Um milhão de Btu - Unidade térmica britânica/hora

<sup>32</sup> As empresas transnacionais considerando as filiais ou demandantes em contratos de subcontratação transfronteiras respondem por dois terços do intercâmbio internacional de bens e serviços. Aproximadamente 40% do comércio mundial pertence à esta categoria. As instituições financeiras como fundos de pensão e bancos multinacionais dominam uma parte significativa dos ativos financeiros sob a forma de pacotes de ações. E são suficientes para ditar a política econômica e as estratégias de investimentos dos grupos industriais em questão. (Chesnais, 1996)

serem atingidas, pois dependem de uso de fontes alternativas, e de mudanças dos produtos e investimentos por parte das grandes corporações transnacionais.

O *lobby*<sup>33</sup> das grandes empresas mundiais como a *Exxon Mobil*, uma das empresas mais rentáveis do mundo, ou a *Shell*, *Chevron* e *BP*, teriam que investir em um mercado de energias renováveis, isto é complicado do ponto de vista da economia empresarial, porventura, iria necessitar em uma mudança radical de décadas de investimento em pesquisa e tecnologia no uso do petróleo.

Consubstanciando, o preço do petróleo em termos globais tem justificado esforços para sua substituição, o que não deve ser conseguindo no curto prazo, pois o amplo sistema de distribuição mundial montado em cima dos produtos petrolíferos torna pouco viável qualquer alternativa, isso sugere que depende do incentivo, inovação e novas políticas governamentais fomentando o setor privado para a substituição do petróleo gradualmente. (SILVA, 2011)

O setor de transportes também é relevante na redução de GEE, depois da produção industrial é um setor de grande impacto na poluição global, especialmente nas grandes economias como EUA e China. Sem embargo, países também com grandes populações como Índia, Brasil, Rússia e Japão precisam estudar redes de transportes mais sustentáveis e melhor uso de combustíveis alternativos para os veículos e pensar em uma nova matriz de transportes menos poluidora.

No G-7, o Japão vem promovendo o funcionamento de usinas de carvão que vem conduzindo este país a ter aumento significativos da poluição atmosférica. O Canadá com advento de novas políticas ambientais vem introduzindo novas tecnologias de energia renováveis também quanto ao uso do carvão. Por outro lado, um dos países do BRIC que cabe destaque, é o Brasil, que depende principalmente de energia hidrelétrica ajudando a ter resultados razoáveis.

De acordo com o Ministério de Minas e Energia do Brasil, quanto a Energia, os BRICS respondem por 34% em 2011 e 37% da demanda mundial em 2013, em termos de emissões de CO<sub>2</sub>, neste aspecto o crescimento da demanda pelo uso de energia, respondem por 40% em 2011 e 40,9% e do total mundial, em 2013. Neste

---

<sup>33</sup> Atividade de influência ostensiva de um grupo organizado com o objetivo de interferir diretamente nas decisões do poder público e nos preços, em especial do poder legislativo, em favor de causas ou objetivos defendidos pelo grupo

aspecto deve-se à grande presença de carvão mineral na matriz energética e setores derivados do refino de petróleo.

No ano de 2015, um grupo de especialistas publicou o Índice de Desempenho de Mudança Climática (IDMC). Estes consideram suas avaliações em indicadores<sup>34</sup> com objetivos para representar a política climática internacional de 58 países para redução das emissões. Neste trabalho citar-se apenas os referentes ao G-7 e BRIC em destaque na tabela 3. Na classificação elaborada demonstra que no conjunto de ações que envolve não somente a questão de emissões como concomitante a política ambiental para redução das emissões, eficiência energética e outros fatores como uso de energia renovável, temos uma configuração de dinâmica diferente do que estamos acostumados a observar quando se considerar apenas as emissões.

Ressalta-se que os níveis de emissão por setor variam de país para país, dependendo das estruturas produtivas e de recursos naturais. A China e a Índia provavelmente continuarão a usar o carvão, em grande parte porque é barato, na França 76% da energia é nuclear<sup>35</sup>, na Alemanha parte é eólica, assim é difícil prever a futura estrutura das tecnologias (MERCADOS ENERGÉTICOS, 2008).

A questão ambiental é complexa e envolve diversos fatores de desenvolvimento e tecnologia. Os países desenvolvidos são os mais culpados pela poluição nos debates das conferências mundiais do clima, no entanto, na tabela 3 a dinâmica apresentada altera este quadro, principalmente por levar em consideração aspectos como eficiência energética e política ambiental, observa-se que os países da União Europeia participante do G-7, como França e Itália, tem um melhor desempenho que os países do BRIC.

Geralmente outra ponderação a ser considerada é que o baixo crescimento de algumas economias como Rússia e Brasil não foi acompanhada por grandes reduções de emissões, na verdade, a própria desigualdade social e condições de pobreza forçam as comunidades a reproduzir padrões produtivos insustentáveis em busca da sobrevivência. Corroborar-se com este cenário a falta investimentos em

---

<sup>34</sup> 80% da avaliação baseia-se em indicadores das emissões, uso de energia renovável e eficiência energética, e 20% do restante da avaliação são da política climática nacionais e global avaliada por 300 especialistas dos respectivos países.

<sup>35</sup> Na figura 18 deste trabalho apresenta-se a matriz energética da França.

eficiência energética<sup>36</sup> no Brasil ocasionado um resultado ruim no ranking da tabela 3.

**Tabela 3 - Índice de Desempenho nas Alterações Climáticas nos países do G-7 e BRIC 2015-2016**

Desempenho	Classificação	País	Pontuação-IDMC <sup>37</sup>
<b>G-7</b>			
Boa	5º	Reino Unido	70,13
	8º	França	65,97
	11º	Itália	62,98
Moderada	22º	Alemanha	58,39
Ruim	34º	EUA	54,91
Muito ruim	56º	Canadá	38,74
	58º	Japão	37,23
<b>BRIC/</b>			
Moderada	25º	Índia	58,19
Ruim	43º	Brasil	51,90
	47º	China	48,60
Muito Ruim	53º	Rússia	44,34

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de BURCK, MARTEN, BALS (2015)

No entanto, os países do BRIC vêm buscando estratégias de combate a estas pressões ambientais, a China pretende reduzir o uso da água e já possui política neste sentido, além da redução do consumo de energia, na Índia existe a implantação de novas técnicas de gestão ambiental, no Brasil considera-se maior proteção a biodiversidade e implantação de planos transversais e regionais de promoção da sustentabilidade, e a Rússia tenta buscar um novo planejamento ambiental. A inovação e a governança oferecem caminhos para os países emergentes do BRIC, tais soluções seguem a busca de trocas internacionais favoráveis, arranjos instrucionais adequados, transferências tecnológicas e uma

<sup>36</sup> A necessidade de investir em eficiência fica ainda mais evidente ao observarmos o volume desperdiçado. No ano de 2013, o Brasil desperdiçou aproximadamente 46,6 mil Gigawatts/hora (GWh), quase metade dos 98,6 mil GWh gerados pela usina de Itaipu, o desperdício vem se repetindo em anos anteriores. Acrescenta-se que o crescimento do uso de termoeletricas tem causado aumento das emissões de GEE. (ABESCO, 2017)

<sup>37</sup> Varia de 0 a 100 pontos, sendo que o desempenho classificação como “muito bom” não foi atingido acerca de políticas ambientais e redução de emissões, os países que mais se aproximou foi a Dinamarca com 71,19 de pontuação.

sociedade disposta a efetuar mudanças (MAY, 2008).

Os impactos do aquecimento global são sentidos no clima, na biodiversidade, nos alimentos, na saúde e na pesca, no aumento do nível do mar, na perda de plantas e animais, nas pressões das fontes de água, no aumento de doenças relacionadas as temperaturas elevadas e inclusive na maior frequência de furacões pelo planetas, estes são alguns dos impactos a nível global da questão ambiental.

De acordo com Hinrichs, Kleinbach e Reis (2014), os anos de 2003 e 2010 foram os mais quentes dos cinco últimos séculos. Na Europa, em 2003 mais de 70 mil pessoas morreram devido a causas relacionadas ao calor, sendo umas das principais causas do aquecimento global os gases do efeito estufa, entre eles, cerca de 80% desses gases são representados pelo CO<sub>2</sub>. Os Estados Unidos emitem aproximadamente 19,8 toneladas métricas/pessoa/ano, seguidos pelo Reino Unido com 18,8 toneladas, Rússia com 12 toneladas, por outro lado se considerar apenas o volume de emissões temos China, Estados Unidos e Rússia estão na liderança. Ressalta-se que a China também deve assumir a liderança das emissões de CO<sub>2</sub> per capita com o passar dos anos, devido ao crescimento do PIB e aumento da estrutura produtiva.

Acerca das matrizes energéticas do BRIC o Brasil permaneceu estável quanto a demanda de energia, e conseqüentemente vem diminuindo a participação dos combustíveis fósseis em sua matriz energética entre os anos de 1999 e 2009. No caso do Brasil, afirma Perobelli (2012), as emissões representam 4% do total mundial em 2010, como resultados do mal uso do solo, do desmatamento e queima de combustíveis fósseis.

A China demonstra novos padrões de vida da classe consumidora, com incidência maior do volume de consumo, pois ultimamente tem resultado na importação de energia. Doravante, o governo chinês investiu na eficiência energética mas ainda os resultados práticos serão no longo prazo, pois, a matriz energética chinesa ainda depende de 69,39% de carvão mineral, segundo dados de 2009 (GOMES, 2012).

A Rússia optou por manter uma matriz energética baseada nos combustíveis fósseis, já que a maior reserva de gás natural do mundo é da Rússia, bem como a

segunda maior reserva de carvão, no entanto, a forte demanda interna deste país vem fazendo pressão em sua matriz energética. Segundo Gomes (2012) a Índia é o 4º maior consumidor de energia do mundo, com forte crescimento da demanda interna de energia e grandes desigualdades sociais, assim apresentando um cenário crescente de uso de combustíveis fósseis.

É possível uma escolha entre caminhos para atingir determinada concentração no futuro, para tanto, é preciso refletir para além do horizonte do ano de 2050 através dos acordos globais já elaborados, é possível reduzir as emissões um pouco mais cedo ou um pouco mais tarde até 2050, o parâmetro das organizações ambientais e do consenso das metas globais é a redução de 50% das emissões até 2050.

As condições para os limites das emissões, segundo a última reunião global acerca da mudança climática estariam relacionadas ao desempenho dos países do G-7 em função destas reduções, dos fluxos financeiros e do compartilhamento de tecnologias de baixo carbono de acordo.

Considerando que o setor privado das economias desenvolvidas negociam a permissão para manter as emissões em nível elevado através do comércio de carbono e continuam assim ampliando sua estrutura produtiva, por outro lado, a divisão de trabalho internacional tem transferido grande parte das emissões através da distribuição da produção nos países em desenvolvimento com fraca regulamentação ambiental e baixo custo de mão de obra.

O estudo dos aspectos econômicos ligados ao meio ambiente é de suma importância para o entendimento das mudanças climáticas. Para tanto, nesta pesquisa considera-se 34 setores econômicos dos países do G-7 e BRIC e cálculos envolvendo matemática matricial no sentido de colaborar com o debate sobre a importância de reduzir as emissões dos gases do efeito estufa a nível global.

Nesse sentido, a próxima seção dar-se ênfase aos aspectos metodológicos da pesquisa que envolvem as variações das emissões atmosféricas de oito gases poluentes.

### 3 METODOLOGIA

Nesta seção realiza-se a revisão sobre a teoria de insumo-produto relacionado ao tema do trabalho. Na segunda parte descrevem-se as equações para aferição da decomposição estrutural através da matriz insumo-produto mundial. Na última parte apresentam-se informações relacionadas à forma como foram obtidos e tratados os dados utilizados para a realização da pesquisa.

A metodologia em questão é utilizada para identificar os principais setores por blocos de países e suas variações dos gases do efeito estufa no mundo. Neste trabalho utiliza-se a metodologia da matriz-insumo produto no âmbito da economia regional para mostrar a variação das emissões dos GEE para os países do G-7 e BRIC.

Desde o final dos anos 1960, a matriz insumo-produto é utilizada como estudo da geração e a redução da poluição ambiental associada à atividade econômica, sendo que Wassily Leontief forneceu os seus principais fundamentos e desde então vem sendo ampliada.

#### 3.1 Matriz Insumo-Produto (MIP)

De acordo com Miller e Blair (2009), a estrutura matemática de um sistema de insumo-produto incide em um conjunto de “n” equações lineares com “n” incógnitas, e assim formando representações de matrizes que podem ser utilizadas para uma análise mais detalhada da economia. Todavia, as soluções para o sistema de equações de entrada-saída através de uma matriz inversa apresentam interessantes interpretações econômicas para resultados algébricos. Os coeficientes são dados por  $D^p = [d^p_{kj}]$ , em que cada elemento é quantidade de tipo “p” de poluente, gerado por dólar do valor da produção da indústria j. Por conseguinte, o nível de poluição referente a determinado vetor de resultados totais pode ser  $x^{p*} = D^p x$ , onde  $x^{p*}$ , é o vetor dos níveis de poluição. Assim, adicionando o tradicional modelo de Leontief,  $x = Lf$ , em que  $L = (I-A)^{-1}$ , pode-se calcular  $x^{p*}$  como uma função de final da demanda, ou seja, a poluição total de cada tipo gerada

diretamente pela economia e indiretamente baseada na demanda final, configurada em  $x^{p*} = [D^pL]f$ . Portanto, pode-se analisar a matriz de coeficientes de impacto ambiental total; Isto é, cada elemento desta matriz é o impacto total da poluição gerado por valor da demanda final nesta economia.

As matrizes de insumo-produto inter-regionais permitem uma análise particularizada do sistema econômico, pois possuem dados das economias regionais e seus fluxos de bens e serviços inter-regionais. Considerando os bens e serviços finais e intermediários da economia.

O uso da matriz insumo-produto é basilar para o planejamento e a gestão de políticas públicas visando o desenvolvimento econômico. Para tanto, o modelo inter-regional de insumo-produto requer um grande número de dados, reais ou estimados, principalmente quanto às informações sobre fluxos inter-regionais e intersetoriais.

Desse modo, a partir da análise da matriz insumo-produto tem-se a descrição do fluxos “n” de bens e serviços dos setores da economia em um determinado período de tempo. Os principais conceitos desta metodologia advêm dos trabalhos de Leontief (1936, 1951, 1970), para tanto a apresentação esquemática das relações dentro do sistema insumo-produto perfazem os fluxos de bens e serviços que se destinam a demanda final, assim como elucida também os bens intermediários. Os trabalhos de Leontief e Ford (1972) apresentam modelos estudando a poluição do meio ambiente. Isso resultou diversos estudos sobre o impacto da demanda final de produção de bens e serviços sobre o meio ambiente através da metodologia insumo-produto.

Guilhoto (2000) apresenta de forma simplificada o esquema de Leontief em seus trabalhos sobre a matriz de insumo-produto, no qual as vendas dos setores podem ser utilizadas dentro do processo produtivo pelos diversos setores compradores de uma economia, ou mesmo podem ser consumidos pelos diversos componentes da demanda final (governo, famílias, investimentos, exportações). De tal modo, para se produzir são necessários insumos, importam-se produtos ou utilizam-se de produtos domésticos. Por conseguinte, usa-se de trabalho, capital e terra para combinar os diversos insumos, gerando valor adicionado e produtos finais, que através da remuneração dos fatos de produção (salários, lucros, juros e aluguéis) são consumidos na forma de bens, os setores compradores e vendedores

promovem relações comerciais a partir os insumos intermediários, conforme quadro 1 a seguir.

Quadro 1 - Matriz das relações fundamentais de insumo-produto

Setores de Vendas	SETORES COMPRADORES		
	Insumos Intermediários	Demanda Final	Produção Final
	Impostos Indiretos Líquidos (IIL)	IIL	
	Importações (M)	M	
	Valor Adicionado		
	Produção Total		

Fonte: Guilhoto (2000).

Então, os diversos setores da economia estes estão interligados entre si, por exemplo, a agricultura está ligada indiretamente à siderurgia, pois consome produtos oriundo deste setor com a finalidade de produzir. Igualmente, a indústria siderúrgica compra da agricultura. A intensidade dessas relações é o ponto principal de análise. Imagine que a demanda por automóveis aumenta em determinado país, e então o crescimento deste setor sinaliza para os produtores de automóveis que devem aumentar a produção. Decorrente deste processo todas as indústrias de peças irão aumentar sua produção (peças, pneus, vidros, e motores). Tem-se o é conhecido como multiplicador. Alguns setores da economia estão mais envolvidos nas compras - direta e indiretamente - de que outros setores, deriva que os efeitos multiplicadores gerados pelos aumentos na demanda por determinados produtos ocasionam impactos diferenciados na economia. Pois, cada setor pode possuir um multiplicador diferente (GUILHOTO, 2000).

Ressalta-se que na análise da matriz insumo-produto alude-se para as seguintes limitações: retornos constantes de escala<sup>38</sup> e preços constantes. No entanto, esta tem sido importante para avaliar o impacto da produção de uma determinada economia. Nesta perspectiva diversos estudos aplicam a matriz insumo-produto de Leontief, por exemplo, não somente para avaliar o impacto da poluição gerado a partir da demanda final.

<sup>38</sup> Se aumentar x vezes os fatores de produção na mesma proporção se aumenta x vezes a quantidade produzida.

Um instrumental matemático mais detalhado encontra-se em Miller e Blair (2009) que utiliza do mesmo sistema Insumo-Produto baseado em Leontief, e depois aplica o uso de cada matriz como segue na quadro 2.

Quadro 2 - Sistema Insumo-Produto de Leontief

	Produtos	Setores	Demanda Final	Produção Total
Produtos		U	E	Q
Setores	V	Z	Y	X
Importações		M		
Impostos Indiretos Líquidos		T		
Valor Adicionado		W		
	Q'	X'		

Fonte: adaptado Miller e Blair (2009)

Para tanto, de maneira análoga obtém-se a construção das matrizes entre “ $n$ ” setores e “ $m$ ” produtos de uma economia:

**V** é a matriz de produção de dimensão  $n \times m$ , em que o elemento  $v_{ij}$  corresponde ao bem  $j$  produzido pelo setor  $i$ ;

**U** é a matriz de uso de dimensão  $m \times n$ , em que o elemento  $u_{ij}$  é o valor do produto  $i$  utilizado pelo setor  $j$  em seu processo de produção;

**Z** é a matriz de uso de dimensão  $n \times n$ , em que o elemento  $z_{ij}$  é o valor do setor  $i$  utilizado pelo setor  $j$  em seu processo de produção;

**E** é o vetor de demanda final, por produto, de dimensão  $m \times 1$ ;

**Y** é o vetor de demanda final, por setor, de dimensão  $n \times 1$ ;

**M** é o vetor de importações totais realizadas em cada setor, de dimensão  $1 \times n$ ;

**T** é o vetor do total dos impostos indiretos líquidos pagos em cada setor, de dimensão  $1 \times n$

**W** é vetor do total do valor adicionado à produção gerado em cada setor, de dimensão  $1 \times n$ ;

**Q** é o vetor de produção total, por produto, de dimensão  $m \times 1$ ;

**X** é o vetor de produção total, por setor, de dimensão  $n \times 1$

Os fluxos intersetoriais podem ser expressos pelo sistema de equações simultâneas, em que:

$$B = U (\hat{X})^{-1} \quad (1)$$

$$D = V (\hat{Q})^{-1} \quad (2)$$

Em que:

B= matriz dos coeficientes técnicos de produção;

D= proporção fixa para cada produto

A matriz dos coeficientes técnicos fornece a participação relativa de cada item de despesa com bens intermediários no valor da despesa total por setor.

Ao analisar o sistema de equações, B e D são compostas pelos coeficientes:

$$b_{ij} = \frac{u_{ij}}{X_j} \quad \text{e} \quad d_{ij} = \frac{v_{ij}}{Q_j}$$

Sendo que, pela definição de D, tem-se:

$$V = D \hat{Q} \quad (3)$$

$$X = V i \quad (4)$$

em que  $i$  é um vetor coluna cujos elementos são todos iguais a 1.

Substituindo a equação (3) em (4), observa-se:

$$X = D \hat{Q} i = D Q \quad (5)$$

De acordo com Quadro 2, tem-se que:

$$Q = U i + E \quad (6)$$

Então dado a equação (1),  $U = BX$ , logo:

$$Q = BX + E \quad (7)$$

A equação 7 mostra o produto total por setor (X) pré-multiplicado pela matriz que representa quanto cada setor utiliza de cada insumo no processo de produção, ou seja, (B) é a matriz dos coeficientes técnicos de produção, que (BX) acrescido à demanda final por produto (E), corresponde à produção total.

Substituindo X por DQ, tem-se:

$$Q = BDQ + E \quad (8)$$

$$Q - BDQ = E \quad (9)$$

$$Q = (I - BD)^{-1} E \quad (10)$$

Se  $E = D^{-1}Y$ , substitui-se na equação 10.

$$Q = (I - BD)^{-1} D^{-1}Y \quad (11)$$

Para analisar os setores, segue-se a mesma lógica. Como  $X = DQ$  e  $Q = (I - BD)^{-1} E$ , tem-se que o enfoque setor (X) por produto (Q) é dado por:

$$X = D(I - BD)^{-1} E \quad (12)$$

Multiplicando os lados da equação (12) por  $D^{-1}$ , tem-se:

$$D^{-1}X = (I - BD)^{-1}E \quad (13)$$

$$(I - BD)D^{-1}X = E \quad (14)$$

$$(D^{-1} - B)X = E \quad (15)$$

$$D(D^{-1} - B)X = DE \quad (16)$$

$$(I - DB)X = DE \quad (17)$$

$$X = (I - DB)^{-1}DE \quad (18)$$

$$X = (I - DB)^{-1}Y \quad (19)$$

Neste caso, a matriz  $DB$  seria equivalente à matriz  $A$  de coeficientes técnicos de Leontief.  $L = (I - A)^{-1}$  que é a matriz inversa de Leontief e  $l_{ij}$  são seus elementos. Do mesmo modo, a partir do modelo básico de Leontief se determina a análise de impacto, assim, (MILLER e BLAIR, 2009, p. 562) discorrem sobre as deduções acerca dos impactos do volume de produção, aponta-se alguns pressupostos em que se baseia a teoria insumo-produto, que perfazem limitações de análise, tais como:

- a) Equilíbrio geral da economia a um dado nível de preços;
- b) Inexistência de ilusão monetária dos agentes econômicos;
- c) Retornos constantes à escala;
- d) Preços constantes;
- e) Supõe-se que as mudanças tecnológicas são lentas.

No entanto, o instrumental matemático a partir da matriz inversa de Leontief permite estimar para cada setor da economia, o quanto é gerado, direta e indiretamente, em termos de emprego, importações, impostos, salários, valor adicionado ou outra variável de interesse para cada unidade monetária produzida para a demanda final (MILLER E BLAIR, 2009).

### 3.2 Técnica da Decomposição Estrutural

A metodologia utilizada é a mesma usada por (PEDROSO; ZAPPAROLI; CORREIA et al, 2016) com algumas variações no que se refere ao agrupamento de países. Para tanto, como os autores abordam que as técnicas variadas servem para identificar os fatores que influenciam as variáveis econômicas de interesse, assim temos dois métodos: análise de Decomposição de Índice (*Index Decomposition Analysis*–IDA) e a análise de Decomposição Estrutural (*Structural Decomposition Analysis*–SDA).

Ambas as técnicas são utilizadas para observar as mudanças setoriais, avanços tecnológicos, e a intensidade de cada setor no uso dos insumos. Neste trabalho utiliza-se a técnica SDA para identificar as variações para intensidade da emissão de GEE.

O método de SDA teve como um dos pioneiros os estudos de Carter (1970). Contribuições posteriores de Blair e Wyckoff (1989), Skolka (1989) e Rose e Casler (1996) e Hoeskstra e Bergh (2002) tiveram bons resultados utilizando o mesmo arcabouço de cálculo.

Desta forma, o método SDA permite a decomposição das relações insumo-produto em quaisquer dois pontos no tempo, nesta pesquisa utiliza-se o ano de 2000 a 2009, no caso de variações de gases poluentes, este acredita-se que não sofrem grandes alterações em uma década para outra, então a análise da década escolhida pode nos remeter a parâmetros de análise que comportam também décadas próximas.

De acordo com Chóliz e Duarte (2006), o uso da decomposição em setores é também compatível com a técnica SDA, assim as alterações na produção podem ser analisadas como mudanças nos coeficientes técnicos dos setores e/ou mudança na estrutura produtiva setorial, que também podem ser provenientes de mudanças na demanda final.

O modelo apresentado por Wier e Hasler (1999), foi utilizado na decomposição das emissões de Nitrogênio na Dinamarca, como segue:

$$N_t = w_t (I - A_t)^{-1} D_t d_t \quad (20)$$

O  $N_t$  é um escalar com as emissões de N;  $w_t$  é um vetor de emissões por unidade de produção;  $(I - A_t)^{-1}$  é a matriz inversa de Leontief;  $D_t$  é matriz que apresenta, para cada um dos componentes da demanda final, as respectivas participações das demandas por setores e  $d_t$  é um vetor com o nível absoluto de cada categoria da demanda final.

$w_t$  é um vetor linha com n valores com emissões por unidade de produção dos setores;

- $(I - A_t)^{-1}$  é a matriz inversa de Leontief (nxn); e
- $D_t$  é matriz que apresenta, para cada um dos componentes da demanda final, as respectivas participações das demandas por setores (nxb); e
- $d_t$  é um vetor (nx1) com o nível absoluto de cada categoria da demanda final
- O índice t se refere ao ano de aplicação do modelo e seus dados.

A metodologia SDA pode ser utilizada para análise de qualquer informação setorial dada pela matriz. Nestes trabalhos, é usada a matriz de Leontief, pois este permite uma melhor aproximação da realidade, considerando-se os GEE são observados de forma linear na matriz obtida pelo banco de dados mundial de insumo-produto (*World Input-Output Database - WIOD*), deste modo será utilizado um modelo análogo à quatro para oito gases do efeito estufa.

As mudanças nas variações das emissões de cada gás por países ou setores ( $\Delta c$ ) é conhecida a partir da decomposição estrutural. E o aumento ou a diminuição da quantidade de utilização é representada por ( $\Delta n$ ), denominado efeito intensidade. Nesse sentido, mudanças nos coeficientes técnicos da economia, resultam no efeito tecnologia e em mudanças na composição da estrutura da demanda final e na variação da demanda final, respectivamente, tem-se as variações dadas por ( $\Delta S$ ), ( $\Delta y^s$ ) e ( $\Delta y^v$ ). Com isso, a fórmula genérica para cálculo da decomposição dos fatores pode ser caracterizada por:

$$\Delta c = \Delta n + \Delta s + \Delta y^s + \Delta y^v \quad (21)$$

A análise da decomposição estrutural com relação às emissões de cada gás GEE pode ser derivada da seguinte forma: suponha que  $c_{ij}$  de  $C$  representa a quantidade de emissões 1000 toneladas ao ano do país  $j$  ou do setor  $j$ . Com ambientalmente os malefícios dos gases não são possíveis de comparação entre um e outro gás, deste modo a análise será individual - o total de emissões gerada por país será um indicador, assim como por setor. (PEDROSO; ZAPPAROLI; CORREIA et al, 2016)

Portanto, utiliza-se o método de forma análoga na decomposição estrutural na mudança na estrutura produtiva dos países, pois é de acordo com as matrizes energéticas dos países, que se determina o uso de determinado recurso natural, sendo assim, a decomposição estrutural da mudança no uso da fonte de energia emissora do gás e o total de emissão por gás podem ser determinados da seguinte forma:

$$\begin{aligned} \Delta c &= c_{(t)} - c_{(t-1)} \\ \Delta c &= N_{(t)} S_{(t)} y_{(t)}^s y_{(t)}^v - N_{(t-1)} S_{(t-1)} y_{(t-1)}^s y_{(t-1)}^v \\ \Delta c &= (\Delta N) S_{(t)} y_{(t)}^s y_{(t)}^v + N_{(t-1)} S_{(t)} y_{(t)}^s y_{(t)}^v - N_{(t-1)} S_{(t-1)} y_{(t-1)}^s y_{(t-1)}^v \\ \Delta c &= (\Delta N) S_{(t)} y_{(t)}^s y_{(t)}^v + N_{(t-1)} (\Delta S) y_{(t)}^s y_{(t)}^v + N_{(t-1)} S_{(t-1)} y_{(t)}^s y_{(t)}^v - N_{(t-1)} S_{(t-1)} y_{(t-1)}^s y_{(t-1)}^v \\ \Delta c &= (\Delta N) S_{(t)} y_{(t)}^s y_{(t)}^v + N_{(t-1)} (\Delta S) y_{(t)}^s y_{(t)}^v + N_{(t-1)} S_{(t-1)} (\Delta y^s) y_{(t)}^v + N_{(t-1)} S_{(t-1)} y_{(t-1)}^s y_{(t)}^v \\ &\quad - N_{(t-1)} S_{(t-1)} y_{(t-1)}^s y_{(t-1)}^v \\ \Delta c &= (\Delta N) S_{(t)} y_{(t)}^s y_{(t)}^v + N_{(t-1)} (\Delta S) y_{(t)}^s y_{(t)}^v + N_{(t-1)} S_{(t-1)} (\Delta y^s) y_{(t)}^v + N_{(t-1)} S_{(t-1)} y_{(t-1)}^s (\Delta y^v) \end{aligned} \quad (22)$$

As metodologias adotadas por Dietzenbacher e Los (2000), derivam da formulação feita na equação (19), e descreve apenas uma situação dentre várias outras possíveis. Desta maneira, com  $n$  fatores poderão ocorrer  $n!$  formas de decomposição estrutural que segue uma estrutura similar à descrita acima. Já as pesquisas de Jacobsen (2000) e Hoem (2003) trabalharam de outra forma, obtendo

como resultado de cada componente da decomposição, a média das duas formas polares existentes (PEDROSO; ZAPPAROLI; CORREIA et al, 2016).

Tem-se que:

$$\Delta c = (\Delta N)S_{(t-1)}y_{(t-1)}^s y_{(t-1)}^v + N_{(t)}(\Delta S)y_{(t-1)}^s y_{(t-1)}^v + N_{(t)}S_{(t)}(\Delta y^s)y_{(t-1)}^v + N_{(t)}S_{(t)}y_{(t)}^s(\Delta y^v) \quad (23)$$

Segue a mesma proposição dada pela análise dos seguintes efeitos, que são base também do trabalho de Jacobsen (2000), utiliza-se a média das duas formas polares que é dada por:

$$\begin{aligned} \Delta c &= \frac{1}{2} \left( (\Delta N)S_{(t)}y_{(t)}^s y_{(t)}^v + (\Delta N)S_{(t-1)}y_{(t-1)}^s y_{(t-1)}^v \right) && \text{(efeito intensidade)} \\ &+ \frac{1}{2} \left( N_{(t-1)}(\Delta S)y_{(t)}^s y_{(t)}^v + N_{(t)}(\Delta S)y_{(t-1)}^s y_{(t-1)}^v \right) && \text{(efeito tecnológico)} \\ &+ \frac{1}{2} \left( N_{(t-1)}S_{(t-1)}(\Delta y^s)y_{(t)}^v + N_{(t)}S_{(t)}(\Delta y^s)y_{(t-1)}^v \right) && \text{(efeito proporção da demanda final)} \\ &+ \frac{1}{2} \left( N_{(t-1)}S_{(t-1)}y_{(t-1)}^s(\Delta y^v) + N_{(t)}S_{(t)}y_{(t)}^s(\Delta y^v) \right) && \text{(efeito volume da demanda final)} \end{aligned}$$

No Brasil alguns estudos utilizando este modelo tem seguido esta metodologia para aplicação em diversas análises como da tecnologia baseada na indústria. Nesta perspectiva o estudo de Sesso Filho, Rodrigues, Moretto, et al (2010), utiliza-se do mesmo instrumental matemático para averiguar a variação do emprego no Brasil durante a década de 1990 analisando fatores como a produtividade do trabalho.

Pedroso (2016) utilizou a mesma técnica de decomposição estrutural sobre a base de dados do WIOD para medir as variações da emissões, e concluiu que pequenas economias como a de Malta e da Polônia tiveram grandes acréscimos nos resultados percentuais das emissões. Isto demonstra um outro viés que países com pequenas economias também estão contribuindo de forma crescente para a poluição atmosférica global.

### 3.3 Fonte dos Dados

Para a realização deste estudo foi utilizada a matriz de insumo-produto mundial, disponibilizada pelo banco de dados do WIOD a qual, considera na sua apresentação 40 países e o restante do mundo, perfazendo o sistema econômico dividido em 35 setores para cada região. Cabe destacar, que a matriz possui também dados referentes à demanda final e ao valor adicionado.

A estrutura dos dados utilizada nesta dissertação compete a esta base de dados, ou seja, WIOD, sendo que estas informações foram coletadas em sua página eletrônica na *internet*. De tal modo, foram retirados os dados destes 40 países da estrutura de matriz insumo-produto do WIOD, e em seguida para os países que compõe o BRIC (Brasil, Rússia, Índia, China) e para os países do G-7 (EUA, Reino Unido, Canadá, Alemanha, França, Itália e Japão) nos períodos de 2000 a 2009, ademais se acrescenta o levantamento da intensidade das emissões dos gases causadores do efeito estufa dos setores para os mesmos períodos. Conforme a base de dados, os gases estão divulgados em grandezas diferentes, por exemplo, para o CO<sub>2</sub> está em gigagrama (Gg) ou quilo-toneladas, segundo o Sistema Internacional de unidades (SI), cada gigagrama equivale a mil toneladas, já os demais gases estão em toneladas como CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, CO, NMVOC e NH<sub>3</sub>. Outrossim, a fonte de dados utilizada foi lançada em maio de 2012 pelo WIOD, ou seja, a mais atualizada para o site até a presente data da edição desta pesquisa.

Para direcionar os cálculos foi utilizado o programa *Matriz Laboratory* (MATLAB)<sup>39</sup> que ajudou a inverter as matrizes de mais 1390 linhas e 1400 colunas e processar os resultados finais dos geradores de poluição.

Por conseguinte, como mencionado e aproveitando os dados disponibilizados no WIOD, a estrutura desta pesquisa fundamenta-se nas tabelas de insumo-produto de 40 países<sup>40</sup> (27 países da União Europeia e outros 13 países selecionados) mais o restante do mundo, no ano de 2000 a 2009. Cabe salientar

---

<sup>39</sup> Software que realiza cálculos numéricos.

<sup>40</sup> Alemanha, Austrália, Áustria, Bélgica, Brasil, Bulgária, Canadá, China, Chipre, Coreia do Sul, Dinamarca, Eslováquia, Eslovênia, Espanha, Estados Unidos, Estônia, Finlândia, França, Grécia, Holanda, Hungria, Índia, Indonésia, Irlanda, Itália, Japão, Letônia, Lituânia, Luxemburgo, Malta, México, Polônia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Romênia, Rússia, Suécia, Taiwan e Turquia.

que as tabelas no WIOD apresentam 35 setores produtivos como especifica o quadro 3. Entretanto, cabe destacar que este trabalho irá analisar 34 setores, uma vez que se optou em remover o setor 35 das Residências particulares com empregados, tendo em vista que, em quase todos os países não existem dados divulgados para esta atividade econômica, ressalta-se que o setor 19 da China, referente a venda e manutenção de veículos automotores não tinha dados para o setor na base de dados WIOD.

Quanto à alcance cabe destacar que serão analisados exclusivamente os países membros do BRIC e do G-7, que adquiriram avanços importantes nas suas Economias no período recente e que possuem grandes reservas de recursos naturais disponíveis. No âmbito da comparação com os países do G-7 e BRIC foram agrupados todos os demais países com dados no WIOD em somente um grupo denominado de resto do mundo abordado na última seção do capítulo 4.

Quadro 3 - Setores produtivos para a matriz insumo-produto do WIOD 2000-2009

<b>Setores da Economia</b>			
1	Agropecuária, caça, silvicultura e pesca	18	Construção
2	Extrativismo mineral	19	Venda, Manutenção e reparação de veículos automotores
3	Alimentos, bebidas e fumo	20	Comércio no Atacado
4	Têxteis	21	Comércio no Varejo
5	Vestuário	22	Hotéis e restaurantes
6	Madeira e produtos da madeira	23	Transporte terrestre
7	Papel, celulose e gráfica	24	Transporte aquático
8	Refino de petróleo e combustível nuclear	25	Transporte aéreo
9	Indústria química	26	Outras atividades de suporte ao Transporte
10	Borracha e plástico	27	Correios e Telecomunicações
11	Outros minerais não metálicos	28	Intermediação financeira
12	Metalurgia	29	Atividades imobiliárias exceto construção
13	Máquinas e equipamentos	30	Aluguel de Equipamentos para empresas e outras atividades comerciais
14	Eletrônicos e equipamentos ópticos	31	Administração pública
15	Equipamentos de transporte	32	Educação
16	Manufatura e reciclagem	33	Saúde e Assistência Social
17	Eletricidade, gás e água	34	Outros serviços comunitários, sociais e pessoais

Fonte: *World Input-Output Database (WIOD, 2014)*.

Afinal, com as emissões de GEE na atmosfera decorre efeitos diversos para além das fronteiras nacionais e efeitos danosos em relação ao equilíbrio ambiental e sustentabilidade dos ecossistemas como aquecimento global, depleção da camada de ozônio e chuva ácida, a exemplo o SO<sub>x</sub> e o NO<sub>x</sub> são um dos principais responsáveis pela chuva ácida que destroem plantações, alteram o PH de rios e lagos e provoca efeitos na saúde humana. Por tanto, a intensificação da emissão destes GEE e a identificação dos setores produtivos mais poluentes é de suma importância para detectar que setores de atividades económicas nestes países são responsáveis pela forte contribuição para o efeito estufa. Para tanto, adota-se para destaque os cinco setores que mais emitiram GEE nos anos de 2000 a 2009. Cabe ilustrar na presente pesquisa quais os países do BRIC e do G-7 que possuem maiores variações das emissões de GEE considerando o efeito intensidade e tecnologia advindo da decomposição estrutura da Matriz Insumo-Produto Mundial.

Na próxima seção foram condensados em gráficos e tabelas os resultados obtidos dos anexos em termos percentuais, para um melhor entendimento didático do leitor. Pois, a decomposição estrutural gera coeficientes que foram traduzidos tendo como base o ano base de 2000 para avaliar quanto houve de crescimento percentual de cada setor económico estudado até o ano de 2009.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção é composta por duas partes: a primeira aborda-se os quatro efeitos da decomposição estrutural sobre cada gás poluente e o agrupamento do somatório dos setores em termos percentuais para o G-7, BRIC e Resto do Mundo. A segunda descreve de forma mais detalhada os blocos G-7 e BRIC no âmbito dos 34 setores econômicos e o desempenho dos países do G-7 e do BRIC quanto as variações percentuais durante o período de 2000 a 2009 em termos de emissões por milhões de dólares.

Na parte inicial utiliza-se os efeitos estrutura da demanda e volume da demanda final que se relacionam com o crescimento econômico, na segunda parte usa-se mais os efeitos intensidade e tecnologia para a explicação das variações das emissões, esta metodologia foi escolhida, pois é nos efeitos intensidade e tecnologia que encontra-se as maiores diferenças entre economias desenvolvidas do G-7 e economias em desenvolvimento do BRIC.

A decomposição estrutural de acordo com os anexos deste trabalho remete-se a quatro resultados, efeito intensidade, tecnologia, proporção da demanda final ou estrutura da demanda final e volume da demanda final de todos os dados calculados, as tabelas e figuras a seguir possuem o intuito de enumerar os principais resultado que derivaram de cada um dos anexos.

O efeito intensidade informa as modificações específicas em cada setor, já o efeito tecnologia apresenta as variações na cadeia produtiva como um todo em relação a um determinado setor.

O efeito estrutura da demanda ou proporção da demanda final pode ser traduzido como em que grau encontra-se as escolhas dos consumidores, ou seja, em que proporção se maximiza sua vontade por meio de preceitos e orientações, porém determinadas escolhas são mais ou menos prejudiciais ao meio ambiente dependendo do tamanho do impacto nas emissões. O crescimento do consumo, é observado através do efeito variação do volume da demanda final.

Doravante, avulta-se que esta pesquisa não tem a pretensão teórica de demonstrar qual o maior poluidor ou menor poluidor em volume de emissão de GEE,

isto já é de conhecimento que os EUA e em seguida a China lideram o *ranking* da poluição, e sim responder quem obteve maior ou menor variação percentual nas emissões por milhão de dólares em relação a sua estrutura produtiva no âmbito dos setores econômicos analisados, através do método SDA entre os anos de 2000 e 2009, assim pode-se relacionar quais países ou blocos de países, no caso o G-7 e o BRIC, estão mais preocupados com o controle das emissões de GEE, e quais estão com menos afinco aplicando o discurso da política ambiental internacional por reduções de GEE na sua estrutura produtiva.

#### **4.1 Decomposição estrutural das variações das emissões no G-7, BRIC e Resto do Mundo**

Países desenvolvidos possuem maior eficiência na utilização da energia, assim como uso mais intenso dos insumos na produção, além de melhores técnicas de produção. Isto leva a resultados diferentes nos efeitos intensidade e tecnologia, o primeiro relacionando ao setor econômico isolado e sua produtividade, o segundo quanto aos insumos intermediários e a cadeia produtiva relacionada ao setor.

Já economias em desenvolvimento como China e Índia agrupadas no BRIC tiveram fluxos migratórios do campo para a cidade devido ao processo de industrialização, isto leva-se a mudanças no hábito de consumo que influenciam o efeito estrutura da demanda. Nesta perspectiva, o ponto de partida de análise para as economias do G-7 e BRIC escolhido é apresentar um panorama dos quatro efeitos: intensidade, tecnologia, estrutura da demanda e volume da demanda.

Nesta seção agrupou-se os resultados de todos os setores dos países dos blocos G-7 e BRIC a fim de mensurar a variação de cada GEE. A nível de comparação elabora-se os cálculos também para o Resto do Mundo.

Na tabela 4, observa-se a soma dos quatro efeitos da decomposição estrutural: intensidade, tecnologia, estrutura da demanda e volume da demanda final. Assim, o resultado da variação total demonstra decréscimo percentual nas emissões do G-7 e acréscimo para o BRIC. Quanto ao resto do mundo, tem-se que houve decréscimo em alguns GEE como: CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O e NO<sub>x</sub>, e acréscimo nos demais.

Tabela 4 - Variação total no G-7, BRIC e Resto do Mundo

Gases	%Variação Total		
	G-7	BRIC	RM
CO <sub>2</sub>	-569	4955	24
CH <sub>4</sub>	-630	2967	-153
N <sub>2</sub> O	-1257	2879	-133
NO <sub>x</sub>	-1039	2801	-179
SO <sub>x</sub>	-1180	6613	10000
CO	-1430	11251	11112
NMVOG	-613	3510	3621
NH <sub>3</sub>	-341	5586	304

Fonte: tabela elaborada pelo autor a partir da decomposição estrutural dos dados do WIOD (2012).  
Nota: A variação total corresponde a soma dos quatro efeitos das emissões atmosféricas.

De acordo com a tabela 5 verifica-se que o grupo dos países do G-7 tiveram mudanças no consumo que resultaram em reduções das emissões, observa-se o efeito estrutura da demanda e remete-se para variações negativas, quando se somam todos os países do bloco, este efeito resultou em variações negativas para todos os gases analisados, os efeitos intensidade e tecnologia que será mais detalhado nesta seção seguem a mesma lógica. O único efeito positivo é o volume da demanda final.

Como exemplo, nota-se a variação de CO<sub>2</sub> de -596% no efeito intensidade, -245% no efeito tecnologia e -424% no efeito estrutura da demanda do G-7. Sendo assim, mesmo com o crescimento do consumo demonstrado no volume da demanda final, este último resultou em melhores escolhas ambientalmente mais corretas, maior emprego de tecnologia e menos insumos utilizados que mitigaram o crescimento das emissões.

Tabela 5 - Variações das emissões atmosféricas no G-7, BRIC e Resto do Mundo

Gases	%Efeito Intensidade			%Efeito Tecnologia			%Proporção ou Estrutura da Demanda Final			%Volume da Demanda final		
	G-7	BRIC	RM	G-7	BRIC	RM	G-7	BRIC	RM	G-7	BRIC	RM
CO <sub>2</sub>	-596	1050	-504	-245	800	108	-424	2215	188	697	890	233
CH <sub>4</sub>	-611	228	-6889	-272	367	6430	-421	1544	-7520	675	828	27826
N <sub>2</sub> O	-1281	-350	-4718	-249	624	669	-333	1766	340	606	840	3576
NO <sub>x</sub>	-1061	-242	-2321	-238	511	335	-366	1709	523	627	822	1284
SO <sub>x</sub>	-1257	3087	-2116	-217	341	574	-288	2097	912	582	1088	1630
CO	-1408	4902	2623	-259	1062	-129	-307	3539	4300	543	1748	4318
NMVOG	-632	-211	155	-263	669	-39	-373	2087	1483	656	964	2022
NH <sub>3</sub>	-474	2308	-3489	-259	393	17310	-336	1824	-51938	728	1061	68422

Fonte: tabela elaborada pelo autor a partir da decomposição estrutural dos dados do WIOD (2012).

Efeitos diferentes são considerados nos países do BRIC, verifica-se que para todos os gases poluentes ocorreu o crescimento das emissões, principalmente relacionada com o consumo maior e inadequado de bens nestes países representado pelo efeito estrutura da demanda. Portanto, gerando maior crescimento das emissões por milhões de dólares.

Os valores positivos de aumento do efeito volume da demanda final é acompanhado também pelo efeito estrutura que mostram escolhas de consumo danosas ao meio ambiente, como exemplo, indivíduos que passam a usar mais automóveis poluentes que automóveis que usam combustíveis alternativos, ou mesmo deixam de utilizar a bicicleta como meio de transporte, ou outro meio de transporte menos poluente.

Quanto ao efeito intensidade observa-se reduções nas variações das emissões quanto os gases:  $N_2O$ ,  $NO_x$  e  $NMVO_C$ , mas ainda menores que as do G-7, no entanto, estas reduções nos efeitos intensidade e tecnologia serão melhor detalhadas nas figuras 3 a 10.

De acordo com a tabela 5 verifica-se a decomposição estrutural dos países do Resto do Mundo, aqui considerados todos os países do mundo, exceto os países do G-7 e BRIC, tem-se uma melhora em relação ao crescimento das emissões, mais observada no efeito intensidade, e menos nos efeitos tecnologia e estrutura da demanda, entretanto, um pouco melhor que os resultado do BRIC. Com estes resultados demonstra-se que a substituição dos hábitos e escolhas de consumo não está levando a melhores resultados quanto as emissões segundo o efeito estrutura da demanda, resultados mais significativos aparecem na tecnologia empregada nos setores econômicos específicos abordados na próxima seção.

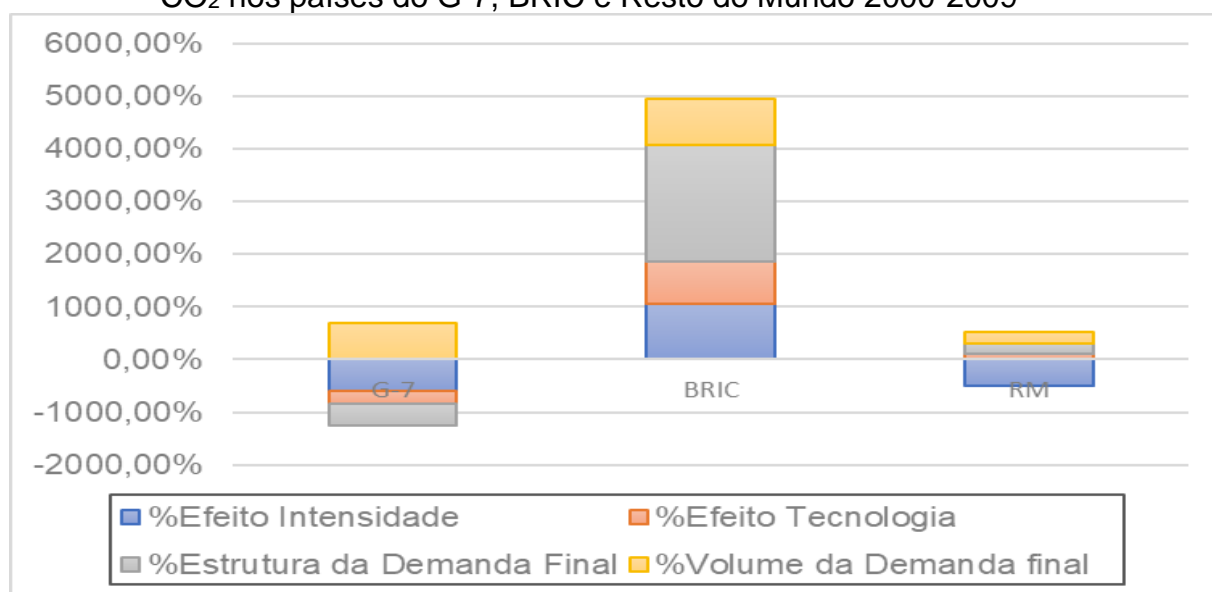
Com efeito, passa-se mais a comparação mais detalhada entre o G-7 e BRIC e Resto do Mundo, quanto os quatro efeitos. Os efeitos intensidade e tecnologia estão relacionados com a estrutura produtiva, as empresas e o governo, uma vez que está relacionado diretamente com produção de bens. Já os efeitos estrutura da demanda e volume está relacionado com o crescimento do consumo.

As figuras 3 a 10 a seguir, ratificam que o BRIC obteve resultados maiores quanto ao crescimento das emissões que o G-7, como demonstrado na tabela 5.

Neste caso, quanto as emissões de CO<sub>2</sub>, devido não somente ao crescimento econômico e sim ao uso de insumo e recursos naturais não renováveis disponíveis, sem embargo, acrescenta-se a esta constatação a ressalva que os países do G-7 também produzem na estrutura interna dos países do BRIC, através de empresas multinacionais e transnacionais.

Todavia, a busca na redução das desigualdades sociais nos países do BRIC tem relativamente causado o aumento do uso de recursos naturais de modo exacerbado, isto não se refere a inexistência no uso de energias renováveis.

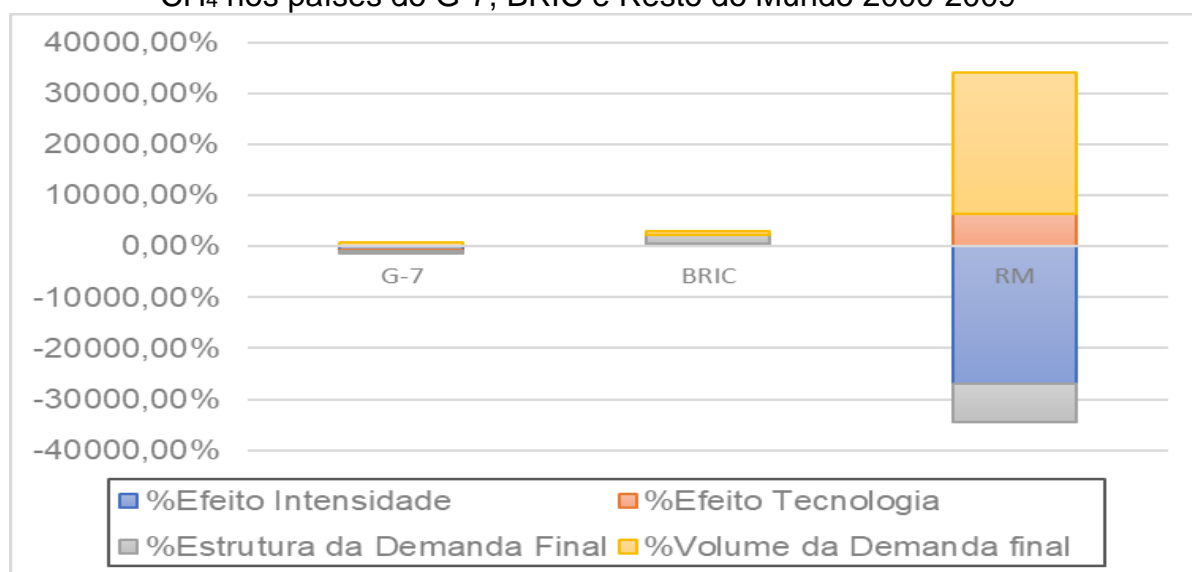
Figura 4 – Efeitos Intensidade, Tecnologia, Estrutura e Volume da Demanda Final do CO<sub>2</sub> nos países do G-7, BRIC e Resto do Mundo 2000-2009



Fonte: figura elaborada pelo autor a partir da decomposição estrutural dos dados do WIOD (2012).

Portanto, os resultados da figura 3 demonstram que o BRIC não acompanhou a redução do G-7 e do Resto do Mundo quanto a redução das emissões de CO<sub>2</sub> apresentando crescimento de 1050% no efeito intensidade para o período estudado.

Figura 5 – Efeitos Intensidade, Tecnologia, Estrutura e Volume da Demanda Final do CH<sub>4</sub> nos países do G-7, BRIC e Resto do Mundo 2000-2009



Fonte: figura elaborada pelo autor a partir da decomposição estrutural dos dados do WIOD (2012).

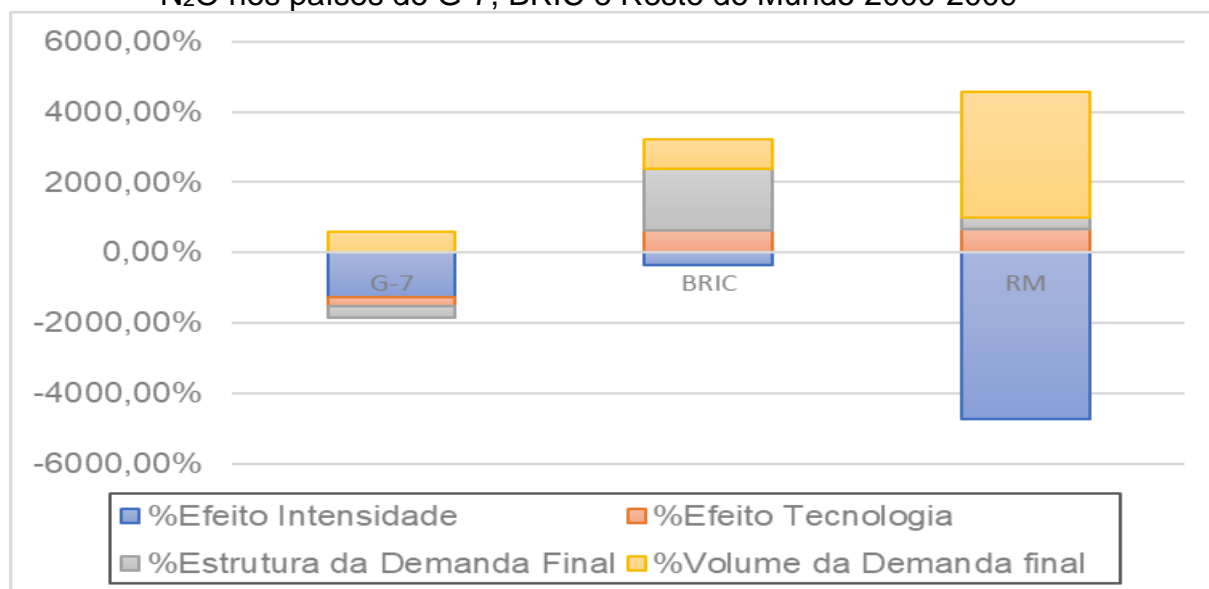
Os resultados do BRIC quanto ao CH<sub>4</sub>, expostos na figura 4, atingem principalmente acréscimos das emissões considerando o efeito tecnologia de 336% conforme tabela 5, isto ratifica o mal uso dos insumos intermediários quanto a responsabilidade ambiental e falta de tecnologia adequada nas atividades produtivas. Isto atinge níveis mais elevados considerando o resto do mundo no percentual de 6430%.

Já para o N<sub>2</sub>O todos os resultados para o efeito intensidade são negativos considerando G-7, BRIC e Resto do Mundo, já o efeito tecnologia o BRIC apresenta maior resultado nos acréscimos das emissões na ordem de 624%, resultados que corroboram com o exposto no parágrafo anterior em relação ao CH<sub>4</sub>. A estrutura produtiva dos BRIC abrange o uso abundante de recursos naturais e desperdícios em várias fases do processo produtivo, essencialmente do uso da combinação dos fatores de produção, bem como o não uso das melhores técnicas sejam agrícolas ou industriais.

De tal modo quando verifica-se o BRIC, o efeito estrutura da demanda de 1766%, considera-se devido mudanças no padrão de consumo. Estes acréscimos das emissões são sentidos também no Resto do Mundo a partir dos efeitos tecnologia e estrutura da demanda mas com menores valores, no montante de

340% para o efeito estrutura da demanda, conforme tabela 5. Já o volume da demanda final é de maior impacto no Resto do Mundo conforme figura 5.

Figura 6 – Efeitos Intensidade, Tecnologia, Estrutura e Volume da Demanda Final do N<sub>2</sub>O nos países do G-7, BRIC e Resto do Mundo 2000-2009

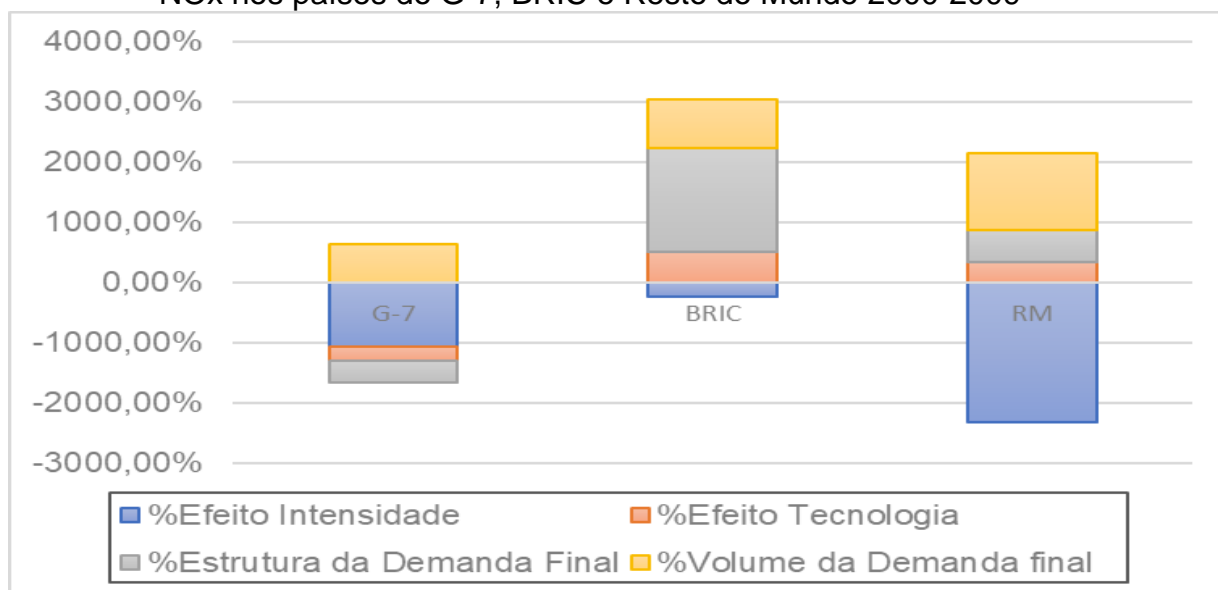


Fonte: figura elaborada pelo autor a partir da decomposição estrutural dos dados do WIOD (2012).

Em referência ao NO<sub>x</sub> e de acordo com a tabela 5, este GEE segue a mesma lógica anterior apresentada do N<sub>2</sub>O, demonstrando acréscimos nas emissões deste gás na cadeia produtiva dos países do BRIC e no Resto do Mundo representados pelo efeito tecnologia de 511% e 335% respectivamente de NO<sub>x</sub>, e por outro lado reduções nas emissões nos países do G-7.

Na figura 6 denota-se reduções para três efeitos no G-7 para NO<sub>x</sub>, efeito intensidade, tecnologia e estrutura da demanda, já para o BRIC houve apenas redução no efeito intensidade, crescimento nos efeitos tecnologia e estrutura da demanda. O Resto do Mundo seguiu a mesma lógica do BRIC, no entanto com maior redução do efeito intensidade. Reforça-se a ideia que a mudança de consumo e a tecnologia são os principais causadores do aumento dos GEE no BRIC.

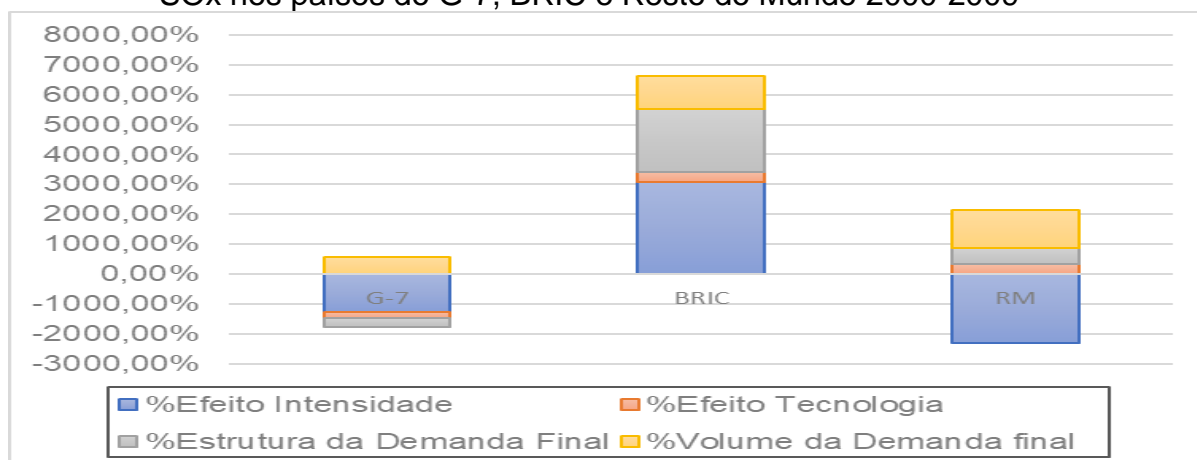
Figura 7 – Efeitos Intensidade, Tecnologia, Estrutura e Volume da Demanda Final do NOx nos países do G-7, BRIC e Resto do Mundo 2000-2009



Fonte: figura elaborada pelo autor a partir da decomposição estrutural dos dados do WIOD (2012).

Já na figura 7, o efeito intensidade, relacionado a produtividade nos setores da economia, no caso relacionado a emissão do GEE, obteve outro resultado de acréscimos das emissões para o BRIC, demonstrando variações percentuais superiores que as do G-7 e Resto do Mundo que tiveram decréscimos. O efeito estrutura da demanda do gás SOx foi positivo no BRIC e no G-7 negativo.

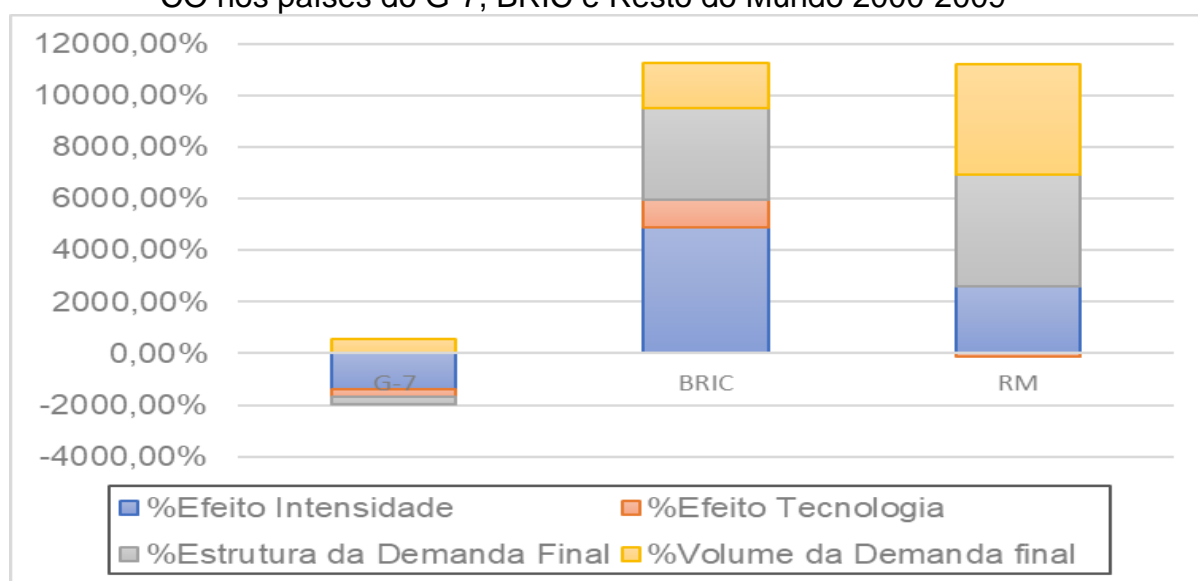
Figura 8 – Efeitos Intensidade, Tecnologia, Estrutura e Volume da Demanda Final do SOx nos países do G-7, BRIC e Resto do Mundo 2000-2009



Fonte: figura elaborada pelo autor a partir da decomposição estrutural dos dados do WIOD (2012).

Quanto ao CO<sub>2</sub>, na figura 8, temos que os resultados do BRIC são bem superiores ao G-7 quanto ao acréscimo das emissões, mesmo considerando os quatro efeitos em conjunto, intensidade, tecnologia, estrutura e volume da demanda final, assim pondera-se um alerta em relação a emissão de CO<sub>2</sub>, relacionando com a estrutura produtiva e setores ao transporte.

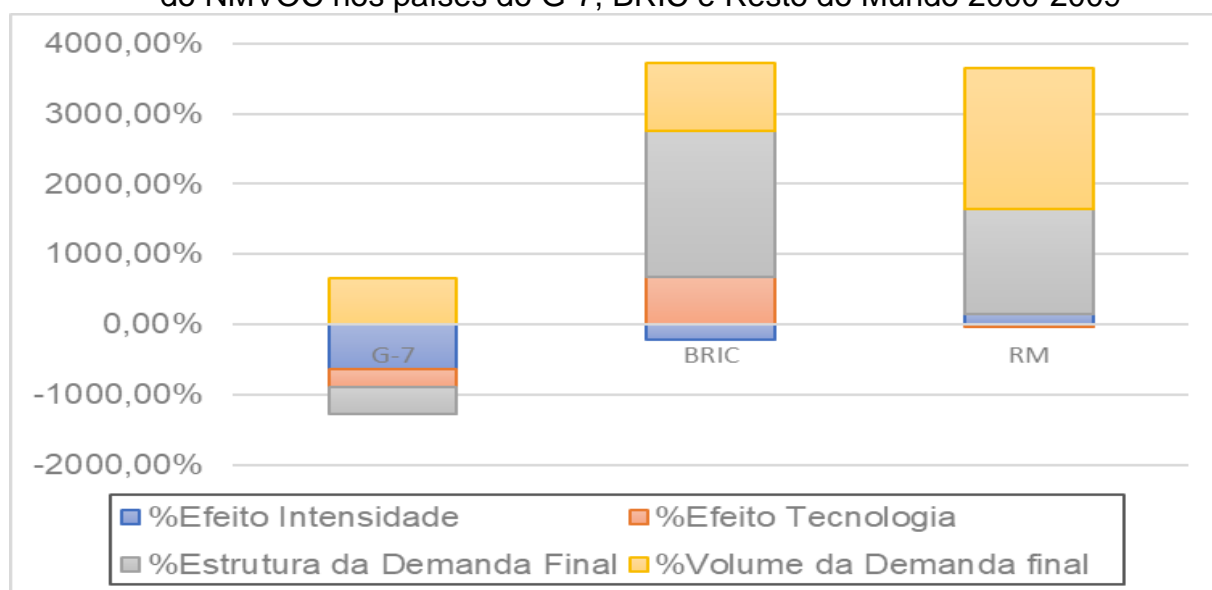
Figura 9 – Efeitos Intensidade, Tecnologia, Estrutura e Volume da Demanda Final do CO<sub>2</sub> nos países do G-7, BRIC e Resto do Mundo 2000-2009



Fonte: figura elaborada pelo autor a partir da decomposição estrutural dos dados do WIOD (2012).

Por conseguinte, o NMVOC, este apresenta melhorias no efeito intensidade e tecnologia com resultados de decréscimos nas emissões para o G-7, já o BRIC apresenta resultados ruins no efeito tecnologia, estrutura da demanda e volume da demanda final. Observa-se na figura 9 que o BRIC aparece melhor que o Resto do Mundo quanto ao efeito intensidade, mais abaixo do G-7 e Resto do Mundo quando consideram-se o efeito tecnologia e estrutura da demanda, isto demonstra o uso demasiado de recursos naturais não renováveis em toda cadeia produtiva dos setores econômicos do BRIC e mudanças no padrão de consumo.

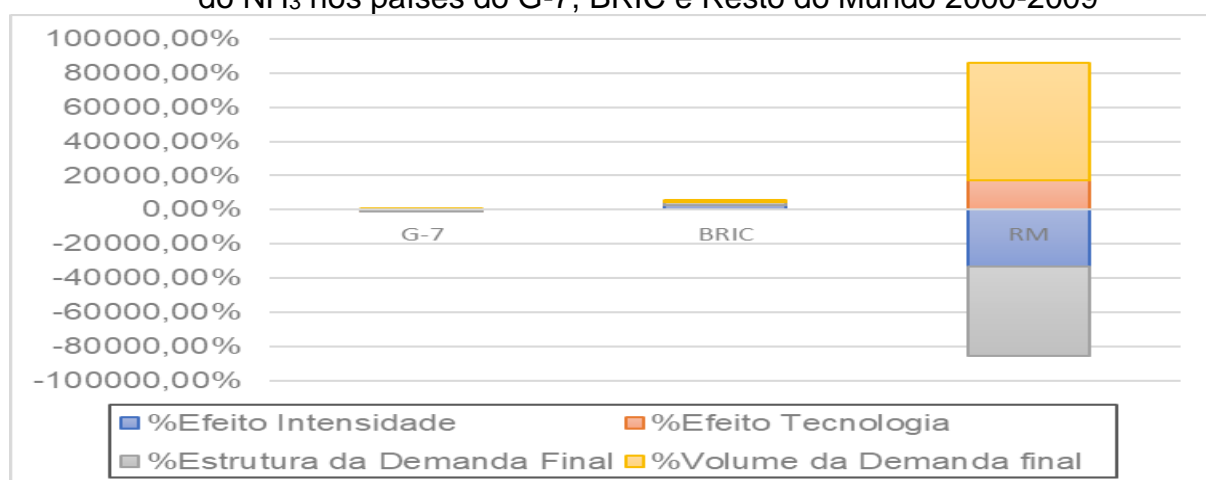
Figura 10 – Efeitos Intensidade, Tecnologia, Estrutura e Volume da Demanda Final do NMVOC nos países do G-7, BRIC e Resto do Mundo 2000-2009



Fonte: figura elaborada pelo autor a partir da decomposição estrutural dos dados do WIOD (2012).

O NH<sub>3</sub>, apresentou um resultado de crescimento das emissões considerando os efeitos intensidade, tecnologia e estrutura da demanda para os países do BRIC, na ordem de 2308%, 393%, 1824%, conforme tabela 5 e figura 10, ademais, quanto ao G-7, ambos os efeitos intensidade e tecnologia apresentaram reduções na emissões de GEE. No Resto do Mundo os resultados ruins estão no efeito tecnologia e no volume da demanda final.

Figura 11 – Efeitos Intensidade, Tecnologia, Estrutura e Volume da Demanda Final do NH<sub>3</sub> nos países do G-7, BRIC e Resto do Mundo 2000-2009



Fonte: figura elaborada pelo autor a partir da decomposição estrutural dos dados do WIOD (2012).

Apreende-se desta seção que o efeito volume da demanda final é crescente em grande parte do globo, pois o G-7, o BRIC e o Resto do Mundo tiveram efeitos positivos, no entanto, apresenta-se uma melhora nas escolhas de consumo nos países do G-7 dado o efeito estrutura da demanda. Percebe-se nesta seção que os efeitos intensidade e tecnologia resultaram em números melhores no G-7 que os do BRIC e do Resto do Mundo, mas aprofundando ao âmago da questão observa-se os resultados por setores econômicos abordados na próxima seção. É a partir das trocas intersetores e uso dos insumos que verifica-se os efeitos da tecnologia empregada em cada setor econômico e na cadeia produtiva.

#### **4.2 Análise das Variações das Emissões por Setores nos Blocos G-7 e BRIC**

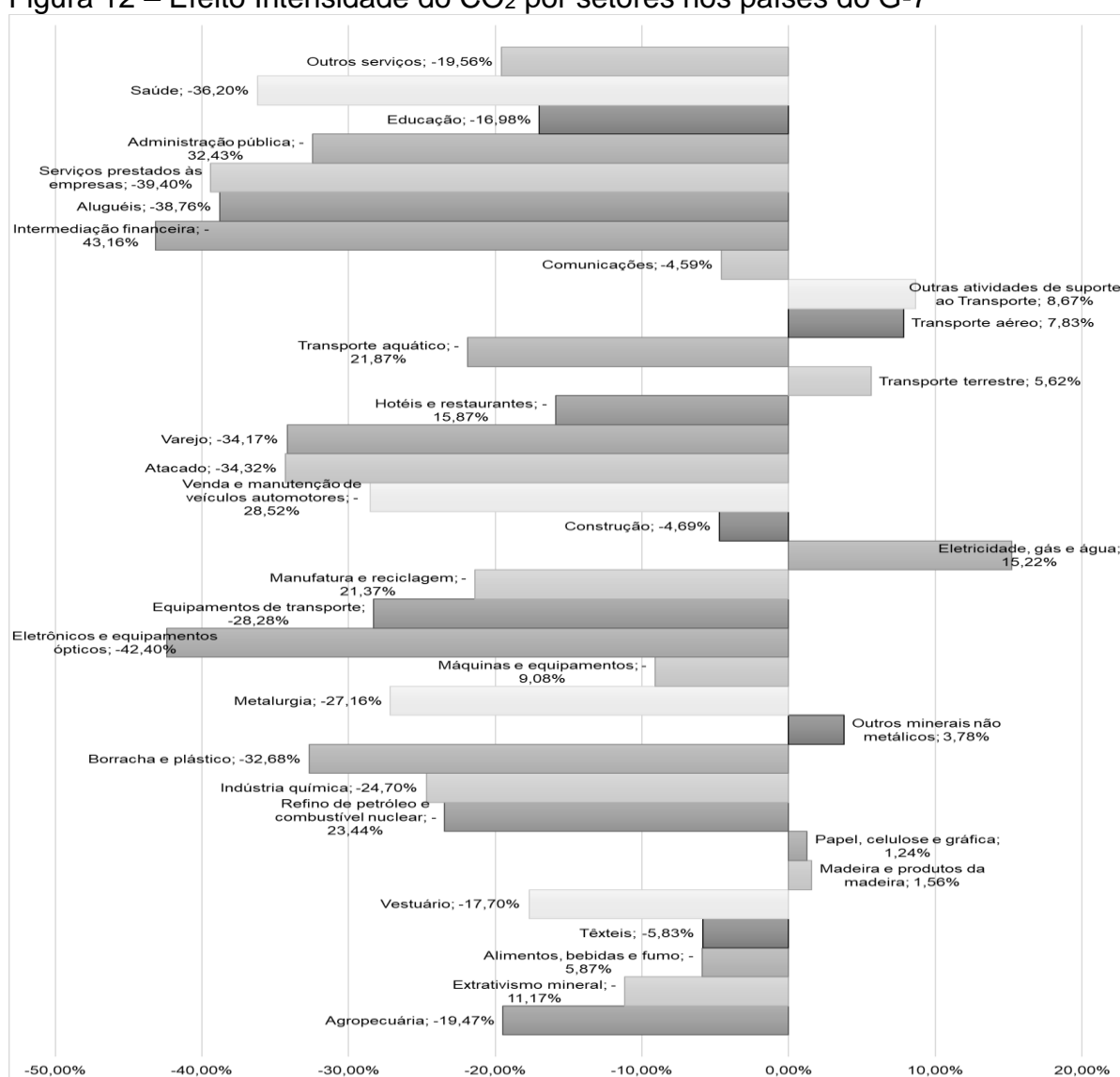
Nesta seção estuda-se os dados agrupados por setores, mas com cada GEE em relação ao G-7 e BRIC. Para tanto, a título de melhor adensamento da análise é primeiro averiguado o efeito intensidade, relacionando acerca do crescimento ou diminuição das emissões por milhões de dólares, conforme descritos nas figuras ou gráficos 11 a 28. Já nas tabelas 7 a 14 elenca-se os setores econômicos que obtiveram as maiores e menores variações percentuais em cada país objeto da pesquisa. E os dados são apresentados de forma que todo valor positivo terá contribuído para elevação das emissões em cada setor econômico. De tal modo, todos os valores negativos mostram reduções nas emissões.

Sendo assim, analisa-se oito gases poluentes, o primeiro deles o CO<sub>2</sub>, essencial a vida no planeta devido a fotossíntese. No entanto, o CO<sub>2</sub> em grandes quantidades é o principal causador do efeito estufa. As principais causas das emissões de CO<sub>2</sub> estão no desmatamento e na queima de combustíveis fósseis. O aumento das emissões desse gás de forma antrópica, está ligado às atividades desenvolvidas no processo produtivo da economia capitalista, na qual o crescimento econômico gera impactos na demanda de energia e aumenta a produção de resíduos e poluentes.

A despeito, o CO<sub>2</sub> nos países do G-7 tem-se que o setor de eletricidade, gás e água é o grande vilão do crescimento das emissões, com resultados positivos de

15,22%. Ademais, as atividades de transporte corroboram com o aumento destas emissões, aduz que é necessário maiores esforços no sentido da mudança da matriz energética destas economias desenvolvidas por uso de energias renováveis<sup>41</sup>. Então, observa-se na figura 11, que alguns setores como o setor de intermediação financeira, reduziram as emissões em 43,16%, oportunamente deve-se ao melhor uso da tecnologia, menos insumos, por exemplo, menor uso de papel.

Figura 12 – Efeito Intensidade do CO<sub>2</sub> por setores nos países do G-7

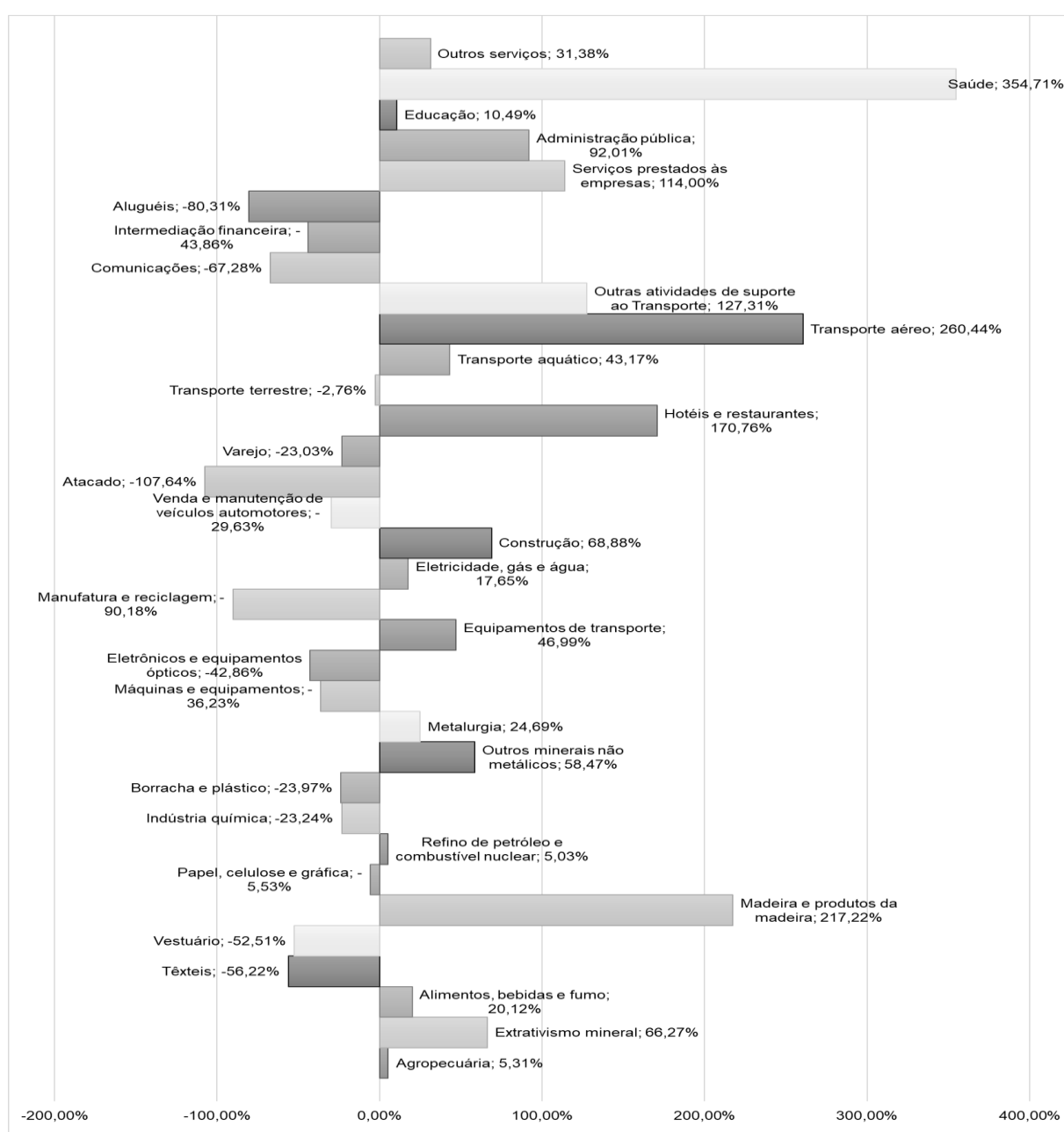


Fonte: figura elaborada pelo autor a partir da decomposição estrutural dos dados do WIOD (2012).

<sup>41</sup> É a energia que advém de recursos naturais que são naturalmente renovados, como sol, marés energia geotérmica, vento e chuva. Diferente dos combustíveis fósseis, que não são renováveis, pois existem em quantidade limitada, exemplo, petróleo, carvão, entre outros.

Quando o objeto de análise é o BRIC, aponta-se que os resultados das economia em desenvolvimento é positivo na maior parte dos setores econômicos, segundo a figura 12, por exemplo, o setor de saúde cresceu na proporção de 354,71% relativos as emissões de CO<sub>2</sub>; transporte aéreo 260,44%; madeira e produtos de madeira 217,22%; isto demonstra menor controle das emissões de CO<sub>2</sub> para a totalidade no bloco do BRIC.

Figura 13 – Efeito Intensidade do CO<sub>2</sub> por setores nos países do BRIC



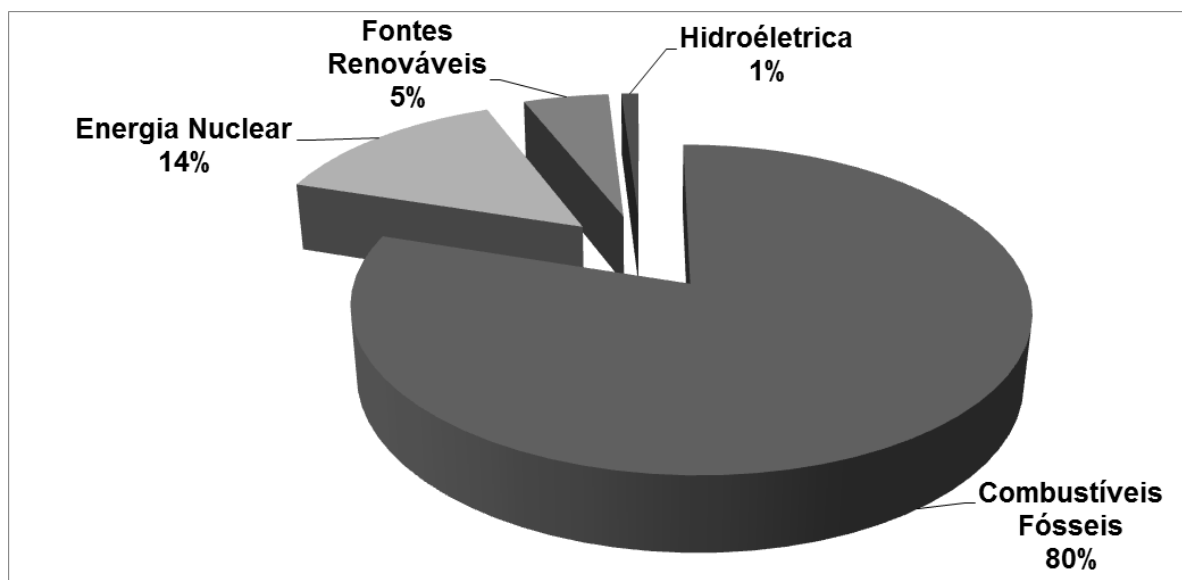
Fonte: figura elaborada pelo autor a partir da decomposição estrutural dos dados do WIOD (2012).

Na tabela 7, os resultados demonstram que o maior crescimento percentual das emissões ocorre no setor de transporte aéreo, isto dentro do G-7, por exemplo, o Reino Unido obteve uma grande variação do efeito intensidade na ordem de 78,86%.

De tal modo, os resultados do efeito tecnologia demonstram crescimento das emissões nos setores de transporte aquático e energia, ou seja, mesmo com mudanças tecnológicas no decorrer os anos, estes países tiveram acréscimos de emissões em sua cadeia produtiva, especialmente nestes setores demarcado na cor cinza na tabela 7, e também com variação positiva. Já nos países BRIC existe a mesma tendência observada no G-7 em relação ao setor de transporte como o principal emissor, e na Índia observa-se que o setor de madeira demonstrou um forte crescimento no período estudado.

Destarte, o Reino Unido possui uma matriz energética baseada sobretudo em combustíveis fósseis conforme figura 13. Por conseguinte, essa dependência é oriunda especialmente do setor de transportes, este exemplo do Reino Unido demonstra a necessidade urgente de mudanças no uso da energia.

Figura 14 - Matriz Energética do Reino Unido de acordo com a fonte utilizada 2008



Fonte: Mercados Energéticos (2008). Matriz Energética de Reino Unido.

Por outro lado, reduções são observadas nas emissões de CO<sub>2</sub> no BRIC, especialmente no setor de intermediação financeira. Já o G-7, o exemplo do EUA que teve melhoras em relação ao transporte aquático, e redução das emissões considerando o efeito tecnologia em -45,60%, como descrito na tabela 7.

Tabela 6 – Efeito Intensidade e Tecnologia do CO<sub>2</sub> por setores nos países do G-7 e BRIC

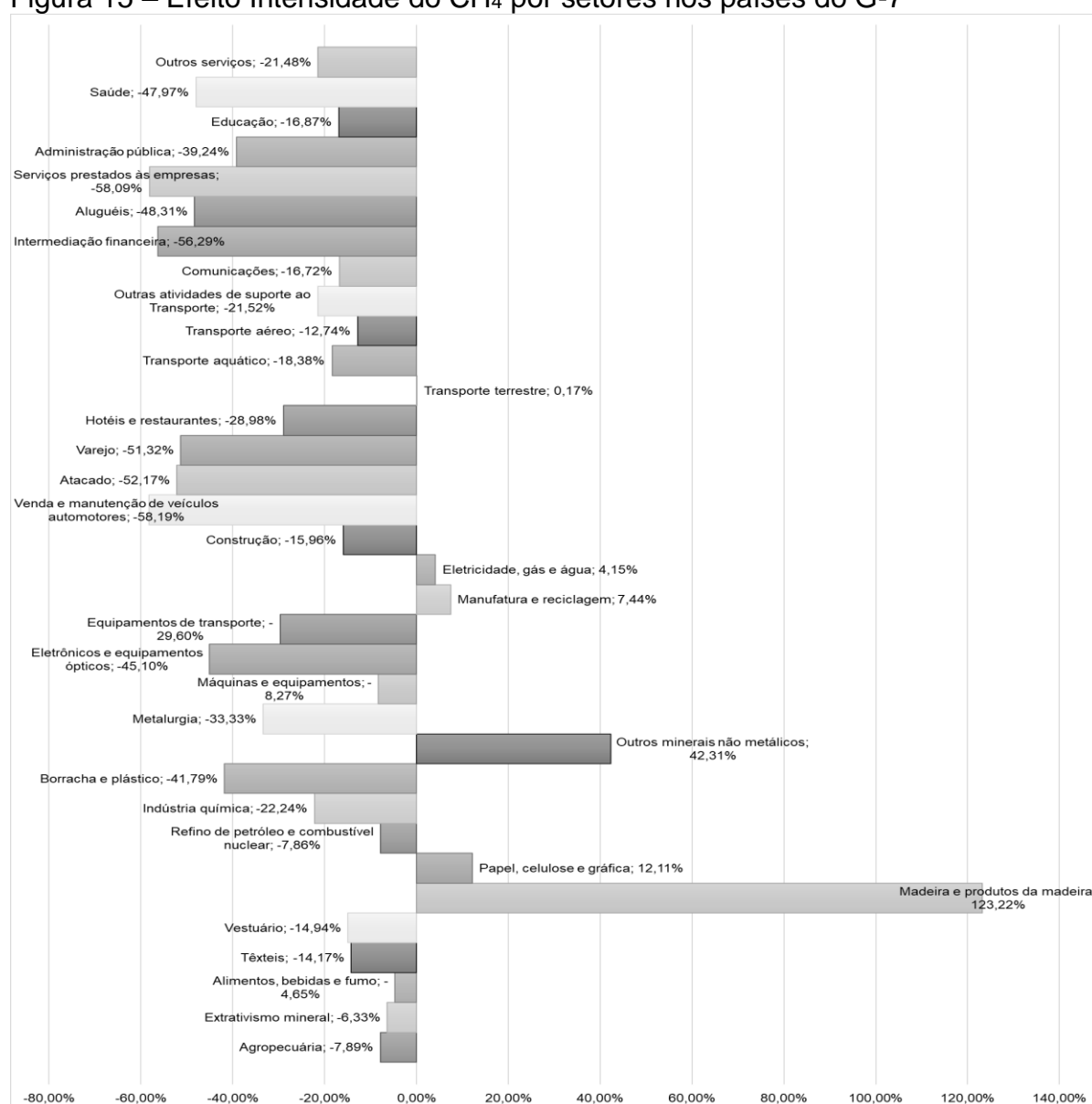
Países	Maior variação percentual positiva		Menor variação percentual negativa	
	Efeito Intensidade	Efeito Tecnologia	Efeito Intensidade	Efeito Tecnologia
Estados Unidos	Eletricidade, gás e água 27,26%	Intermediação financeira 10,29%	Atividades imobiliárias exceto construção -50,22%	Transporte aquático -45,60%
Japão	Extrativismo mineral 69,41%	Aluguel de Equipamentos para empresas e outras atividades comerciais 28,29%	Eletrônicos e equipamentos ópticos -53,80%	Extrativismo mineral -24,67%
Alemanha	Manufatura e reciclagem 30,12%	Transporte aquático 46,18%	Transporte aquático -125,09%	Extrativismo mineral -37,38%
Reino Unido	Transporte aéreo 78,86%	Transporte aquático 43,22%	Transporte aquático -87,86%	Extrativismo mineral -47,51%
França	Vestuário 59,55%	Refino de petróleo e combustível nuclear 63,49%	Refino de petróleo e combustível nuclear -135,49%	Extrativismo mineral -47,34%
Itália	Transporte aéreo 56,78%	Correios e Telecomunicações 24,08%	Correios e Telecomunicações -58,22%	Transporte aéreo -45,29%
Canadá	Vestuário 24,98%	Extrativismo mineral 21,27%	Refino de petróleo e combustível nuclear -50,79%	Vestuário -25,58%
Brasil	Transporte aéreo 75,85%	Extrativismo mineral 18,83%	Intermediação financeira -57,12%	Madeira e produtos da madeira -37,22%
Rússia	Transporte aéreo 302,93%	Venda, Manutenção e reparação de veículos automotores 64,96%	Intermediação financeira -147,09%	Equipamentos de transporte -77,30%
Índia	Madeira e produtos da madeira 1800,25%	Correios e Telecomunicações 125,26%	Correios e Telecomunicações -155,20%	Madeira e produtos da madeira -118,71%
China	Saúde e Assistência Social 754,90%	Outras atividades de suporte ao Transporte 139,16%	Comércio no Atacado -138,27%	Comércio no Atacado -5,59%

Fonte: Tabela elaborada pelo autor a partir da decomposição estrutural dos dados do WIOD (2012).

Quanto ao CH<sub>4</sub> os resultados demonstram uma performance parecida com o CO<sub>2</sub>, na qual os países do G-7 tiveram na maioria dos setores reduções das emissões, enquanto o BRIC obteve crescimento em diversos setores econômicos conforme demonstra as figuras 14 e 15.

Todavia, as economias desenvolvidas tentam implementar novas políticas ambientais com uso da tecnologia e novos métodos de produção, além de legislações mais rigorosas, a exemplo dos EUA, que sofreram modificações na legislação, como a Lei do Ar Limpo<sup>42</sup>, esta foi usada para estabelecer normas e padrões para emissões de GEE, principalmente, acerca de automóveis e parques industriais.

Figura 15 – Efeito Intensidade do CH<sub>4</sub> por setores nos países do G-7

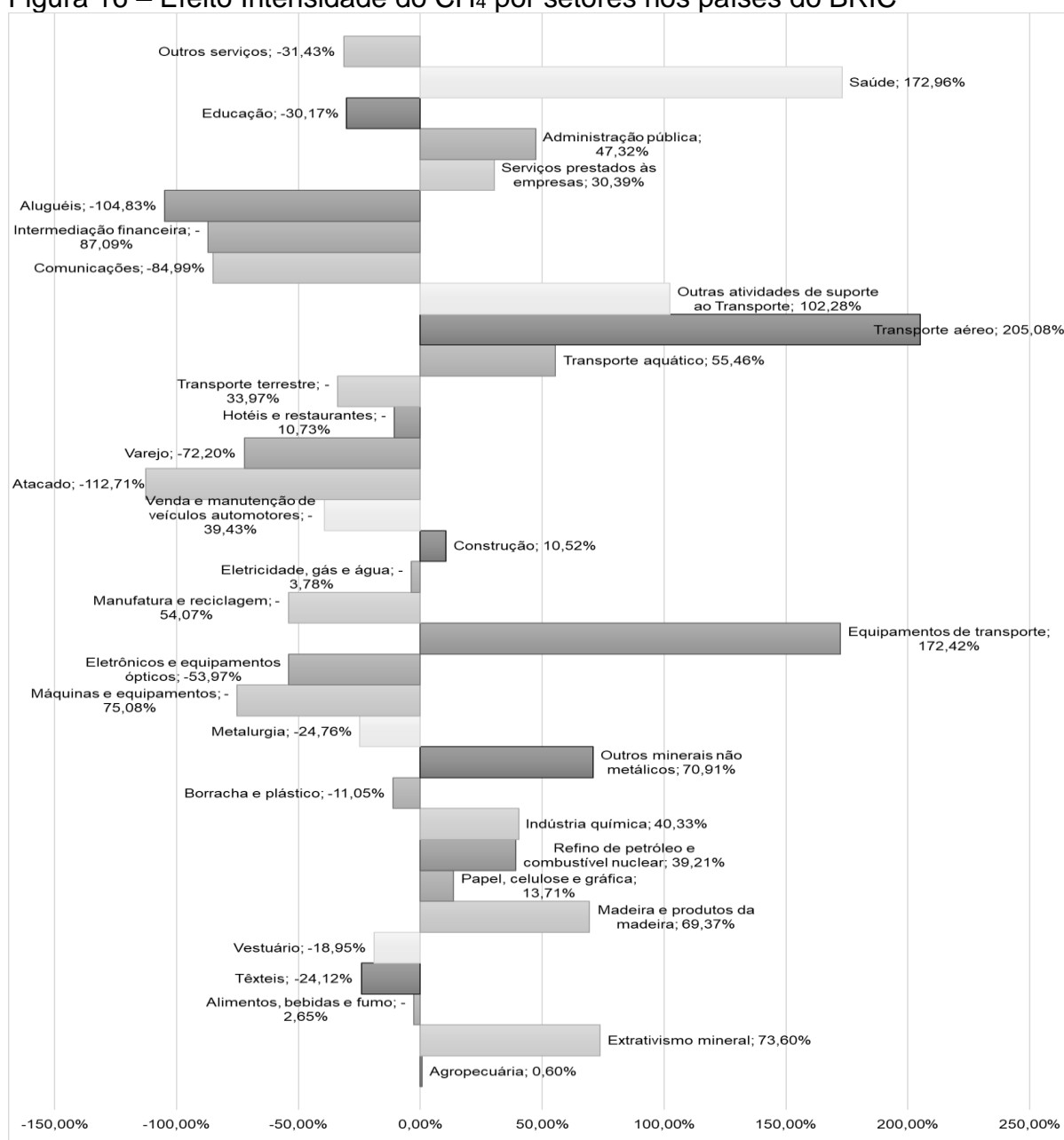


Fonte: figura elaborada pelo autor a partir da decomposição estrutural dos dados do WIOD (2012).

<sup>42</sup> Lei federal americana aprovada pela primeira vez em 1970

Nos países do BRIC como destaca a figura 15, alguns setores como máquinas e equipamentos, vendas no atacado, educação tiveram reduções nas emissões, já outros tiveram acréscimos percentuais do efeito intensidade como de transporte aéreo de 205,08% e de equipamentos de transporte no montante de 172,42%.

Figura 16 – Efeito Intensidade do CH<sub>4</sub> por setores nos países do BRIC



Fonte: figura elaborada pelo autor a partir da decomposição estrutural dos dados do WIOD (2012).

Tanto as economias desenvolvidas quanto as economia em desenvolvimento analisadas tiveram melhoras no setor agropecuário em relação as emissões de CH<sub>4</sub>, na figura 16 e 17 observa-se decréscimos neste setor que em termos de volume é um dos setores que mais emitem CH<sub>4</sub>.

O gás metano (CH<sub>4</sub>), denominado comumente de gás natural e que possui um potencial de aquecimento global 21 vezes maior que do CO<sub>2</sub>, pondera-se como agentes causadores das emissões a decomposição da matéria orgânica, os lixões e as atividades da agropecuária.

Nos países do G-7, a Alemanha é um grande emissor a partir do setor de madeira e produtos derivados da madeira, já no BRIC a Índia possui a liderança no crescimento nas emissões no setor de correios e telecomunicações para o efeito tecnologia. Os esforços para redução de GEE são verificados na Rússia no setor de Intermediação financeira e de equipamentos de transportes. Ademais, existem reduções significativas das emissões no setor da agropecuária, no entanto, as queimadas contribuem também para emissão de CH<sub>4</sub> pela decomposição da matéria orgânica oriunda dos desmatamentos. Para tanto, o setor de madeira e produtos de madeira elevou-se bastante a partir de países como Japão, Alemanha, Reino Unido conforme a tabela 8.

Tabela 7 – Efeito Intensidade e Tecnologia do CH<sub>4</sub> por setores nos países do G-7 e BRIC

Países	Maior variação percentual positiva		Menor variação percentual negativa	
	Efeito Intensidade	Efeito Tecnologia	Efeito Intensidade	Efeito Tecnologia
Estados Unidos	Eletricidade, gás e água 24,38%	Intermediação financeira 8,55%	Comércio no Atacado -64,26%	Transporte aquático -41,72%
Japão	Papel, celulose e gráfica 76,04%	Aluguel de Equipamentos para empresas e outras atividades comerciais 27,39%	Borracha e plástico -45,46%	Papel, celulose e gráfica -32,61%
Alemanha	Madeira e produtos da madeira 5325,16%	Refino de petróleo e combustível nuclear 65,22%	Transporte aquático -127,37%	Madeira e produtos da madeira -438,69%
Reino Unido	Papel, celulose e gráfica 6,33%	Transporte aquático 43,17%	Transporte aquático -93,58%	Extrativismo mineral -34,42%
França	Transporte terrestre 1707,02%	Borracha e plástico 34,67%	Refino de petróleo e combustível nuclear -139,41%	Transporte terrestre -91,75%
Itália	Transporte aéreo 80,14%	Correios e Telecomunicações 21,41%	Correios e Telecomunicações -105,26%	Transporte aéreo -59,52%
Canadá	Vestuário 39,23%	Metalurgia 16,94%	Refino de petróleo e combustível nuclear	Vestuário -27,06%

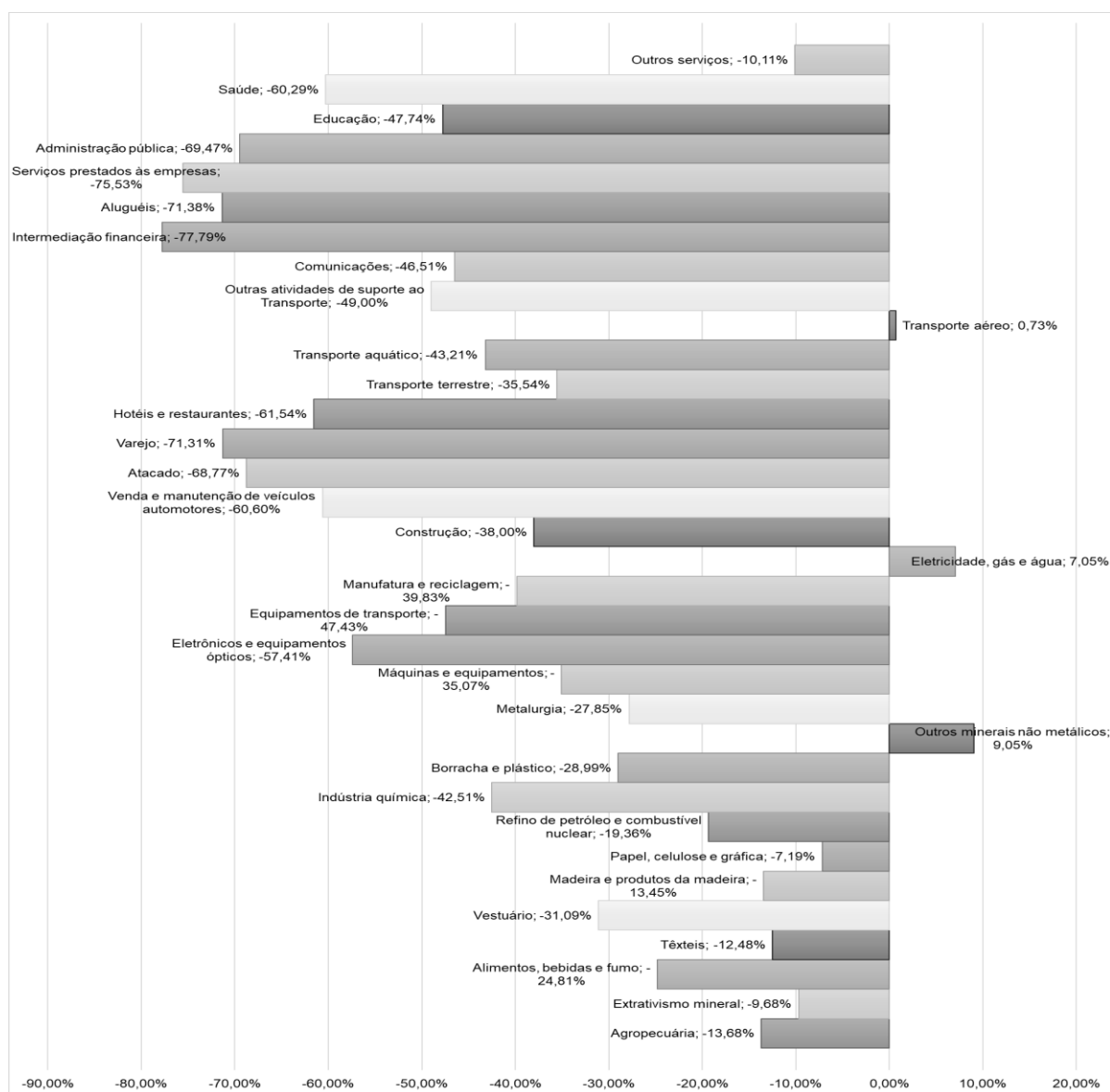
			-42,59%	
Brasil	Refino de petróleo e combustível nuclear 96,99%	Intermediação financeira 14,54%	Intermediação financeira -53,59%	Madeira e produtos da madeira -55,33%
Rússia	Equipamentos de transporte 427,33%	Transporte aéreo 45,45%	Intermediação financeira -175,11%	Equipamentos de transporte -116,85%
Índia	Equipamentos de transporte 239,92%	Correios e Telecomunicações 151,29%	Atividades imobiliárias exceto construção -134,28%	Madeira e produtos da madeira -45,10%
China	Saúde e Assistência Social 433,58%	Eletrônicos e equipamentos ópticos 115,04%	Comércio no Atacado -121,67%	Agropecuária, caça, silvicultura e pesca -4,22%

Fonte: Tabela elaborada pelo autor a partir da decomposição estrutural dos dados do WIOD (2012).

O óxido nitroso ( $N_2O$ ) é emitido por bactérias nos solo e oceanos. Sendo que o uso de fertilizantes na agricultura e a pecuária são as principais fontes de óxido nitroso oriundas da atividade humana

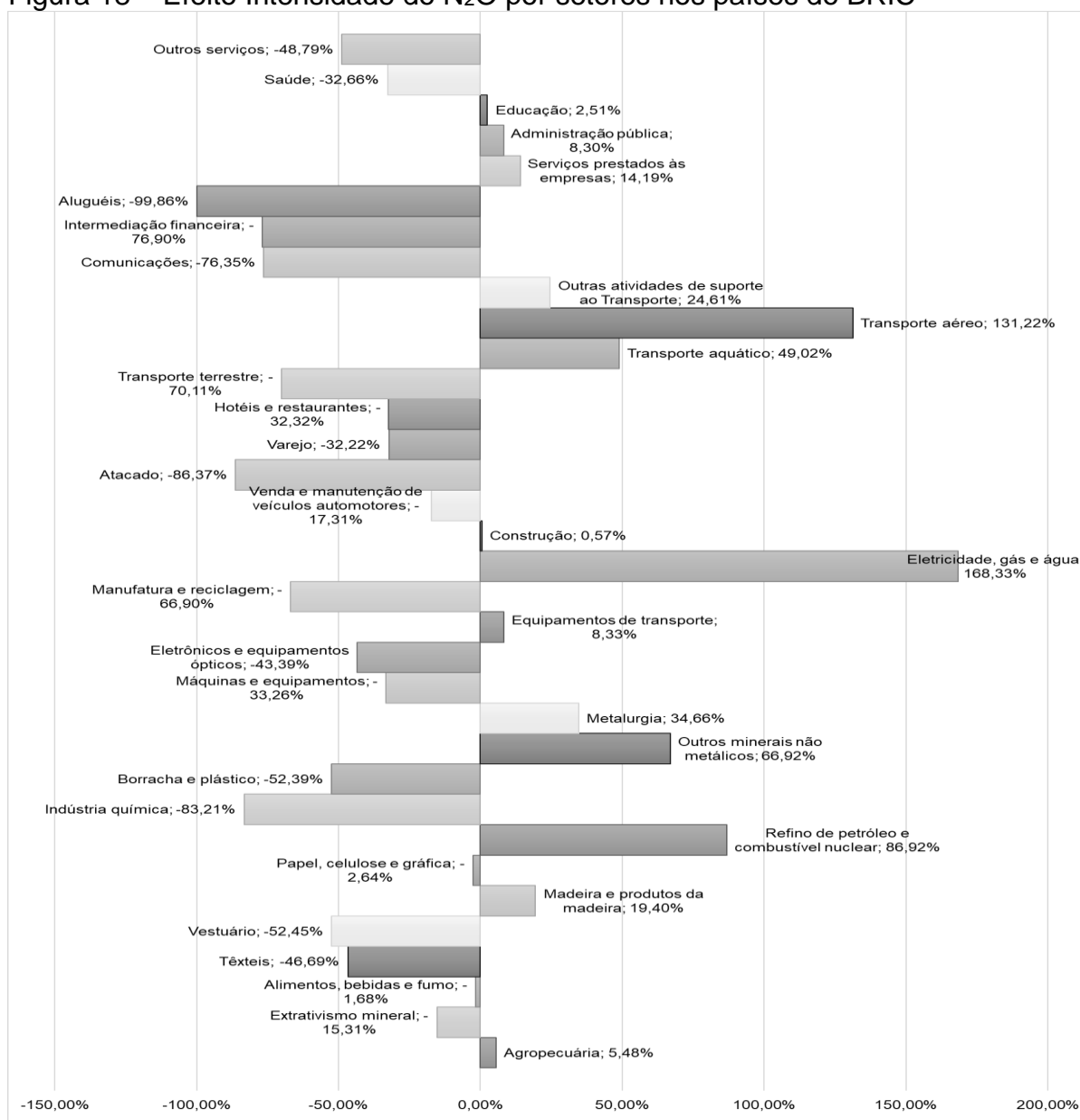
Os resultados agregados do  $N_2O$  para os dados agrupados do G-7, conforme figura 16, observa-se que quase a totalidade dos setores tiveram decréscimos nas variações das emissões, com exceção do setor de eletricidade, gás e água, outros minerais não metálicos, e transporte aéreo; isso ratifica o ressaltado quanto ao setor mais alarmante do G-7, eletricidade, gás e energia, ou seja, um dos gargalos para a melhoria no controle das emissões das economias desenvolvidas se relaciona ao uso da energia.

As variações do efeito intensidade do  $N_2O$  para os países do BRIC, conforme figura 17, seguem a lógica crescente dos outros GEE, na qual os setores de eletricidade, gás e água, transporte aéreo juntamente com o setor de refino de petróleo são os mais preponderantes nas variações positivas do efeito intensidade.

Figura 17 – Efeito Intensidade do N<sub>2</sub>O por setores nos países do G-7

Fonte: figura elaborada pelo autor a partir da decomposição estrutural dos dados do WIOD (2012).

Isso corrobora com o fato que a busca pelo crescimento econômico ser um fator essencial para o acréscimo das emissões, mas como aborda-se neste trabalho o mal uso dos recursos, a tecnologia obsoleta, e a abundância de recursos naturais também contribuem para o desperdício e uso inapropriado destes recursos. O BRIC se mantém nesta lógica da necessidade do uso exacerbado dos recursos naturais não renováveis para incrementar as taxas de crescimento de suas economias.

Figura 18 – Efeito Intensidade do N<sub>2</sub>O por setores nos países do BRIC

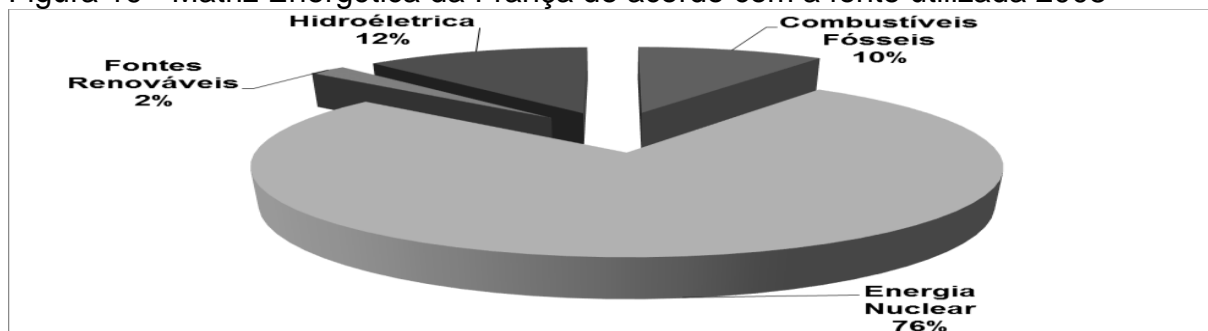
Fonte: figura elaborada pelo autor a partir da decomposição estrutural dos dados do WIOD (2012).

Destaca-se as emissões resultantes da queima de combustíveis fósseis em motores de combustão interna. O N<sub>2</sub>O é o principal regulador natural do ozônio estratosférico. Por conseguinte, de acordo com a tabela 1 do início desta pesquisa, o potencial de aquecimento global deste é 310 vezes maior que do CO<sub>2</sub>.

No caso da França, a sua matriz energética utiliza pouco combustíveis fósseis, e representa uma das principais economias do G-7, esta têm-se utilizado

mais de energia nuclear<sup>43</sup> que também é uma fonte de energia não renovável, no entanto, usa somente 10% de combustíveis fósseis conforme demonstra a figura 18. Mas como demais países desenvolvidos falta avançar em fontes renováveis, pois neste caso deixa a dever totalizando apenas 2%.

Figura 19 - Matriz Energética da França de acordo com a fonte utilizada 2008



Fonte: Mercados Energéticos (2008).

A França, já apresenta reduções significativas no setor de Refino de Petróleo como demonstra a tabela 9, geralmente emissões de N<sub>2</sub>O estão ligados ao uso do setor de automóveis como exposta anteriormente, entretanto, observa-se acréscimos no efeito intensidade no extrativismo mineral e reduções no efeito tecnologia no mesmo setor. Isto é explicado por um aumento das emissões no setor específico do extrativismo mineral, e reduções com uso da tecnologia na cadeia produtiva como um todo deste setor.

A propósito, o crescimento das emissões de N<sub>2</sub>O na China atinge patamares muito altos, por exemplo, no setor de saúde e assistência social com acréscimos de 433,58% durante o período estudado, além desse fator este gás têm aplicação na área médica e na odontologia, pois possui efeito analgésico, a adição de N<sub>2</sub>O permite a redução do uso de agentes anestésicos mais caros.

---

<sup>43</sup> A energia nuclear é considerada energia não renovável, pois se utiliza-se de urânio, que é matéria-prima necessária para resultar nos processos de fissão e fusão nuclear. No entanto, apesar de não contribuir de forma significativa para o aumento dos gases do efeito estufa gera uma série de riscos potenciais como: perigo de explosão, contaminação radioativa, e resíduos.

Tabela 8 – Efeito Intensidade e Tecnologia do N<sub>2</sub>O por setores nos países do G-7 e BRIC

Países	Maior variação percentual positiva		Menor variação percentual negativa	
	Efeito Intensidade	Efeito Tecnologia	Efeito Intensidade	Efeito Tecnologia
Estados Unidos	Eletricidade, gás e água 24,04%	Aluguel de Equipamentos para empresas e outras atividades comerciais 0,58%	Intermediação financeira -87,34%	Eletricidade, gás e água -42,04%
Japão	Extrativismo mineral 97,66%	Transporte aquático 22,95%	Aluguel de Equipamentos para empresas e outras atividades comerciais -73,96%	Outros minerais não metálicos -28,55%
Alemanha	Madeira e produtos da madeira 192,92%	Transporte aquático 46,23%	Transporte aquático -127,29%	Extrativismo mineral -43,80%
Reino Unido	Transporte aéreo 70,85%	Aluguel de Equipamentos para empresas e outras atividades comerciais 23,76%	Transporte aquático -93,50%	Eletrônicos e equipamentos ópticos -34,57%
França	Extrativismo mineral 263,33%	Borracha e plástico 34,68%	Refino de petróleo e combustível nuclear -138,51%	Extrativismo mineral -71,61%
Itália	Refino de petróleo e combustível nuclear 48,09%	Correios e Telecomunicações 24,42%	Indústria química -87,62%	Transporte aéreo -40,04%
Canadá	Vestuário 47,94%	Extrativismo mineral 18,76%	Extrativismo mineral -40,96%	Vestuário -28,53%
Brasil	Refino de petróleo e combustível nuclear 94,40%	Extrativismo mineral 17,25%	Indústria química -61,24%	Madeira e produtos da madeira -55,19%
Rússia	Equipamentos de transporte 150,79%	Venda, Manutenção e reparação de veículos automotores 63,12%	Intermediação financeira -132,68%	Equipamentos de transporte -64,20%
Índia	Transporte aquático 189,31%	Correios e Telecomunicações 147,21%	Atividades imobiliárias exceto construção -134,61%	Madeira e produtos da madeira -44,13%
China	Saúde e Assistência Social 433,58%	Eletrônicos e equipamentos ópticos 115,04%	Comércio no Atacado -121,67%	Agropecuária, caça, silvicultura e pesca -4,22%

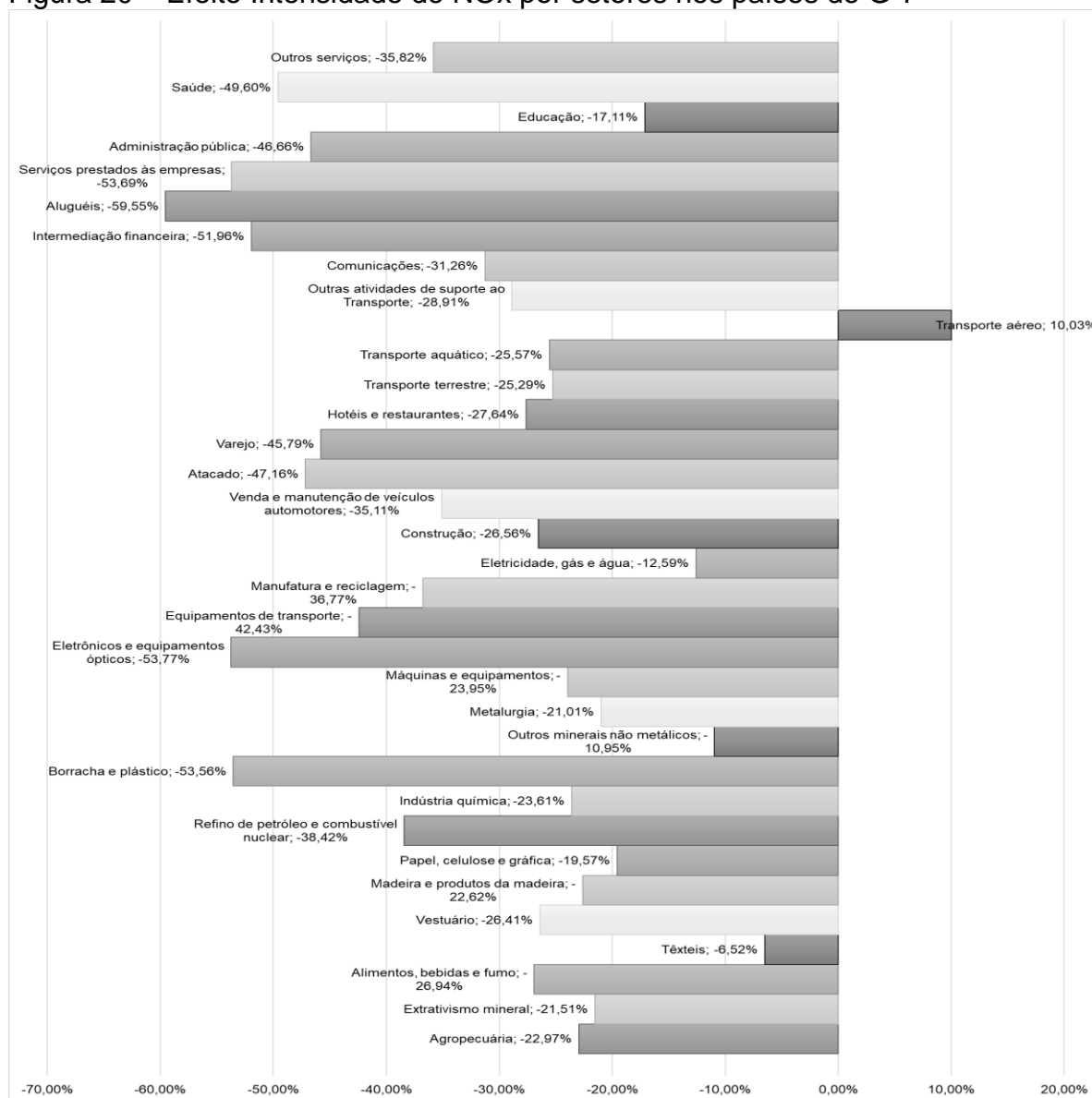
Fonte: tabela elaborada pelo autor a partir da decomposição estrutural dos dados do WIOD (2012).

Os óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), são emitidos em grande parte por motores, estufas, incineradores, caldeiras e principalmente em indústrias químicas. Notemos, que o NO<sub>x</sub> é o termo mais geral para diversos poluentes, como por exemplo, o estudado anteriormente como óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), também é considerado óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) os seguintes compostos: N<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (Hiponitrico), NO<sub>2</sub> (Dióxido de azoto), entre outros.

Quanto aos óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), estes tiveram reduções das emissões na maior parte dos setores econômicos do G-7 para os dados agrupados,

assim com apenas um efeito positivo relativo ao acréscimo percentual em relação ao transporte aéreo de 10,03%, conforme Figura 19.

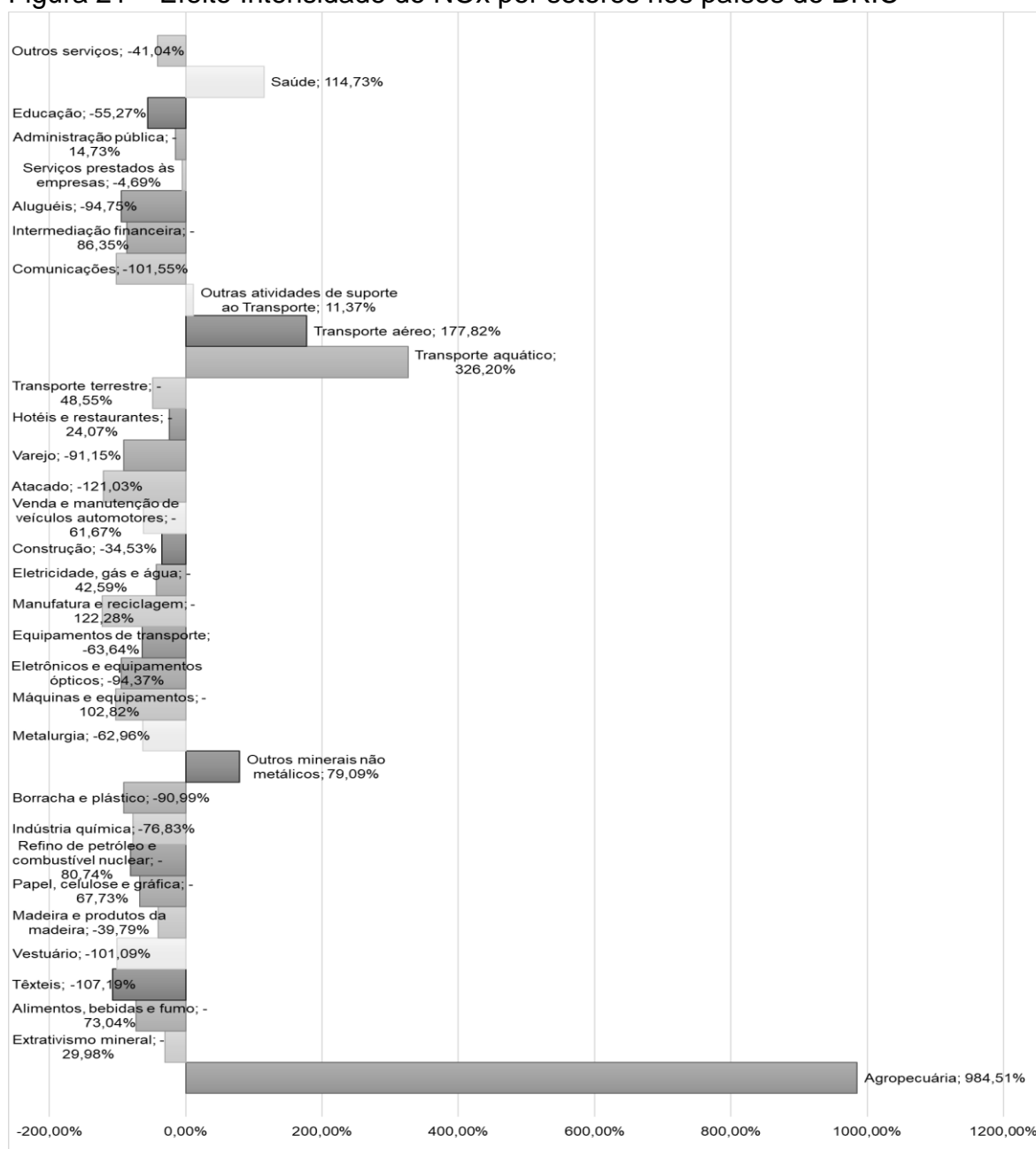
Figura 20 – Efeito Intensidade do NOx por setores nos países do G-7



Fonte: figura elaborada pelo autor a partir da decomposição estrutural dos dados do WIOD (2012).

Para tanto, reduções ao mesmo tempo são observadas no BRIC, a exceto alguns do setores como de transporte aquático com acréscimo de 326,20% e agropecuária de 984,51%. As economias do BRIC possuem uma produção interna e de exportação de bens agropecuários, Brasil e Índia são países voltados para o setor primário, assim a agropecuária é um setor crítico no BRIC conforme figura 20.

Figura 21 – Efeito Intensidade do NOx por setores nos países do BRIC



Fonte: figura elaborada pelo autor a partir da decomposição estrutural dos dados do WIOD (2012).

Diversos resultados de crescimento das emissões de NOx são observados na Alemanha, Reino Unido e França, já nos países do BRIC, a Índia apresenta grande variação no setor agropecuário no montante de 1322,25% quando considera-se sobretudo o efeito intensidade conforme tabela 10. Pois, pontua-se que além de

gás do efeito estufa este contribue para formação de chuva ácida e eutrofização<sup>44</sup> dos lagos.

Tabela 9 – Efeito Intensidade e Tecnologia do NOx por setores nos países do G-7 e BRIC

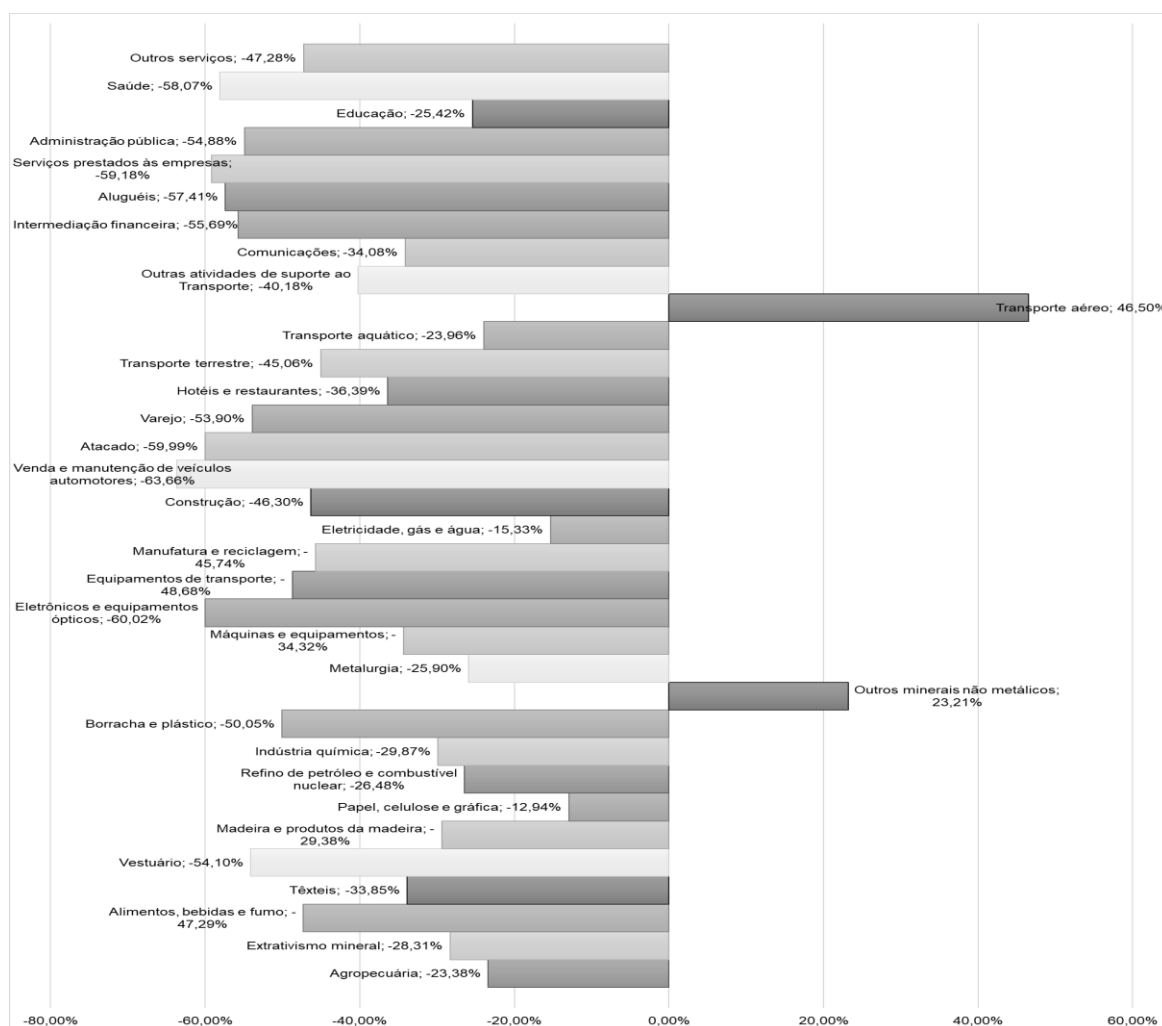
Países	Maior variação percentual positiva		Menor variação percentual negativa	
	Efeito Intensidade	Efeito Tecnologia	Efeito Intensidade	Efeito Tecnologia
Estados Unidos	Eletricidade, gás e água 24,04%	Intermediação financeira 7,44%	Intermediação financeira -87,34%	Eletricidade, gás e água -42,04%
Japão	Extrativismo mineral 66,95%	Transporte aquático 27,08%	Equipamentos de transporte -65,94%	Outros minerais não metálicos -24,12%
Alemanha	Madeira e produtos da madeira 155,87%	Transporte aquático 46,74%	Transporte aquático -127,39%	Extrativismo mineral -34,21%
Reino Unido	Transporte aéreo 80,49%	Transporte aquático 43,19%	Transporte aquático -87,83%	Extrativismo mineral -52,78%
França	Vestuário 44,78%	Refino de petróleo e combustível nuclear 64,17%	Refino de petróleo e combustível nuclear -137,50%	Extrativismo mineral -48,30%
Itália	Indústria química 37,58%	Correios e Telecomunicações 23,82%	Correios e Telecomunicações -76,22%	Transporte aéreo -35,81%
Canadá	Vestuário 33,40%	Extrativismo mineral 18,75%	Indústria química -47,21%	Vestuário -23,19%
Brasil	Agropecuária, caça, silvicultura e pesca 310,70%	Extrativismo mineral 19,53%	Correios e Telecomunicações -79,40%	Transporte aquático -32,15%
Rússia	Equipamentos de transporte 352,10%	Borracha e plástico 116,19%	Borracha e plástico -177,78%	Equipamentos de transporte -103,45%
Índia	Agropecuária, caça, silvicultura e pesca 1322,25%	Correios e Telecomunicações 119,54%	Correios e Telecomunicações -152,08%	Agropecuária, caça, silvicultura e pesca -101,44%
China	Agropecuária, caça, silvicultura e pesca 1207,40%	Outras atividades de suporte ao Transporte 106,70%	Manufatura e reciclagem -147,12%	Agropecuária, caça, silvicultura e pesca -42,23%

Fonte: tabela elaborada pelo autor a partir da decomposição estrutural dos dados do WIOD (2012).

Em referência as emissões de SOx, também causador da chuva ácida, este obteve acréscimos percentuais no efeito intensidade em relação ao G-7, principalmente no setor de transporte aéreo conforme figura 21. Já os países do BRIC tiveram resultados positivos em suma no setor agropecuário como demonstra a figura 22.

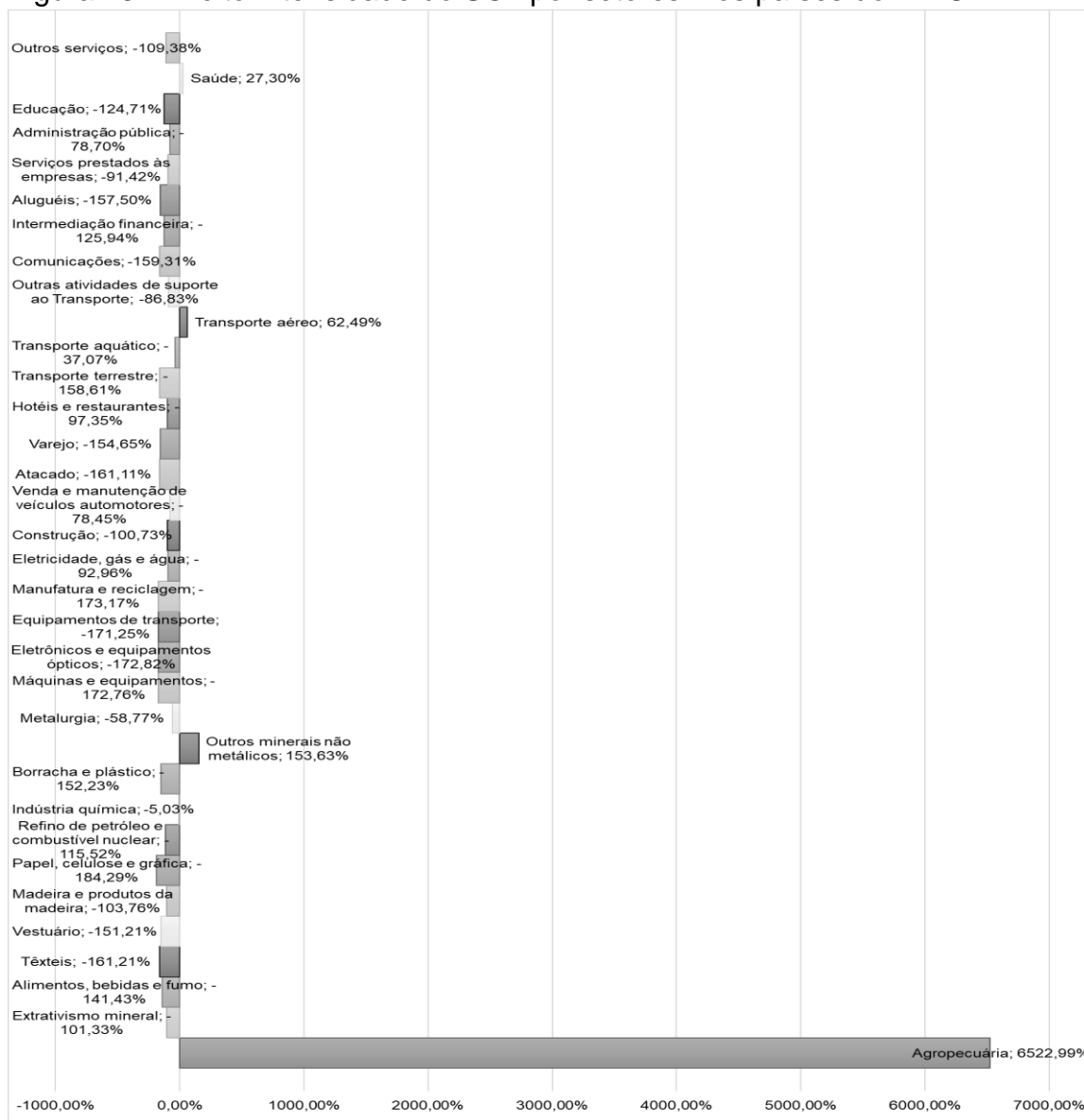
<sup>44</sup> crescimento excessivo de plantas aquáticas afetando a utilização da água para consumo humano, causados pela elevação dos níveis de fósforo e nitrogênio na água. Este problema é resultado dos restos industriais e, principalmente, pela utilização excessiva de adubos e pesticidas.

Figura 22– Efeito Intensidade do SOx por setores nos países do G-7



Fonte: figura elaborada pelo autor a partir da decomposição estrutural dos dados do WIOD (2012).

O Efeito intensidade (causado por variação no nível do uso de um indicador por unidade da produção total), aqui o indicador é o SOx, apresentado na figura 22 na forma de variações percentuais, abrangendo a soma dos efeitos intensidade por setor de cada país que compõe o BRIC. A agropecuária ganha destaque, pois como já exposto é um dos setores preponderante das atividades econômicas nestes países, ademais estes países utilizarem grande volume de fertilizantes que contém SOx.

Figura 23 – Efeito Intensidade do SO<sub>x</sub> por setores nos países do BRIC

Fonte: figura elaborada pelo autor a partir da decomposição estrutural dos dados do WIOD (2012).

No caso dos óxidos de enxofre (SO<sub>x</sub>), estes se originam do gás proveniente da oxidação dos compostos de enxofre obtido por combustíveis fósseis e da matéria orgânica quando advinda de queimadas. Igualmente, o SO<sub>x</sub> é emitido de forma natural através dos vulcões. Sendo, uma das principais causas da chuva ácida.

Logo, o uso de combustíveis fósseis na estrutura produtiva e queimadas de áreas de florestas para uso da agropecuária, têm elevado de forma antrópica estas emissões.

De acordo com a tabela 11, a China apresenta uma maior problemática no crescimento das emissões de SOx, onde o setor de transportes e a agropecuária tiveram crescimento percentual nas emissões. Já no G-7, a Alemanha obteve forte crescimento no setor econômico da agropecuária, totalizando 136,20% para o período.

Segundo Hinrichs, Kleinbach e Reis (2014) os óxidos de enxofre tem diversos efeitos nocivos à saúde, como aumento das taxas de mortalidades e de doenças graves, como danos ao sistema respiratório. Sobretudo, o carvão utilizado no setor produtivo das principais economias mundiais contém 6% de enxofre por peso e sua queima corresponde pela maior parte das emissões, aproximadamente 11 milhões de toneladas ano.

Observa-se na tabela 11 reduções das emissões no G-7 do gás SOx no âmbito do setor de extrativismo mineral, derivado ocasionalmente por mudanças no uso de insumos e na tecnologia empregada na cadeia produtiva, considera-se os resultados percentuais da Alemanha e Reino Unido. Entretanto, no Brasil, Rússia, China e Índia, as reduções estão vinculadas ao setor da agropecuária.

**Tabela 10 – Efeito Intensidade e Tecnologia do SOx por setores nos países do G-7 e BRIC**

Países	Maior variação percentual positiva		Menor variação percentual negativa	
	Efeito Intensidade	Efeito Tecnologia	Efeito Intensidade	Efeito Tecnologia
Estados Unidos	Transporte aéreo 57,91%	Intermediação financeira 8,51%	Atividades imobiliárias exceto construção -75,82%	Transporte aquático -43,21%
Japão	Transporte aéreo 121,66%	Transporte aquático 27,90%	Equipamentos de transporte -72,00%	Outros minerais não metálicos -32,72%
Alemanha	Agropecuária, caça, silvicultura e pesca 136,20%	Transporte aquático 44,65%	Transporte aquático -120,23%	Extrativismo mineral -36,16%
Reino Unido	Transporte aéreo 96,93%	Transporte aquático 42,87%	Venda, Manutenção e reparação de veículos automotores -128,29%	Extrativismo mineral -43,50%
França	Vestuário 8,29%	Refino de petróleo e combustível nuclear 50,18%	Refino de petróleo e combustível nuclear -134,86%	Transporte aquático -35,82%
Itália	Outros serviços comunitários, sociais e pessoais 78,42%	Aluguel de Equipamentos para empresas e outras atividades comerciais 8,54%	Correios e Telecomunicações -129,60%	Transporte aéreo -39,79%
Canadá	Vestuário 33,28%	Refino de petróleo e combustível nuclear 19,23%	Refino de petróleo e combustível nuclear -51,36%	Vestuário -21,87%
Brasil	Agropecuária, caça, silvicultura e pesca	Extrativismo mineral 15,04%	Correios e Telecomunicações	Agropecuária, caça, silvicultura e pesca

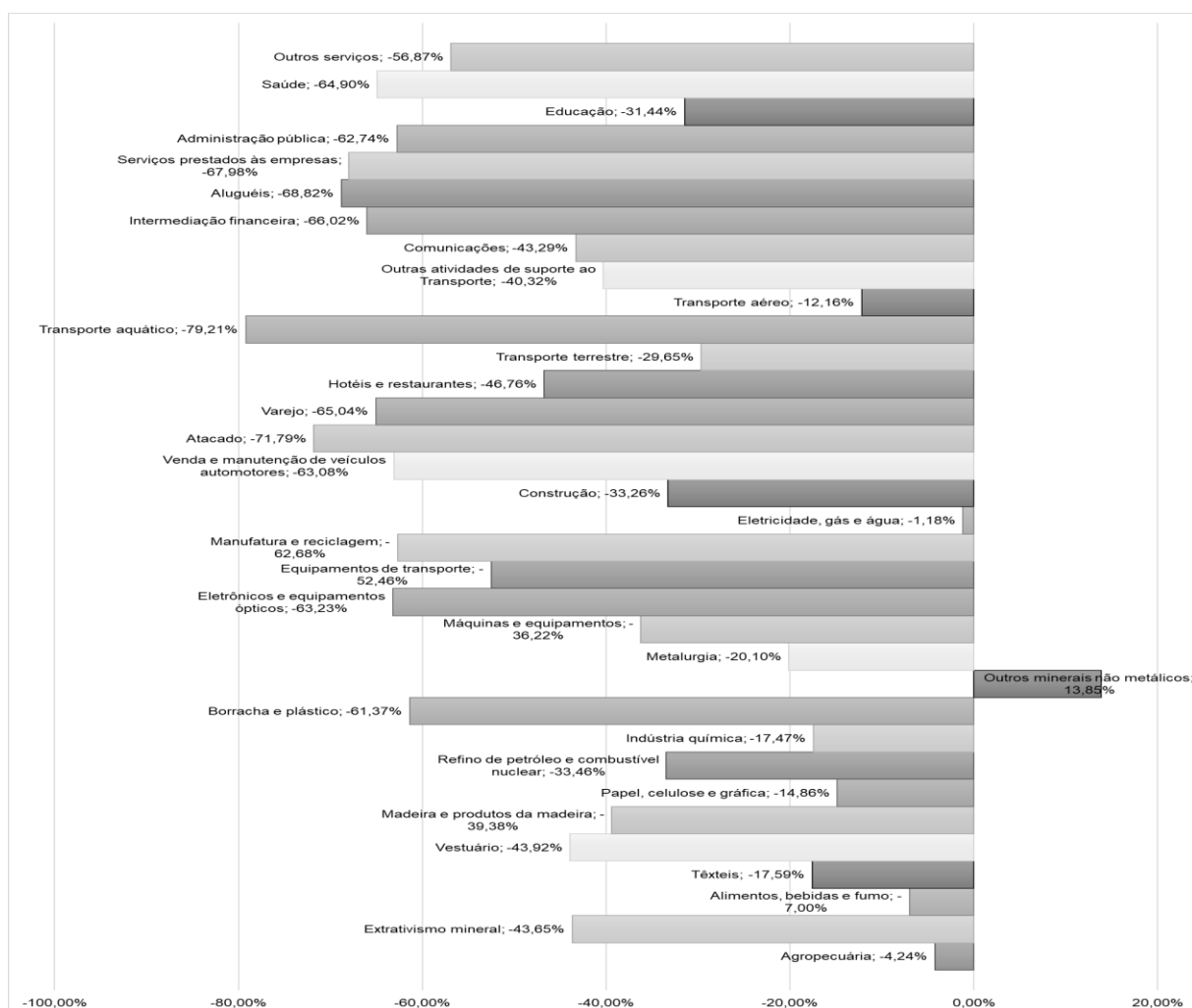
	1067,52%		-107,73%	-26,54%
Rússia	Agropecuária, caça, silvicultura e pesca 2476,79%	Borracha e plástico 109,99%	Borracha e plástico -252,43%	Agropecuária, caça, silvicultura e pesca -180,90%
Índia	Agropecuária, caça, silvicultura e pesca 7375,58%	Aluguel de Equipamentos para empresas e outras atividades comerciais 45,74%	Papel, celulose e gráfica -244,62%	Agropecuária, caça, silvicultura e pesca -465,37%
China	Agropecuária, caça, silvicultura e pesca 7522,66%	Outras atividades de suporte ao Transporte 111,44%	Papel, celulose e gráfica -220,31%	Agropecuária, caça, silvicultura e pesca -216,09%

Fonte: tabela elaborada pelo autor a partir da decomposição estrutural dos dados do WIOD (2012).

Quanto as fontes naturais de emissão de CO, tem-se, os vulcões; e as fontes antrópicas relacionados a queima de combustíveis fósseis e usina termoeletricas. Também são causadoras da elevação das emissões de CO as queimadas e o gás emitido do escapamento dos veículos.

Em relação ao monóxido de carbono (CO), as novas tecnologias e a melhoria da composição dos insumos sobretudo no setor de automóveis e maior controle das queimadas nos países do G-7 coadunam com a redução do efeito intensidade do CO apresentado na figura 23.

Figura 24 – Efeito Intensidade do CO por setores nos países do G-7

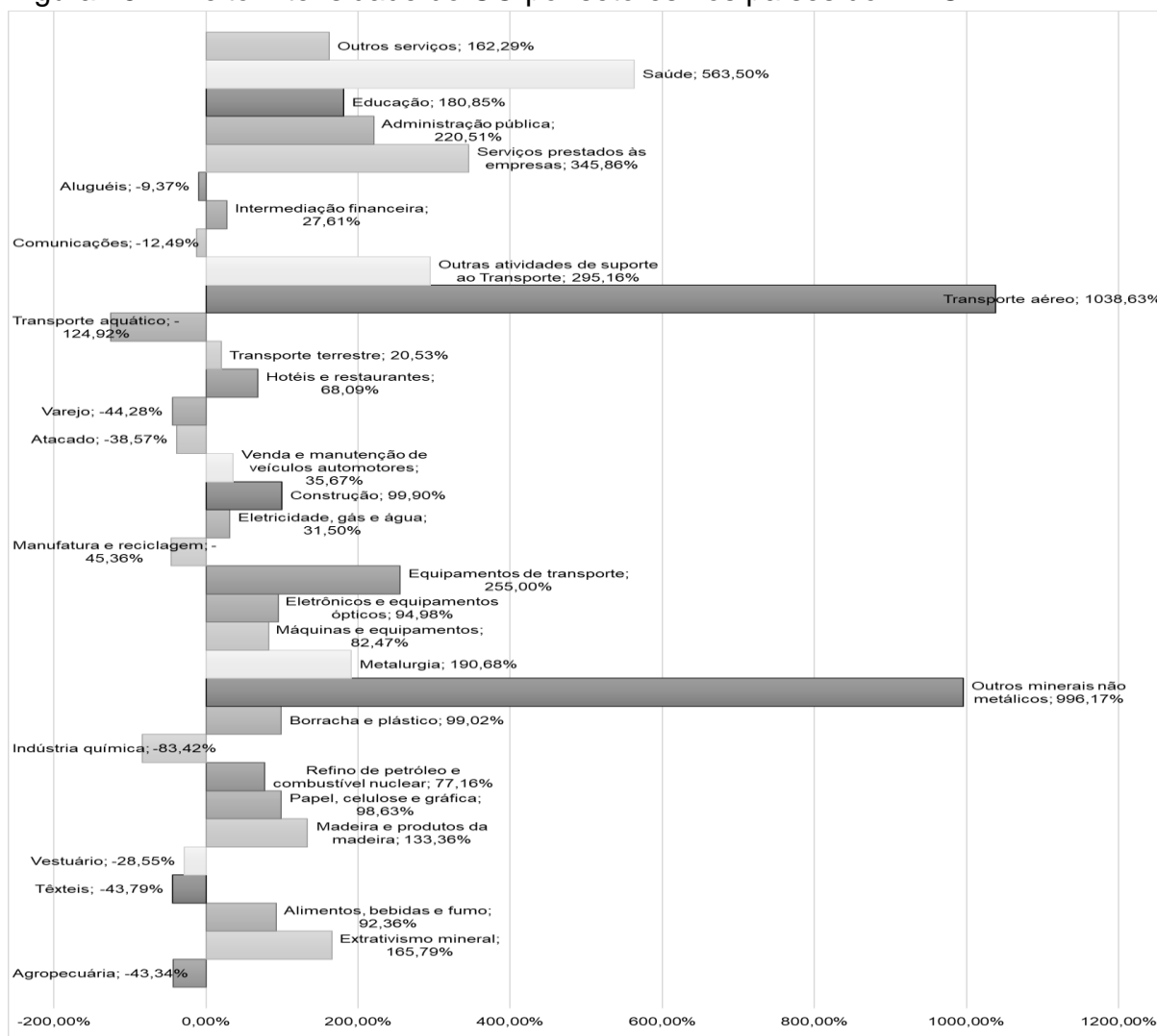


Fonte: figura elaborada pelo autor a partir da decomposição estrutural dos dados do WIOD (2012).

Entretanto, já nos países do BRIC, como aponta-se na Figura 24, o setor de transporte aéreo obteve as maiores variações percentuais positivas de 1308,63%, agravadas pelo uso de combustível fóssil. O setor de transportes terrestres e atividades ligadas a este setor tiveram acréscimos.

Adversamente do G-7, encontra-se variações positivas no BRIC, com aumento do desmatamento oriundo das queimadas, observa-se que o setor de papel, celulose e gráfica obteve acréscimo de 98,63%, a indústria da madeira chegou ao patamar de 133,36% de crescimento das variações percentuais das emissões para o efeito intensidade. Já os processos industriais como manufatura e reciclagem, indústria química e têxtil diminuíram as emissões de CO.

Figura 25 – Efeito Intensidade do CO por setores nos países do BRIC



Fonte: figura elaborada pelo autor a partir da decomposição estrutural dos dados do WIOD (2012).

Na sequência, temos a tabela 12, que descreve os efeitos intensidade e tecnologia do monóxido de carbono (CO), sendo que as emissões cresceram demasiadamente na China e Índia.

Na tabela 12 obtém-se dados da demonstração do esforço na diminuição das emissões desse gás, especialmente no setor de transportes dos países do G-7, com a diminuição do uso do transporte aquático, a exemplo dos EUA e Japão.

A utilização de automóveis que emitem menos CO e uso de maior tecnologia, ou dos que usam fontes alternativas, percebe-se que o efeito intensidade e tecnologia vieram diminuindo consideravelmente no período da pesquisa para o

setor de transporte terrestre. Porventura, reduções no setor de transporte aquático e aéreo são observadas também no Brasil.

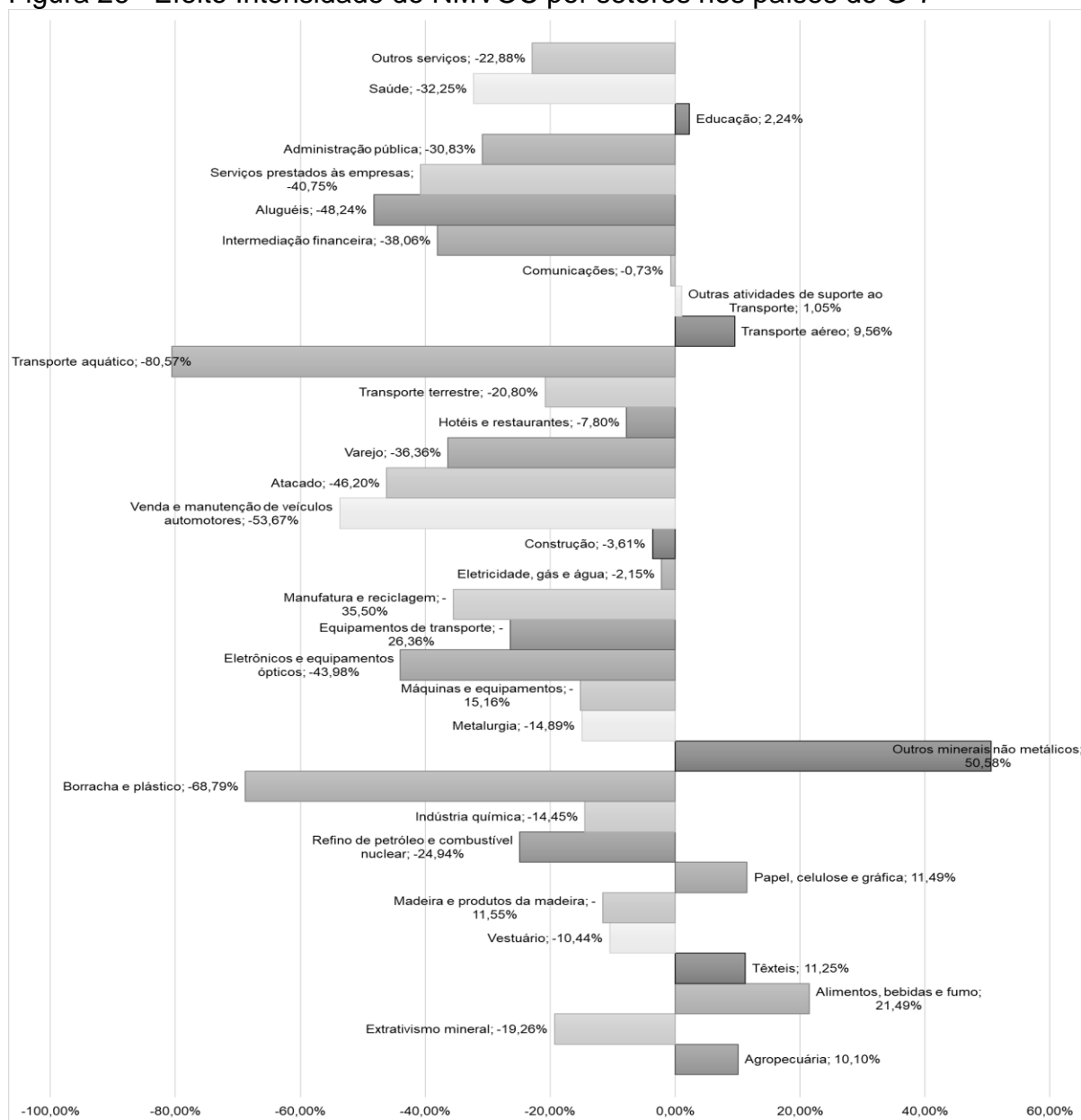
Tabela 11– Efeito Intensidade e Tecnologia do CO por setores nos países do G-7 e BRIC

Países	Maior variação percentual positiva		Menor variação percentual negativa	
	Efeito Intensidade	Efeito Tecnologia	Efeito Intensidade	Efeito Tecnologia
Estados Unidos	Outros minerais não metálicos 20,18%	Intermediação financeira 7,44%	Transporte aquático -80,20%	Eletricidade, gás e água -39,94%
Japão	Metalurgia 45,13%	Aluguel de Equipamentos para empresas e outras atividades comerciais 21,61%	Transporte aquático -92,59%	Outros minerais não metálicos -24,12%
Alemanha	Vestuário 53,96%	Transporte aquático 44,25%	Transporte aquático -136,47%	Extrativismo mineral -37,73%
Reino Unido	Transporte aéreo 54,34%	Transporte aquático 43,03%	Venda, Manutenção e reparação de veículos automotores -101,19%	Extrativismo mineral -43,41%
França	Transporte aquático 38,79%	Refino de petróleo e combustível nuclear 62,13%	Refino de petróleo e combustível nuclear -131,72%	Transporte aquático -65,67%
Itália	Transporte aéreo 45,69%	Correios e Telecomunicações 19,61%	Correios e Telecomunicações -106,50%	Transporte aéreo -44,13%
Canadá	Vestuário 26,77%	Metalurgia 19,89%	Transporte aquático -52,53%	Vestuário -18,78%
Brasil	Transporte aéreo 448,92%	Extrativismo mineral 77,61%	Transporte aquático -72,01%	Transporte aéreo -130,18%
Rússia	Transporte aéreo 993,72%	Venda, Manutenção e reparação de veículos automotores 137,00%	Intermediação financeira -173,64%	Equipamentos de transporte -207,13%
Índia	Madeira e produtos da madeira 1800,25%	Correios e Telecomunicações 125,26%	Correios e Telecomunicações -155,20%	Madeira e produtos da madeira -118,71%
China	Saúde e Assistência Social 754,90%	Outras atividades de suporte ao Transporte 139,16%	Comércio no Atacado -138,27%	Comércio no Atacado -5,59%

Fonte: tabela elaborada pelo autor a partir da decomposição estrutural dos dados do WIOD (2012).

Quanto as emissões de NMVOC, os países do G-7 tiveram em alguns setores resultados de crescimento das emissões deste GEE, a exemplo, o setor de outros minerais não metálicos, e alimentos bebidas e fumo, conforme figura 25.

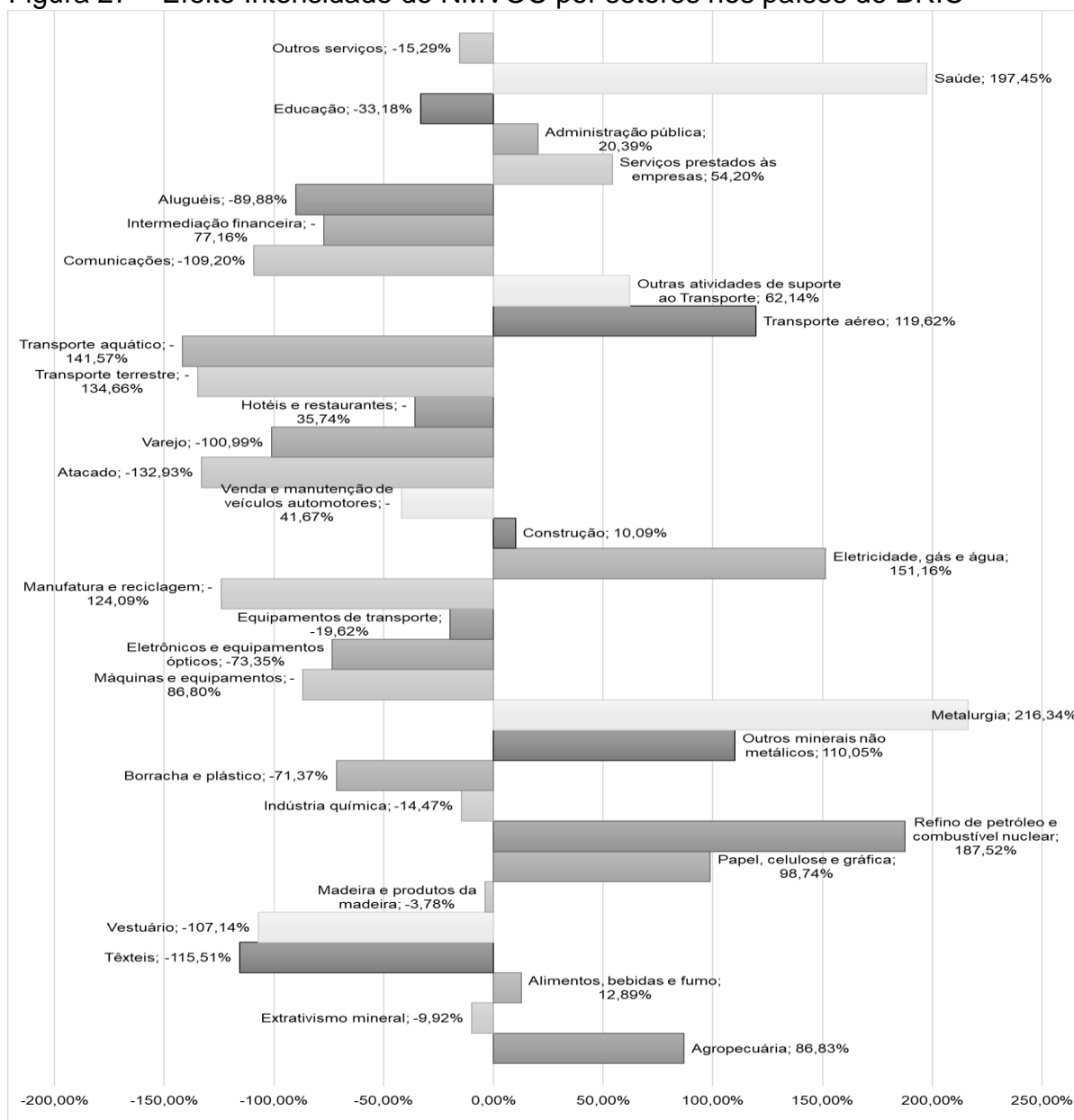
Figura 26– Efeito Intensidade do NMVOC por setores nos países do G-7



Fonte: figura elaborada pelo autor a partir da decomposição estrutural dos dados do WIOD (2012).

Todavia, os países do BRIC apresentaram resultados piores, pois tiveram diversos setores com resultados que representaram acréscimo nas emissões de NMVOC, como metalurgia, refino de petróleo, eletricidade, saúde e transporte aéreo.

Figura 27 – Efeito Intensidade do NMVOC por setores nos países do BRIC



Fonte: figura elaborada pelo autor a partir da decomposição estrutural dos dados do WIOD (2012).

Os compostos orgânicos voláteis não metanos (NMVOC) são emitidos por uma série de atividades, incluindo combustão, uso de solventes e processos de produção. Estes contribuem para a formação de ozônio no solo, que pode prejudicar a saúde humana. Assim, como na aplicação de tintas, no processamento de espumas, na indústria de impressão, tem-se exemplos de atividades que eliminam o NMVOC.

Este gás do efeito estufa possui poucas pesquisas relacionadas assim como dados nos sites institucionais de cada país. Desse modo, é relevante o estudo acerca do NMVOC para a compreensão da totalidade dos efeitos do GEE na mudança climática global. De acordo com a tabela 13, a China apresenta crescimento destas emissões no setor de saúde e assistência social, bem como no setor de eletricidade, gás e água. No G-7, tem-se que a Alemanha, a França e a Itália apresentaram reduções no setor de transporte aéreo e aquático. Já no setor de papel e celulose da Alemanha observa-se acréscimos quanto ao efeito intensidade das emissões.

Sopesando os resultados dos países EUA e Japão, os mesmos obtiveram reduções das emissões de NMVOC no setor de transportes, enquanto apresentaram crescimento no setor de outros minerais não-metálicos.

Tabela 12 – Efeito Intensidade e Tecnologia do NMVOC por setores nos países do G-7 e BRIC

Países	Maior variação percentual positiva		Menor variação percentual negativa	
	Efeito Intensidade	Efeito Tecnologia	Efeito Intensidade	Efeito Tecnologia
Estados Unidos	Outros minerais não metálicos 71,01%	Intermediação financeira 9,81%	Transporte aquático -80,28%	Eletricidade, gás e água -38,90%
Japão	Outros minerais não metálicos 105,28%	Aluguel de Equipamentos para empresas e outras atividades comerciais 32,00%	Transporte aquático -92,58%	Outros minerais não metálicos -36,33%
Alemanha	Papel, celulose e gráfica 191,63%	Transporte aquático 46,49%	Transporte aquático -129,01%	Extrativismo mineral -42,65%
Reino Unido	Agropecuária, caça, silvicultura e pesca 189,78%	Transporte aquático 41,80%	Aluguel de Equipamentos para empresas e outras atividades comerciais -95,98%	Extrativismo mineral -34,90%
França	Transporte aquático 31,37%	Refino de petróleo e combustível nuclear 65,15%	Refino de petróleo e combustível nuclear -137,60%	Transporte aquático -64,22%
Itália	Transporte aéreo 41,99%	Correios e Telecomunicações 19,81%	Correios e Telecomunicações -105,53%	Transporte aéreo -47,44%
Canadá	Vestuário 37,93%	Extrativismo mineral 19,07%	Transporte aquático -54,44%	Vestuário -22,79%
Brasil	Refino de petróleo e combustível nuclear 111,81%	Extrativismo mineral 31,52%	Equipamentos de transporte -65,46%	Venda, Manutenção e reparação de veículos automotores -41,80%
Rússia	Equipamentos de transporte 431,84%	Borracha e plástico 84,47%	Intermediação financeira -153,14%	Equipamentos de transporte -119,23%
Índia	Metalurgia 301,31%	Correios e Telecomunicações	Transporte aéreo -190,77%	Madeira e produtos da madeira

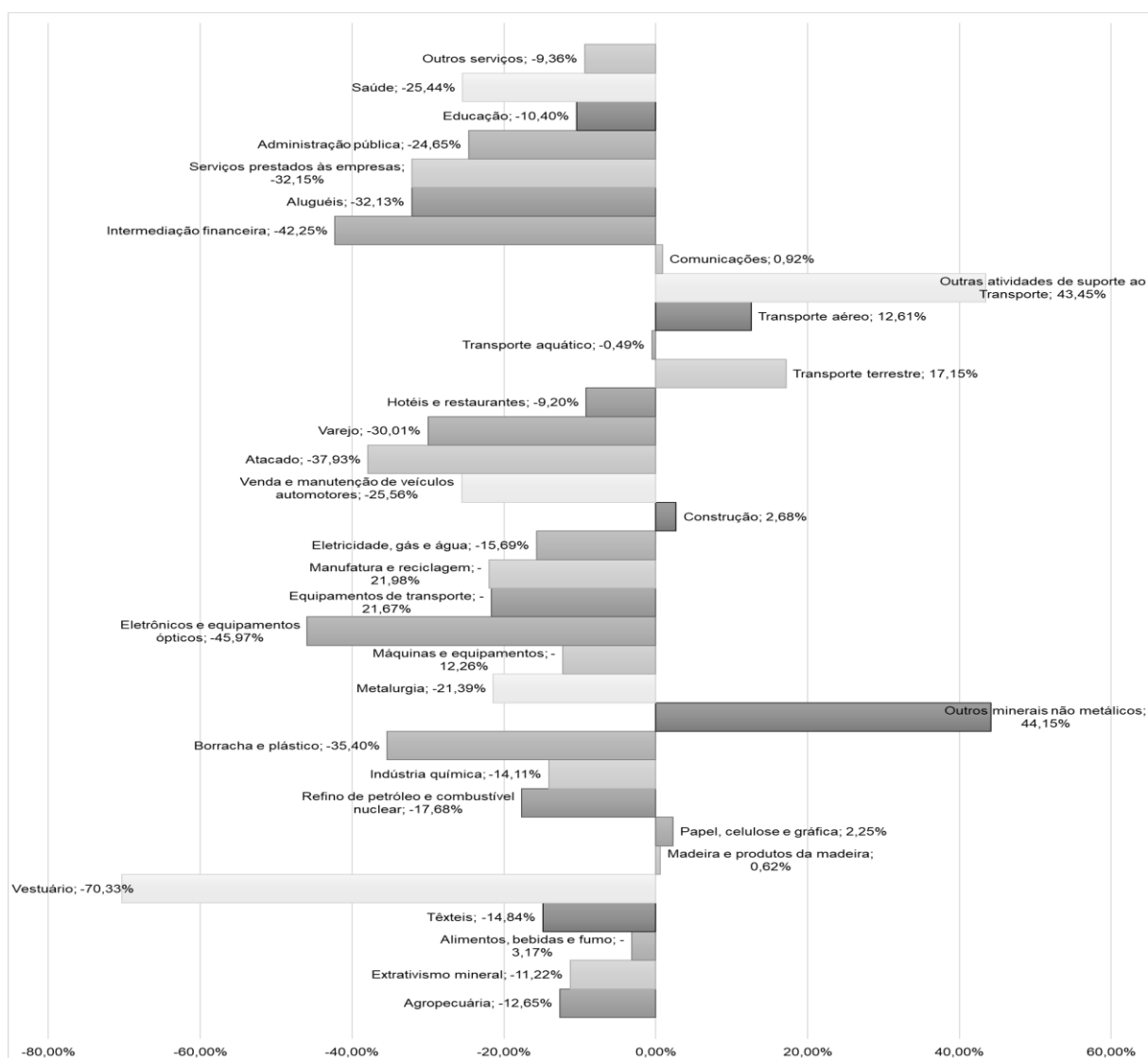
		136,51%		-58,85%
China	Saúde e Assistência Social	Eletricidade, gás e água	Transporte terrestre	Comércio no Atacado
	696,02%	189,27%	-207,32%	-21,58%

Fonte: tabela elaborada pelo autor a partir da decomposição estrutural dos dados do WIOD (2012).

O NH<sub>3</sub>, gás denominado de amônia, produzido pela indústria química, é base para a fabricação de produtos farmacêuticos, assim como é encontrado no ar condicionado industrial e câmaras frigoríficas. Outrossim, o NH<sub>3</sub> pode ter origem natural através da decomposição da matéria orgânica.

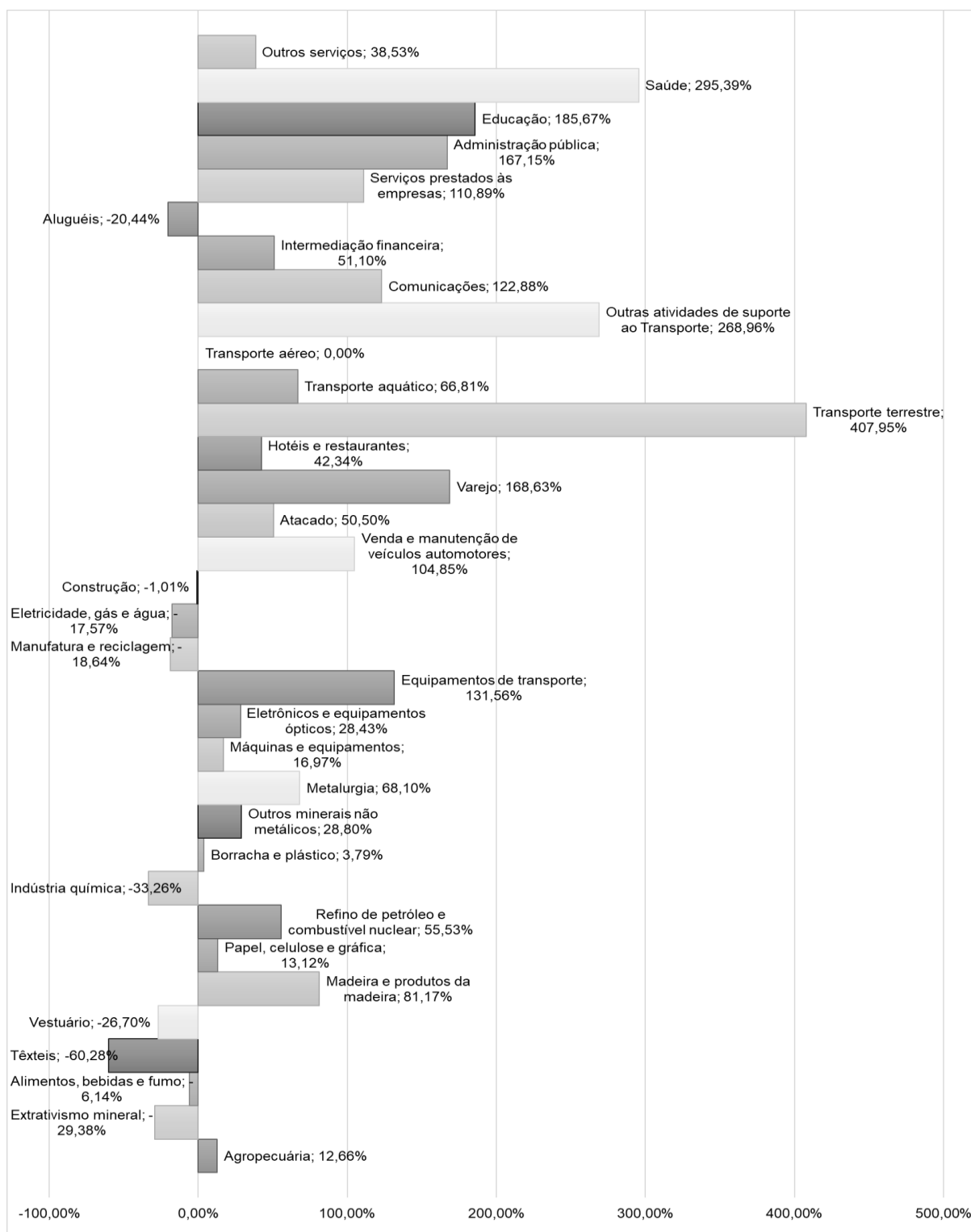
Dados do site Eurostat referente ao ano de 2017 corroboram também com os resultados desta pesquisa, pois acerca da União Europeia, em que fazem parte países do G-7 (Alemanha, França e Itália), e que são as principais economias da União Europeia atualmente, demonstram que nos últimos 26 anos (1990 a 2015), a União Europeia registrou reduções nas emissões de vários poluentes atmosféricos. A maior queda foi reportada para óxidos de enxofre (SOx) que diminuíram quase 90%, seguidos de compostos orgânicos voláteis não metanos (NMVOC) que diminuíram quase 60%, enquanto a menor diminuição foi relatada para amônia (NH<sub>3</sub>).

Sendo utilizado na produção de fertilizantes, e no refino de petróleo, o NH<sub>3</sub> apresenta diversos riscos à saúde humana quando inalado, como problemas respiratórios, considerado também um dos gases causadores do efeito estufa

Figura 28 – Efeito Intensidade do NH<sub>3</sub> por setores nos países do G-7

Fonte: figura elaborada pelo autor a partir da decomposição estrutural dos dados do WIOD (2012).

Portanto, existe uma preocupação na conjectura da política governamental com a redução dos GEE nestes países do G-7 que fazem parte da Europa, sobretudo também o NH<sub>3</sub>. Ademais, conforme demonstra a figura 27, o setor de outros minerais não metálicos e o setor de transportes, especialmente o terrestre, são os principais emissores dificultando o atingimento das metas de redução.

Figura 29 – Efeito Intensidade do NH<sub>3</sub> por setores nos países do BRIC

Fonte: figura elaborada pelo autor a partir da decomposição estrutural dos dados do WIOD (2012).

No BRIC, de acordo com a figura 28, quase todos os setores apresentaram variações positivas, com acréscimos altos no efeito intensidade na qual o transporte terrestre aparece como causador do aumento das emissões.

De acordo com a tabela 14, observa-se que o setor de minerais não metálicos da Itália teve forte crescimento nas emissões correspondendo a 3090,02% no período estudado, e quanto ao efeito tecnologia a Rússia apresentou crescimento de 239,91%. A propósito, reduções significativas sobre o efeito intensidade são apresentadas na Alemanha no setor de transporte aquático e nos EUA sobre o efeito tecnologia, isto demonstra na Alemanha a substituição do transporte aquático, por outros meios de transporte, e nos EUA a melhoria da tecnologia agregada neste setor apresentando redução na ordem de 52,62%.

Tabela 13 – Efeito Intensidade e Tecnologia do NH<sub>3</sub> por setores nos países do G-7 e BRIC

Países	Maior variação percentual positiva		Menor variação percentual negativa	
	Efeito Intensidade	Efeito Tecnologia	Efeito Intensidade	Efeito Tecnologia
Estados Unidos	Transporte terrestre 88,02%	Intermediação financeira 12,24%	Refino de petróleo e combustível nuclear -38,87%	Transporte aquático -56,62%
Japão	Extrativismo mineral 21,80%	Aluguel de Equipamentos para empresas e outras atividades comerciais 21,40%	Aluguel de Equipamentos para empresas e outras atividades comerciais -73,60%	Extrativismo mineral -22,75%
Alemanha	Manufatura e reciclagem 144,39%	Transporte aquático 46,34%	Transporte aquático -122,08%	Extrativismo mineral -35,50%
Reino Unido	Transporte aéreo 921,87%	Aluguel de Equipamentos para empresas e outras atividades comerciais 16,35%	Transporte aquático -118,02%	Transporte aéreo -276,25%
França	Outros serviços comunitários, sociais e pessoais 123,18%	Refino de petróleo e combustível nuclear 57,36%	Refino de petróleo e combustível nuclear -130,68%	Transporte aquático -65,86%
Itália	Outros minerais não metálicos 3090,02%	Correios e Telecomunicações 18,82%	Correios e Telecomunicações -104,85%	Outros minerais não metálicos -779,63%
Canadá	Vestuário 51,23%	Extrativismo mineral 25,55%	Extrativismo mineral -58,25%	Vestuário -30,43%
Brasil	Educação 97,80%	Intermediação financeira 26,66%	Extrativismo mineral -18,60%	Madeira e produtos da madeira -58,66%
Rússia	Transporte terrestre 687,43%	Correios e Telecomunicações 239,91%	Madeira e produtos da madeira -70,43%	Equipamentos de transporte -151,37%
Índia	Transporte terrestre 295,46%	Correios e Telecomunicações 192,84%	Manufatura e reciclagem -112,33%	Madeira e produtos da madeira -43,70%

China	Transporte terrestre 1003,73%	Outras atividades de suporte ao Transporte 214,26%	Equipamentos de transporte -91,04%	Comércio no Varejo -11,57%
-------	----------------------------------	---	--	-------------------------------

Fonte: tabela elaborada pelo autor a partir da decomposição estrutural dos dados do WIOD (2012).

Contudo, destaca-se os resultados do Canadá e do Brasil, que não apresentaram setores com grande volume de emissões durante o período estudado, apesar de elencar alguns setores com crescente aumento das emissões, nenhum setor apresentou resultado percentual acima de outros países. Destaca-se o desempenho médio dos EUA e Japão nas observações citadas quando representados junto ao conjunto dos GEE.

O debate entre o G-7 versus o BRIC leva aos comparativos entre as principais economias do mundo, na contraposição de economia desenvolvidas e economias em desenvolvimento..

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho científico contemplou oito GEE, para ter um cenário mais completo das emissões atmosféricas em relação a estrutura produtiva das economias desenvolvidas representadas pelo G-7 e das economias em desenvolvimento representadas pelo BRIC.

As economias desenvolvidas, aqui elencadas dos países do G-7 obtiveram resultados mais significativos quanto as reduções das emissões de GEE no período estudado, a pesquisa também elucidou alguns dos principais setores responsáveis pelo crescimento das emissões nestes países.

Quanto ao BRIC os resultados foram representativos quando considerados em relação ao G-7. Especialmente em relação ao uso de sua estrutura produtiva e sua modernização, pois apresentaram acréscimos percentuais nas emissões de GEE na maioria dos setores produtivos de suas economias, como descreve as figuras 3 a 10 desta pesquisa em relação aos efeitos tecnologia e estrutura da demanda.

Nesta pesquisa, não cabe discutir o desígnio do maior poluidor ou menor poluidor, mesmo que tais resultados levem *a priori* a esta consideração, e sim os países que mais vem contribuindo quanto ao crescimento da poluição e uso de sua estrutura produtiva, sabe-se que não foi avaliado o efeito da exportação da poluição das economias do G-7, que pode estar agregado a diversas empresas transnacionais que exportam suas plantas industriais para produzir, por exemplo na China onde a mão de obra é mais barata, ou em pequenas economias onde coexistem leis ambientais mais brandas. Mas isso não isenta de responsabilidade as economias do BRIC de firmar de forma mais contundente os acordos do clima no âmbito mundial.

A China com suas elevadas taxas de crescimento econômico nas últimas décadas apresentou maior exploração dos recursos naturais disponíveis em seu território. Mudanças na estrutura da demanda em prol do meio ambiente são observadas de forma mais contundente nos países do G-7 que no BRIC.

Não obstante, as observações do BRIC não podem ser unicamente relacionadas ao crescimento econômico, até porque neste período alguns países apresentaram baixo crescimento econômico, como o Brasil, e também obtiveram aumento das variações percentuais das emissões. Assim, o uso dos insumos e da tecnologia, além das condições de trabalho, a técnica de aproveitamento dos recursos naturais são condições determinantes para a melhoria das reduções das emissões de GEE. Os recursos naturais em abundância presente nos países do BRIC e seu uso a partir de pouco controle institucional presume a piora dos resultados referente ao GEE em sua estrutura produtiva.

A grande dificuldade nas economias desenvolvidas do G-7 está na precificação dos custos para as empresas, pois gera novas despesas para um ambiente global de recessão, já os mais otimistas falam na oportunidade de mercado para energia limpas nos países desenvolvidos. Já nas economias em desenvolvimento como o BRIC, outras tentativas de redução das emissões estão relacionadas a economia de energia, uso eficiente do sistema de transportes, ações relativas ao processo de desmatamento, e busca de combustíveis alternativos.

Seguindo este pressuposto, conclui-se que o BRIC suscita um cenário de dificuldades quando se relaciona a sua estrutura produtiva, o crescimento econômico a todo custo e os impactos ambientais.

Nos países do G-7 o setor mais crítico com relação as emissões de GEE é o de eletricidade, gás e energia, relacionado com a matriz energética destes países, já no BRIC os setores de refino de petróleo e transporte são os principais setores que obtiveram crescimento das emissões, conforme tabelas 7 a 14 e figuras 11 a 28,

Os resultados do controle de emissões demonstram resultados médios para EUA e Canadá, por exemplo abaixo do crescimento das emissões do Reino Unido, Alemanha e França, no entanto, a Alemanha possui a liderança na união europeia na implantação de energias renováveis em sua matriz energética. Já nos países do BRIC os piores resultados são da China e os melhores do Brasil, especialmente por possuir uma matriz energética composta por fontes de recursos naturais renováveis.

Então, conclui que um maior controle das emissões atmosféricas nos países do BRIC é tão relevante quanto a diminuição das emissões nas economias desenvolvidas. Sendo assim, o papel do bloco do BRIC em se comprometer com as

metas para a redução das emissões atmosféricas de GEE assumem importância neste panorama de novos acordos do clima.

As medidas tomadas durante este período analisado para redução das emissões ainda não tiveram resultados significativos, exceto de forma branda nos países do G-7, como demonstra-se neste trabalho a partir da seção quatro. A liderança das questões ligadas as reduções das emissões ainda pertencem aos países do G-7 que se comprometeram em reduzir as emissões. Então, afirma-se o aquecimento global e que as medidas de redução tem sido insuficientes na busca de frear tanto o efeito estufa quanto a poluição atmosférica.

## REFERÊNCIAS

- ABESCO. Associação brasileira das empresas de serviço de conservação de energia. **Produção de energia elétrica no Brasil polui cada vez mais**. Disponível em < <http://www.abesco.com.br/pt/novidade/producao-de-energia-eletrica-no-brasil-polui-cada-vez-mais/>> Acesso em 30. Nov 2017.
- AÍMOLA, L. Alguns cenários exploratórios sobre o regime após o Protocolo de Quioto. **Meio Ambiente e crescimento econômico; tensões estruturais**. In: DUPAS, G. (Org.). São Paulo: Editora UNESP, 2008.
- BECK, U. **Sociedade e risco: rumo a uma outra modernidade**. 2. ed. São Paulo: Ed. 34, 2011.
- BURCK, J; MARTEN, F; BALS, C; **The climate change performance index: results 2015**. Germanwatch 2015. Disponível em <<http://germanwatch.org/en/download/13625.pdf>> Acesso: em 16 Jun 2017.
- BAUMAN, Z. **Vida para o consumo; a transformação das pessoas em mercadoria**. Rio de Janeiro: Zahar, 2008.
- BLAIR, P.; WYCKOFF, A. The changing structure of the U.S. economy: an input-output analysis. In: MILLER, R. E.; POLENSKE, K. R.; ROSE, A. Z. (Ed.). **Frontiers of input-output analysis**. New York/London: Oxford University Press, p. 293-307, 1989.
- CALLAN, S. J.; THOMAS, J. M. **Economia ambiental: aplicações, políticas e teoria** (2ª ed.). São Paulo, SP: Cengage Learning, 2016.
- CARTER, A. P. **Structural change in the American economy**. Cambridge-USA: Harvard University. 1970. Disponível em: <<http://www.hup.harvard.edu/catalog.php?isbn=9780674493629>> Acesso em: 12 dez 2017.
- CECHIN, A.; VEIGA, J. E. da. O fundamento central da economia ecológica. In: MAY, P. H. (Org.) **Economia do meio ambiente: teoria e prática**. 2.ed. Rio de Janeiro: Elsevier; Campus, 2010.
- CECHIN, A. **A natureza como limite da economia: a contribuição de Nicholas Georgescu-Roegen**. São Paulo: Editora Senac São Paulo; Edusp, 2010.
- CHESNAIS, F. **A mundialização do capital**. São Paulo: Xamã, 1996.
- CHÓLIZ, J.S.; DUARTE, R. The effect of structural change on the self-reliance and interdependence of aggregate sectors: The case of Spain, 1980-1994. **Structural Change and Economic Dynamics**. v. 17, n. 2, p. 27-45, 2006.

DIETZENBACHER, E.; LOS, B. Structural decomposition analysis with dependent determinants. In: Conference on Input Output Techniques, 13, 2000, Macerata. **Anais Eletrônicos**, Macerata, 2000. Disponível em: <<http://policy.rutgers.edu/cupr/iioa/iioa.htm>>. Acesso em: 25 ago. 2017.

GUILHOTO, J. J. M. **Leontief e insumo-produto: antecedentes, princípios e evolução**, Technical report, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queirós". 2001. Disponível em: <[https://mpra.ub.uni-muenchen.de/54649/1/MPRA\\_paper\\_54649.pdf](https://mpra.ub.uni-muenchen.de/54649/1/MPRA_paper_54649.pdf)> Acesso em: 5 jun 2017.

GOMEZ, J. M.; CHAMON, P. H. e LIMA, S. B. **Por uma nova ordem energética global? potencialidades e perspectivas da questão energética entre os países BRICS**. *Contexto int.* [online]. 2012, vol.34, n.2, pp.531-572. ISSN 0102-8529. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-85292012000200006>>. Acesso em 25 out 2017

EUROSTAT. **Statistics Explained. Air pollution statistics**. 2017. Disponível em: <[http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Air\\_pollution\\_statistics](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Air_pollution_statistics)> . Acesso em 27 out 2017.

HINRICHS, R. A.; KLEINBACH, M.; REIS, L. B.; **Energia e Meio Ambiente**. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

HOEKSTRA, R.; VAN DEN BERGH, J. C. J. M. **Structural decomposition analysis of physical flows in the economy**. *Environmental and resources economics*, n. 23, p. 357-378, 2002.

HOEM, A. **A decomposition analysis of the emissions of CO<sub>2</sub>**. In: European Congress of the Regional Science Association, 43, 2003, Jyväskylä, *Anais Eletrônicos*, Jyväskylä, 2003. Disponível em: <[www.jyu.fi/ersa2003/](http://www.jyu.fi/ersa2003/)>. Acesso em: 12 set. 2017.

IPCC. INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **The Physical Scientific Basis-Working Group I** Contribution to the Fifth Assessment Report. Summary for Policymakers, 2013. Disponível em: [https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WGIAR5\\_SPM\\_brochure\\_en.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WGIAR5_SPM_brochure_en.pdf). Acesso em: 12 abr 2017.

JACOBS, M. O meio ambiente, a modernidade e a terceira via. In: GIDDENS, A. (Org.) **O debate global sobre a Terceira Via**. São Paulo, SP: Editora UNESP, 2007.

JACOBSEN, H. K. Energy demand, structural change and trade: A decomposition analysis of the Danish manufacturing industry. **Economic Systems Research**, Sydney, v.12, n. 3, p.319-343, Sept, 2000.

**KYOTO PROTOCOL TO THE UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE.** United nations, 1998. Disponível em:

<<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>> Acesso em: 11 dez 2017

LEONTIEF, W. **Quantitative input and output relations in the economic system of the United States.** Review of Economics and Statistics, 1936. Disponível em:

[http://www.jstor.org/stable/1927837?seq=1#fndtn-page\\_scan\\_tab\\_contents](http://www.jstor.org/stable/1927837?seq=1#fndtn-page_scan_tab_contents). Acesso em: 07 de jun. 2017.

LEONTIEF, W. **The Input-Out Economics.** Oxford University Press, 1951.

Disponível em: < <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=hBDEXblq6HsC&oi=fnd&pg=PA3&dq=LEONTIEF,+W.+The+Structure+of+the+Americian+Economics+and+Statistics&ots=9jYVMMcL3S&sig=WhWkcdN8r9opOpTKgGY10ZwgjUc#v=onepage&q=LEONTIEF%2C%20W.%20The%20Structure%20of%20the%20Americian%20Economics%20and%20Statistics&f=false>> Acesso em : 5 de jun 2017.

LEONTIEF, W. **Environmental repercussions and the economic structure:na input-output approach.** Review of Economics and Statistics, 1970 Disponível em:

[http://www.jstor.org/stable/1926294?seq=1#page\\_scan\\_tab\\_contents](http://www.jstor.org/stable/1926294?seq=1#page_scan_tab_contents) . Acesso em 5 jun 2017.

LEONTIEF, W. e D. Ford (1972). **Air Pollution and the Economic Structure: Empirical Results on Input- Output Computations.** Em Input-Output Techniques.

Carter Amsterdã. Holand.

LIST, J. A. Have Air Pollutant Emissions Converged Among U.S. Regions? Evidence from Unit Root Tests. **Southern Economic Journal**, v.66, n.1,p 144-155, 1999.

Disponível em:

<[http://econpapers.repec.org/article/sejancoec/v\\_3a66\\_3a1\\_3ay\\_3a1999\\_3ap\\_3a144-155.htm](http://econpapers.repec.org/article/sejancoec/v_3a66_3a1_3ay_3a1999_3ap_3a144-155.htm)>. Acesso em: 07 abr 2017.

MAY, P. Como superar as contradições entre crescimento e sustentabilidade:

inovações institucionais nos BRICs. In: Dupas, G. (Org.). **Meio ambiente e crescimento econômico: tensões estruturais.** São Paulo: Editora Unesp, 2008.

MERCADOS ENERGÉTICOS. **Matriz Energética de Reino Unido.** Disponível em:

<http://hrudnick.sitios.ing.uc.cl/mercados/matriz/Trabajo%20F%20Aceituno%20y%20F%20Hentzschel.htm>. Acesso em: 19 out. 2017.

MILLER, R. E.; BLAIR, P. D. **Input-Output Analysis: foundations and extensions.**

Second Edition. Cambridge University Press, 2009.

MORAES, O. J. de. **Economia ambiental: instrumentos econômicos para o desenvolvimento sustentável.** São Paulo: Centauro, 2009.

PANAYOTOU, T. **Empirical tests and policy analysis of environmental**

**degradation at different stages of economic development.** Working Paper

WP238, Technology and Employment Programme (Geneva: International Labor Office), 1993. Disponível em:  
<[http://staging.ilo.org/public/libdoc/ilo/1993/93B09\\_31\\_engl.pdf](http://staging.ilo.org/public/libdoc/ilo/1993/93B09_31_engl.pdf)>. Acesso em: 06 abr 2017.

PEROBELLI, F. S. ; SILVA, M. P. N. Efeitos tecnológicos e estruturais 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**. [on line]. vol.42, n.2, pp.307-335. FEA-USP. 2012. Disponível em:<  
[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-41612012000200004&script=sci\\_arttext&lng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-41612012000200004&script=sci_arttext&lng=pt)> Acesso em: 01 out 2017.

PEDROSO, F. P. **Decomposição estrutural das variações de emissões de gases do efeito estufa (GEE) a partir da matriz de insumo-produto mundial (1995-2009)**. Dissertação (Mestrado em Economia Regional)- Universidade Estadual de Londrina. Londrina, p. 82. 2016a.

PEDROSO, F. P.; ZAPPAROLI, Irene Domenes.; CORREIA, P. C.; VEGETTE, A. J. **Variações dos Gases do Efeito Estufa (GEE): Um estudo por meio da decomposição da matriz insumo – produto do mundo de 1995 a 2009**. RACRE (CREUPI). , v.20, p.61 - 81, 2016b.

POWELL, L. As potências em ascensão e as mudanças climáticas: o caso da Índia. In: Cadernos Adenauer XIII (2012), nº 2. **Potências emergentes e desafios globais**. Rio de Janeiro: Fundação Konrad Adenauer, 2012.

RICKLEFS, R. E. **A economia da natureza**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012.

ROSE, A.; CASLER, S. Input-output structural decomposition analysis: a critical appraisal. **Economic systems research**. v. 8, n. 1, p. 33-62, 1996.

SACHS, I. **A revolução energética do século XXI**. Estudos Avançados, USP, 19, n.55, p. 197-214, 06/2005. USP, 21, n. 59, p. 21-38 2007

SATHIENDRAKUMAR, R. (2003) **Greenhouse Emission Reduction and Sustainable Development**. **International Journal of Social Economics**, 30, 1233-1248. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1108/03068290310500643>> .Acesso em: 06 abr 2017.

SCHETTE, G. R. **Crise econômica ameaça liderança da união europeia no debate sobre energia e mudanças climáticas**. Boletim de Economia e Política Internacional. Nº 15. Jan./Abr 2014. Disponível em:  
<Cris[http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/3787/1/BEPI\\_n16\\_criseeconomic](http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/3787/1/BEPI_n16_criseeconomic)> Acesso em: 15. Mai. 2017.

SESSO FILHO, U. A.; RODRIGUES, R. L.; MORETTO, et al. **Decomposição**

**estrutural da variação do emprego no Brasil, 1991-2003.** Revista de Economia Aplicada. Vol 14. Roberião Preto, 2010. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-80502010000100007&script=sci\\_arttext&tIng=es](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-80502010000100007&script=sci_arttext&tIng=es) Acesso em 4 jun. 2017.

SILVA, O. Energia e setor elétrico no século XXI. Cadernos Adenauer XII, nº 1. **Infraestrutura e desenvolvimento.** Rio de Janeiro: Fundação Konrad Adenauer, 2011.

SKOLKA, J. Input-output structural decomposition analysis for Austria. In: KURZ, H. D.; DIETZEBACHER, E.; LAGER, C. (Ed.). **Input-Output Analysis.** Cheltenham, United Kingdom: Edward Elgar, 1989. v. III, p. 135-156.

SOLOW, R. M. **A contribution to the theory of economic growth.** The Quarterly Journal of Economics, v. 70, n.1, p 64-94, 1956.

\_\_\_\_\_. **On the Intergenerational Allocation of Natural Resources.** The Scandinavian Journal of Economics, Vol. 88, No. 1.pp. 141-149. Mar. 1986

STIGLITZ, J. **Growth with Exhaustible Natural Resources:** Efficient and Optimal Growth Paths. The Review of Economic Studies, Vol. 41, Symposium on the Economics of Exhaustible Resources. pp. 123-137. 1974.

UNITED NATIONS. **The world population prospects: the 2017 revision,** 2017. Disponível em:<[https://esa.un.org/unpd/wpp/Publications/Files/WPP2017\\_KeyFindings.pdf](https://esa.un.org/unpd/wpp/Publications/Files/WPP2017_KeyFindings.pdf)> Acesso em 14 dez 2017.

VEIGA, J. E. da. **Meio ambiente & desenvolvimento.** – Série Meio Ambiente; 5/ coordenação: J. de A. A. Coimbra. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2006.

WIER, M.; HASLER, B. **Accounting for nitrogen in denmark: a structural decomposition analysis.** *Ecological Economics* 30, 1999. Disponível em:<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092180099900004X?via%3Dihub>>. Acesso em: 12 dez. 2017.