



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

FABIANO PRADO PEDROSO

**DECOMPOSIÇÃO ESTRUTURAL DAS VARIAÇÕES DE
EMISSIONES DE GASES DO EFEITO ESTUFA (GEE) A PARTIR
DA MATRIZ DE INSUMO-PRODUTO MUNDIAL (1995 – 2009)**

Londrina
2016

FABIANO PRADO PEDROSO

**DECOMPOSIÇÃO ESTRUTURAL DAS VARIAÇÕES DE
EMISSÕES DE GASES DO EFEITO ESTUFA (GEE) A PARTIR
DA MATRIZ DE INSUMO-PRODUTO MUNDIAL (1995 – 2009)**

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: Profa Dra Irene Domenes Zapparoli

Londrina
2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Pedroso, Fabiano Prado .

Decomposição estrutural das variações de emissões de gases do efeito estufa (GEE) a partir da matriz de insumo-produto mundial (1995 - 2009) / Fabiano Prado Pedroso. - Londrina, 2016.
82 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, 2016.

Inclui bibliografia.

1. Relações intersetoriais - Tese. 2. Gases estufa - Tese. 3. Decomposição estrutural - Tese. I. Zapparoli, Irene Domenes. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Estudos Sociais Aplicados. Programa de Pós-Graduação em Economia Regional. III. Título.

FABIANO PRADO PEDROSO

**DECOMPOSIÇÃO ESTRUTURAL DAS VARIAÇÕES DE EMISSÕES
DE GASES DO EFEITO ESTUFA (GEE) A PARTIR DA MATRIZ DE
INSUMO-PRODUTO MUNDIAL (1995 – 2009)**

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

BANCA EXAMINADORA

Orientadora: Profa Dra Irene Domenes Zapparoli
Universidade Estadual de Londrina - UEL

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

Prof. Dr. Paulo Rogério Alves Brene
Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Londrina, 23 de fevereiro de 2016.

DEDICATÓRIA

À minha família, principalmente, aos meus pais que sempre me apoiaram.

AGRADECIMENTOS

À Deus, primeiramente, e aos meus pais.

À Professora Dra. Irene Domenes Zapparoli, meus sinceros agradecimentos, por acreditar em mim, me mostrar o caminho da ciência, fazer parte da minha vida acadêmica nos momentos, pela amizade e orientação firme e segura durante a elaboração desta dissertação.

Aos demais professores da Pós-Graduação em Economia Regional pelo aprendizado e troca de experiências. Aos amigos que fizeram parte desses momentos sempre me ajudando e incentivando.

Aos professores Dr. Umberto Antônio Sesso Filho e do Dr. Paulo Rogério Alves Brene pela participação efetiva na pesquisa.

Em especial ao Emerson Guzzi Zuan Esteves, por participar de forma direta no desenvolvimento da metodologia.

A todos aqueles que, embora não nomeados, me brindaram com seus inestimáveis apoios em distintos momentos, o meu reconhecido e carinhoso muito obrigado!

PEDROSO, Fabiano Prado. **Decomposição estrutural das variações de emissões de gases do efeito estufa (GEE) a partir da matriz de insumo-produto mundial (1995 – 2009)**. 2016. 82f. Dissertação (Pós-Graduação, Mestrado em Economia Regional). Centro de Estudos Sociais Aplicados, Universidade Estadual de Londrina, 2016.

RESUMO

As emissões dos Gases do Efeito Estufa (GEE) despertam preocupações e fomentam políticas de controle de poluições. Atualmente os estudos, sobre a decomposição estrutural da Matriz Insumo-Produto (MIP), são utilizados para identificar às relações econômicas mundiais, as quais são desdobradas em efeitos internos e externos. Assim o objetivo geral é analisar e identificar as variações de emissões dos GEE sobre os quatro efeitos da decomposição estrutural da MIP mundial: intensidade, tecnologia, estrutura e variação da demanda, no período de 1995 - 2009. Para atingir o objetivo a metodologia está embasada em decompor a estrutura das variações de GEE. A MIP foi carregada com dados de emissões mundiais, dispostos no *World Input Output Database* (WIOD), orientada por filtro em gases e países. Na análise dos gases o monóxido de carbono foi o que obteve maior variação de emissão chegando a aumentar em 185 milhões de toneladas e o metano teve participação significativa, com 96 milhões de toneladas, nas emissões para a atmosfera no efeito variação da demanda. O efeito estrutura comportou-se de forma análoga à variação quando, conjuntamente, aumentaram de forma significativa as emissões. O efeito intensidade reduziu para o mundo nos oito gases analisados. Já o efeito tecnologia reduziu as emissões nos gases metano, óxido de nitrogênio e amônia e comportou-se entre os países de forma heterogênea. É importante ressaltar que o dióxido de carbono é o líder em volume, devido a unidade de medida ser em *kilotonnes*. Já na análise dos países identificou-se as seguintes emissões: a Indonésia aumentou em 78% as emissões em CO₂, dobrou suas variações em SO_x e variou em 97% as emissões em No_x, mostrou-se como o país que foi líder em variações em três gases. No CH₄, a Turquia aumentou as emissões em 95%. A Lituânia chegou a acrescentar em 63% suas emissões em N₂O. A Índia foi líder no gás CO, dobrando suas emissões. A Coréia variou em 41% as emissões NMVOC. Malta acrescentou 72% de variação na emissão do gás NH₃. A pesquisa permite concluir que são ambiciosas as metas definidas pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas quanto à redução de emissões dos GEE pelo mundo, pois existem nações que ficam abaixo que outras no cumprimento das normas discutidas primeiramente em 1997 e, por último em, 2005. A sugestão para nova pesquisa fica por conta da projeção desta análise baseando-se na perspectiva de crescimento econômico para 2020. ok

Palavras-chave: Gases do efeito estufa (GEE). Matriz ambiental insumo-produto. decomposição estrutural.

PEDROSO, Fabiano Prado. **Structural decomposition of changes in emissions of greenhouse gases (GHG) from the global input-output matrix (1995-2009)**. 2016. 82p. Dissertação (Pós-Graduação, Mestrado em Economia Regional). Centro de Estudos Sociais Aplicados, Universidade Estadual de Londrina, 2016.

ABSTRACT

Emissions of Greenhouse Gases (GHG) arouse concerns and promote pollution control policies. Currently studies on the structural decomposition of the input-output matrix (IPM), are used to identify the world economic relations, which are divided into internal and external effects. Thus the general objective is to analyze and identify the GHG emissions of variations on the four effects of structural decomposition of the global MIP: intensity, technology, structure and variation in demand in the period 1995 - 2009. To achieve the goal the methodology is grounded in breaking down the structure of GHG variations. The MIP was charged with global emissions data, arranged in the World Input Output Database (WIOD), driven filter gases and countries. In the analysis of the gases carbon monoxide was what got greater variation emission coming to increase by 185 million tons and methane had significant participation, with 96 million tonnes in emissions to the atmosphere in the demand variation effect. The effect structure behaved analogously to change when jointly significantly increased emissions. The intensity effect reduced to the world in the eight gases analisados. Já the effect technology has reduced emissions in methane gas, nitrogen oxide and ammonia and behaved among countries heterogeneously. It is important to note that carbon dioxide is the leader in volume, due to measurement unit is in kilotonnes. In the country analysis identified the following issues: Indonesia increased by 78% the emissions of CO₂, doubled its variations in SO_x and varied by 97% emissions of No_x, proved to be the country that has been a leader in variations in three gases. In CH₄, Turkey increased emissions by 95%. Lithuania came to add 63% in N₂O emissions. India was leading CO gas, doubling their emissions. Korea ranged in 41% of NMVOC emissions. Malta added 72% variation in the emission of NH₃ gas. The research shows that are ambitious targets set by the Intergovernmental Panel on Climate Change on the reduction of GHG emissions in the world, as there are nations that are below other in compliance with the rules first discussed in 1997 and last in 2005. the suggestion for further research is due to the projection of this analysis based on the economic growth outlook for 2020.

Keywords: Greenhouse gases (GHG). Environmental input-output matrix. Structural decomposition.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Desvio Padrão da Temperatura no Mundo antes de 2000	20
Figura 2 -	Desvio Padrão da Temperatura no Mundo após o ano 2000	21
Figura 3 -	Esquema de funcionamento do efeito estufa	27
Figura 4 -	As principais regiões da atmosfera terrestre	28
Figura 5 -	Distribuição das Emissões de GEE por setor no EUA, em 2011.....	33
Figura 6 -	Maiores Variações de CO ₂ por Efeitos no Mundo, 1995 - 2009	50
Figura 7 -	Maiores Variações de CH ₄ por Efeitos no Mundo, 1995 - 2009	52
Figura 8 -	Maiores Variações de N ₂ O por Efeitos no Mundo, 1995 - 2009.....	54
Figura 9 -	Maiores Variações de NO _x por Efeitos no Mundo,1995 - 2009	56
Figura 10 -	Maiores Variações de SO _x por Efeitos no Mundo,1995 – 2009.	58
Figura 11 -	Maiores Variações de CO por Efeitos no Mundo, 1995 – 2009.....	60
Figura 12 -	Maiores Variações de NMVOC por Efeitos no Mundo, 1995 – 2009.....	62
Figura 13 -	Maiores Variações de NH ₃ por Efeitos no Mundo,1995 - 2009	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Os efeitos da decomposição da MIP no Brasil, 1970 – 1996, em milhões de toneladas	30
Tabela 2 -	Influência dos efeitos da decomposição de exportação, 1993-1995 e 1997-1999.	31
Tabela 3 –	Configuração dos Dados e Populações dos Países em Estudo, 2015	42
Tabela 4 -	Emissões por Efeitos e Gases no Mundo, 1995 a 2009, em toneladas	43
Tabela 5 –	Análise Comparativa das Variações de Emissões dos Países por Efeitos, 1996 a 2009.	44
Tabela 6 –	Variações das Emissões de CO ₂ pelos efeitos e por países, 1995 a 2009.....	49
Tabela 7 –	Variações das Emissões de CH ₄ pelos efeitos e por países, 1995 a 2009.....	51
Tabela 8 –	Variações das Emissões de N ₂ O pelos efeitos e por países, 1995 a 2009.....	53
Tabela 9 –	Variações das Emissões de NO _x pelos efeitos e por países, 1995 a 2009.....	55
Tabela 10 –	Variações das Emissões de SO _x pelos efeitos e por países, 1995 a 2009.....	57
Tabela 11 –	Variações das Emissões de CO pelos efeitos e por países, 1995 a 2009.....	59
Tabela 12 –	Variações das Emissões de NMVOC pelos efeitos e por países, 1995 a 2009.....	61
Tabela 13 –	Variações das Emissões de NH ₃ pelos efeitos e por países, 1995 a 2009.....	63
Tabela 14 –	Indicador sobre a Análise dos Países por Gás no período de 1995 - 2009	65
Tabela 15 –	Relação de países líderes em emissões de GEE comparados a China, 1995 a 2009.....	65
Tabela 16 -	Comportamento das Variações de CO ₂ nos Países no período de 1995 - 2009.	75

Tabela 17 -	Comportamento das Variações de CH ₄ nos Países no período de 1995 - 2009.	76
Tabela 18 -	Comportamento das Variações de N ₂ O nos Países no período de 1995 - 2009.	77
Tabela 19 -	Comportamento das Variações de NO _x nos Países no período de 1995 - 2009.	78
Tabela 20 -	Comportamento das Variações de SO _x por Países no período de 1995 - 2009.	79
Tabela 21 -	Comportamento das Variações de CO nos Países no período de 1995 - 2009.	80
Tabela 22 -	Comportamento das Variações de NMVOC nos Países no período de 1995 - 2009.	81
Tabela 23 -	Comportamento das Variações de NH ₃ nos Países no período de 1995 - 2009.	82

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACOES

CDP	<i>Carbon Disclosure Project</i>
CH ₄	Metano
CLRTAP	<i>Convention on Long Range Transboundary Air Pollution</i>
CO	Monóxido de Carbono
CO ₂	Dióxido de Carbono
COV	Compostos Orgânicos Voláteis
GEE	Gases do Efeito Estufa
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
GRI	<i>Global Reporting Initiative</i>
HFCS	Hidrofluorcarbonetos
IDA	<i>Index Decomposition Analysis</i>
ISE	ndice Bovespa de Sustentabilidade Empresarial
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
LCA	<i>Life Cycle Assessments</i>
MDL	Medida de Desenvolvimento Limpo
MIP	Matriz de Insumo-Produto
MMT	<i>Million Metric Tons Carbon Equivalen</i>
Mtce	<i>Metric Tons Carbon Equivalent</i>
N ₂ O	xido Nitroso
NH ₃	Amônia
NMVOC	<i>Non-Methane Volatile Organic Compounds</i>
NO _x	óxidos de Nitrogênio
C	Graus Celsius
Pa	Pressão atmosférica
PFCS	Perfluorcarbonetos
ppm	Partes por Milhões
ROW	<i>Rest of the World</i>
SDA	<i>Structural Decomposition Analysis</i>
SF6	Hexafluoreto
SO _x	óxidos de Enxofre
UNFCCC	<i>United Nations Framework Conveticion on Climate Chenge</i>
WIOD	<i>World Input-Output Database</i>
WRI	<i>World Resources Institute</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1	O CUSTO SOCIAL DO CARBONO	14
2.2	IMPACTOS NA TEMPERATURA MUNDIAL E IDENTIFICAÇÃO DOS GASES	18
2.3	ESTUDOS RECENTES SOBRE A DECOMPOSIÇÃO ESTRUTURAL DA MATRIZ INSUMO-PRODUTO	29
3	METODOLOGIA	34
3.1	MATRIZ INSUMO-PRODUTO (MIP).....	35
3.2	ANÁLISE DE DECOMPOSIÇÃO ESTRUTURAL	38
3.2.1	Formulação Matemática do Modelo Análise de Decomposição Estrutural (SDA).....	39
3.2.2	Fonte de dados dispostos em <i>WIOD</i>	41
4	ANÁLISE DE RESULTADOS	43
4.1	DECOMPOSIÇÃO DAS VARIAÇÕES DOS GEE EM BUSCA DAS EXPLICAÇÕES SOBRE OS GASES.....	43
4.2	DECOMPOSIÇÃO DAS VARIAÇÕES DOS GEE EM BUSCA DA IDENTIFICAÇÃO DOS PAÍSES	48
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	66
	REFERÊNCIAS	69
	ANEXOS	74
	ANEXO A - Variações das emissões de CO ₂ por países.....	75
	ANEXO B - Variações das emissões de CH ₄ por países	76
	ANEXO C - Variações das emissões de N ₂ O por países.....	77
	ANEXO D - Variações das emissões de NO _x por países	78
	ANEXO E - Variações das emissões de SO _x por países.....	79
	ANEXO F - Variações das emissões de CO por países	80
	ANEXO G - Variações das emissões de NMVOC por países	81
	ANEXO H - Variações das emissões de NH ₃ por países	82

1 INTRODUÇÃO

O processo de complementação do capital natural e produzido ou vice-versa obedece a princípios, desígnios e estratégias que são fixados pela própria tecnologia econômica de produção, tecnologia que os transforma em bens e serviços para satisfazerem as necessidades humanas e devolvê-los à origem na forma de resíduos sólidos, líquidos e gasosos.

O dilema do capital natural e produzido resume-se na existência de pontos limites fixados para serem atingidos em tempo futuro, para assim obter-se um equilíbrio sustentável. A intensificação da atividade econômica pós-Revolução Industrial e também os progressos na agricultura, foi observada pelo uso intensivo de grandes reservas de combustíveis fósseis. Conforme o Teorema de Coase, a atribuição dos direitos de propriedade resolveria o paradigma produção e poluição, mas existe a necessidade da condição de que o governo seja mediador nos mercados e a justiça cobradora dos direitos ambientais de uma sociedade (THOMAS e CALLAN, 2012).

O objetivo geral é estimar e identificar às variações de emissões dos GEE sobre os quatro efeitos da decomposição estrutural da Matriz Insumo-Produto (MIP) mundial: intensidade, tecnologia, variação e estrutura da demanda, no período de 1995 - 2009.

Os objetivos específicos visam decompor as variações das emissões em efeitos oriundos da decomposição estrutural. Depois identificar os efeitos desta decomposição pelo filtro de países e gases.

Os procedimentos metodológicos consistem em decompor a Matriz de Insumo-Produto dentro da amostra de 40 países e o ROW, no período de 1995 a 2009, dispostas no *World Input Output Database* (WIOD). A decomposição da MIP vem desvendar como o crescimento econômico impactou as emissões mundiais pela emissão dos gases, que se constituem, atualmente, nas causas das preocupações climáticas. A influência das relações econômicas mundiais pode ser desdobrada pelos quatro efeitos econômicos, intensidade, tecnologia, variação e estrutura da demanda.

Para chegar ao desdobramento utiliza-se da metodologia de decomposição que traz a possibilidade de analisar quanto cada efeito da MIP elevou ou reduziu suas respectivas emissões de GEE dos países, causando a poluição atmosférica no período em estudo. Os resultados são obtidos através do *Structural Decomposition Analysis* (SDA) que é o método utilizado, o qual consiste em análise de estática comparativa.

Após a aplicação dos procedimentos metodológicos, o resultado esperado é revelar os impactos nas emissões pelas transações econômicas de modo desagregado nos quatro efeitos da decomposição e entender quais as variantes, países e GEE, é mais expressivo.

A pesquisa justifica-se ao analisar os oito gases do efeito estufa e perceber se a perspectiva mundial na redução de emissões atingem as metas de redução previstas, uma vez que outros poluentes mais nocivos como monóxido de carbono pode estar aumentando consideravelmente. As estratégias como *GHG Protocol*, protocolo de Quioto e outras políticas individuais estão reduzindo as emissões em amplitude menor que o próprio crescimento econômico, este que se traduz ao desagregar os quatro efeitos da decomposição da MIP.

Este trabalho está composto por cinco seções. Na primeira se introduz o tema, o problema e os objetivos geral e específicos. No segundo faz-se a fundamentação teórica sobre economia e o meio ambiente, o contexto do custo do carbono para a sociedade e como os estudiosos entendem sua solubilidade com a economia. Ainda, discorre-se sobre a consequência das inúmeras emissões com a falta de controle e buscam-se as aplicações já concretizadas por autores que utilizaram a metodologia de decomposição da MIP e justificam seus resultados.

Na seção três a metodologia descreve os critérios e teorias para obter-se o resultado esperado da decomposição, por questões didáticas, está dividida em dois subitens, onde o primeiro reserva-se somente para revisão da metodologia sobre MIP e o segundo fica especificamente para os métodos de decomposição, o qual é composto por matemática de estática comparativa.

Já na seção quatro, os resultados contemplam os objetivos trazendo os indicadores *Structural Decomposition Analysis (SDA)*, com a análise relativa da decomposição para os gases do efeito estufa, num primeiro momento. E a análise comparativa da decomposição por países e por gás. Nas considerações finais, na seção cinco, resumem-se os principais entendimentos que o trabalho trouxe à tona. E, por último, nos anexos reservados para Tabelas que foram utilizadas como complemento de informações na pesquisa.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta seção é composta pela revisão bibliográfica sobre a poluição e a economia na ótica da necessidade de redução de emissões, que tomam como base os gases do efeito estufa. Também se busca entender as consequências já identificadas como a elevação da temperatura do mundo pelo GEE e, por isto, faz-se necessário conceituar os oito gases em estudo e, por último, discorre-se sobre aplicações que utilizaram a decomposição de MIP.

2.1 O CUSTO SOCIAL DO CARBONO

As externalidades das queimas das reservas de combustíveis fósseis são identificadas relacionadas aos custos ambientais. Tais custos são propriamente às emissões de carbono que se constitui em externalidade negativa e compromete a vida no Planeta Terra. Deste modo influencia os resultados econômicos e os prejuízos ambientais, caracterizando em custo de uma ação como outra qualquer na mensuração do passivo econômico (THOMAS; CALLAN, 2012).

Os bens ambientais não são valorados tão pouco preservados, o que é notado no ar dos grandes aglomerados produtivos. Portanto, o custo de preservação passa a ser investimento ambiental e, como resultado, resiliência dos recursos naturais, além do respeito às relações intertemporais. Normas que impõem a utilização desses equipamentos e proíbem as ações predatórias que irão, quando houver a necessidade imprescindível de recuperar o ar, incorporar novos custos sem qualquer possibilidade de evitá-los. A dificuldade para a valoração da vida humana, em termos de custos monetários, foi utilizada em trabalhos elaborados para o Painel Intergovernamental para a Mudança Climática da Organização das Nações Unidas (IPCC, 2007).

A economia ambiental interpreta o imperativo do crescimento econômico e a preservação do meio ambiente como solúvel, uma vez que a evolução da economia pode estar atrelada à evolução da própria natureza. O conceito de desenvolvimento sustentável traz novas abordagens a serem tratadas pela economia. Estas abordagens consideram os cenários social, econômico, político, cultural e ambiental intimamente ligado à questão de escassez de recursos naturais e prejuízos ambientais pelos resíduos (ZAPAROLI *et al.*, 2012).

As questões ambientais são assimiladas por um setor econômico de duas formas. A primeira advinda da própria conscientização, que surge pelo reconhecimento dos indicadores ambientais. A segunda é pela imposição oriunda, qual seja da legislação ambiental, da cobrança governamental e mídia ou *marketing* verde (MAY, 2012).

Segundo Thomas e Callan (2012), a economia e os problemas ambientais devem ser solúveis e, para tanto, são violadas as premissas de mercado em equilíbrio. Os mecanismos de incentivo, que normalmente proporcionam uma solução eficiente, são incapazes de operar neste ponto. O autor prevê a necessidade da intervenção do Governo para que seja capaz de corrigir as falhas que forem identificadas nas políticas ambientais, falhas estas que podem surgir de má interpretação econômica da forma de uso dos recursos naturais e sua relação com a capacidade de carga do planeta. A grande dificuldade em se estabelecer critérios econômicos para o uso dos recursos naturais é combater a concorrência imperfeita, as informações imperfeitas e as externalidades.

Tem fundamento o argumento de que existem possibilidades de substituição da fonte de geração de energia e dos materiais pela inovação tecnológica. Isto pode significar que quanto mais a linha de produção é intensiva em conhecimento, mais eficiente é o emprego dos recursos materiais e energéticos. A informação pode existir à margem dos fluxos físicos de matéria-energia e substituí-lo com coerência a cada ciclo de capacidade dos *stocks* (DALY, 2004).

Para Daly (2004), o aumento da produtividade do capital ecológico pode atrelar-se em melhorar o grau de satisfação psíquica que o seu consumo proporciona e, ainda, a possibilidade de aumentar o bem estar material dos consumidores, colocando à disposição deles substitutos menos intensivos em material e energia.

A valoração econômica de um determinado bem natural necessita de conceitos básicos da economia, porém a visão humana sobre insolvência de maximização e preservação perde importância quando há princípios que monetariamente pode recompor os estoques naturais. Os conceitos básicos econômicos ficam a critério da lei da demanda e da oferta, que relaciona a quantidade e os preços, com influência da distribuição de renda. O primeiro conceito é o da oferta, o qual se remete à quantidade do bem que está disponível no mercado para qualquer que seja o preço cobrado, porém o custo de oportunidade do tempo de extração no caso de recurso mineral está incluso no contexto (MAY, 2012).

As questões ambientais do ar, pela ótica da teoria econômica, se baseiam em negociação de Coase, a qual tipifica um evento em que os envolvidos na poluição sejam responsabilizados e transformados em agentes passivos das emissões. Assim, há mecanismos

de cobrança com estrutura humano-natural implantado com objetivos da recuperação deste desgaste ambiental. Nesta situação, deve-se estimar o custo externo e internalizá-lo no plano de conta do agente passivo, o qual deverá recolher a compensação direta ao prejudicado, cidadão e economia e, ainda, a implantação de um sistema de controle pelo poluidor (ROMEIRO, 1999).

O Protocolo de Quioto propôs o mercado internacional de permissões de emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE) sendo o primeiro mecanismo reconhecido mundialmente como interventor no dilema economia e qualidade do ar. Os recursos deste mecanismo são entendidos como restrição aos grandes poluidores, fazendo estes atentar nos seus limites de emissões definidos pelos mercados compulsório e voluntário de carbono (THOMAS; CALLAN, 2012).

A sociedade está atrasada no reconhecimento irrevogável de tragédia pelos abusos enfrentados pela natureza, notavelmente advindo do comportamento do mercado e também sobre as importantes relações que interligam esses dois elementos. A contribuição do pensamento econômico ambiental para esse processo de aprendizado é fornecer ferramentas analíticas de interações entre mercado e meio ambiente e impor restrições nestas relações e prever as oportunidades de soluções efetivas (THOMAS; CALLAN, 2012).

O modelo de balanço de materiais mostra que todos os recursos extraídos do meio ambiente retornarão na forma de resíduos e também que as rápidas evoluções tecnológicas trouxeram o estilo de vida consumista para a atual sociedade. Portanto, ainda deixa a desejar em um dos objetivos contemporâneos, o desafio de preservar o meio ambiente para a futura sociedade demandante de recursos naturais finitos. Parte das vantagens obtidas através dos avanços tecnológicos é também responsável pela grande degradação ambiental, e isto sensibiliza a perseverança do modelo econômico consumista (MAY, 2012).

O modelo de desenvolvimento econômico adotado atualmente traz prejuízos ao meio ambiente, portanto as gerações futuras podem sofrer porque o ar é insumo da produção econômica.

A teoria econômica neoclássica, aquela que utiliza do pensamento de equilíbrio geral em suas fundamentações, propriamente em suas teorias ligadas à microeconomia utiliza o método hipotético-dedutivo, o qual deduz logicamente e matematicamente o modelo de maximização sujeita a certa restrição, método que contribui com o conhecimento marginal de utilização, porém pode ser corroborado por visões ambientais restritivas (SEARLE, 2010).

Corroborando com nova interação da produção, Daly (2003) destaca que o mundo levaria o capital natural à escassez, tornando-o valorizado e limitado pelos serviços

ecossistêmicos ainda mais vulneráveis às ações humanas induzidas pelas atividades produtivas.

O setor empresarial em seu cotidiano defronta-se com as questões ambientais, e dentre as políticas e posições que este setor tem tomado atualmente, revela-se a preocupação e o incentivo para que ocorram princípios de uma gestão corretiva nos desperdícios e isso minimiza os resíduos e inova na reutilização (MAY, 2012).

A aderência às certificações do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) acontece quando as agências de proteção ambiental reguladoras emitem autorizações de emissões de toneladas de dióxido de enxofre, monóxido de carbono e outros gases poluentes sob as regras do Protocolo de Quioto as quais estabelece metas para a redução destas poluições (VIDIGAL, 2011).

O MDL é uma *commodity* ambiental comercializado nas Bolsas de Mercadorias no Mundo, em toneladas métricas de dióxido de carbono equivalente (tCO₂e), através das Reduções Certificadas de Emissões (RCE) no mercado compulsório e, Reduções Verificadas de Emissões (RVE), no mercado voluntário.

Considerando a possibilidade de investimentos oriundos dos países desenvolvidos nos países em desenvolvimento, esses últimos passaram a ter benefícios econômicos e tecnológicos, porquanto um dos principais objetivos do MDL é a transferência de tecnologias. Constituindo-se, portanto, na estratégia preventiva aplicada aos produtos e processos para melhorar a eficiência e reduzir o risco de poluição (THOMAS; CALLAN, 2012).

Da necessidade de expor uma escala de controle de poluição e do desafio de gerenciamento de recursos naturais a Universidade de Yale em parceria com a Universidade Colúmbia criaram o Índice de Desempenho Ambiental (IDA) (*EPI-Environmental Performance Index*) que tem como finalidade dar:

[...] uma abordagem mais orientada em relação a dados empíricos para a proteção do ambiente, prometendo tornar mais fácil a detecção de problemas, monitorar tendências, destacar os sucessos e fracassos de políticas, identificar as melhores práticas e otimizar os ganhos com investimentos em proteção ambiental (DONGLAN, 2010, p. 02).

Segundo Donglan (2010), o IDA tem como função direcionar todos os países individualmente, mas também como um todo, rumo à sustentabilidade ambiental, estabelecendo um exercício comparativo quanto ao desempenho ambiental de países.

O IDA compõe-se de uma série de 25 indicadores, cujo método empregado para efeito de cálculo foi de uma meta aproximada. Por exemplo, o indicador de emissões *per*

capita é definido a partir de uma meta estabelecida para o mesmo, fundamentado em indicadores de natureza quantitativa para mensurá-los e, assim, calcula-se a distância existente entre, de um lado, o cenário efetivamente mensurado em dado país e, do outro lado, a meta anteriormente estabelecida. Considera-se que o IDA tenha uma vantagem considerável do ponto de vista da formulação e da avaliação de políticas públicas, pois dada a análise de cada respectivo indicador, seria possível a fixação de metas anuais com o objetivo de atingir um índice de desempenho melhor em cada dado período (DONGLAN, 2010).

Além do IDA, outro método também utilizado sobre análise de origem de emissões é a Análise de Decomposição Estrutural (*Structural Decomposition Analysis - SDA*) tal método de estática comparativa utiliza-se da MIP para atingir o objetivo, o qual é o entendimento dos determinantes que influenciam o comportamento de uma variável.

Diante de tais estudos, observa-se a preocupação em relação ao aumento da temperatura mundial que condiciona a interação entre economia e meio ambiente, onde o protocolo de Quioto é um marco no que diz respeito a políticas ambientais. Portanto, torna-se necessário o debate sobre os impactos na temperatura mundial e suas causas.

2.2 IMPACTOS NA TEMPERATURA MUNDIAL E IDENTIFICAÇÃO DOS GASES

Neste item reserva-se a atenção primeiramente da pesquisa sobre intervenções governamentais e não governamentais no processo de poluição, na sequência sobre a consequência do excesso de emissões e o aquecimento global, por meio do estudo da temperatura através de dois autores, Root e Cox, e por último, discorre-se sobre cada GEE.

Atentando as inovações mundiais que influenciaram a necessidade de estimativas das emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE), vale propor a contribuição do protocolo de Quioto (COP-3), conferência mundial realizada no Japão (ONU, 1997).

O Tratado de Quioto, em 1997, formou as ações de diversos países com base em instrumentos econômicos de mitigação da emissão dos GEE. O Protocolo determinou a meta para os países desenvolvidos reduzirem suas emissões de CO₂ em pelo menos 5,2% até 2012 baseando-se nos indicadores de 1990. Os países em desenvolvimento como o Brasil, precisam apresentar um inventário das emissões (ONU, 1997).

Com o objetivo de minimizar a emissão de gases do efeito estufa para a atmosfera e mitigação às ameaças e aos efeitos danosos das mudanças climáticas, foram propostos três mecanismos de flexibilização a serem utilizados para cumprimento dos compromissos da

Convenção: i) implementação conjunta (*JI – Joint Implementation*), ii) comércio de emissões (*ET - Emissions Trade*) e iii) Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) (*CDM – Clean Development Mechanism*). *JI e ET* são utilizados entre países industrializados, cujo objetivo consiste contabilizar as reduções líquidas de emissões de gases. Já o MDL, é uma proposta brasileira que previa a constituição de um Fundo de Desenvolvimento Limpo, que originou o MDL (BRASIL, 1999; SILVA; ZAPPAROLI, 2014).

O pós Quioto, foi realizada em Montreal, Canadá, em 16 de fevereiro de 2005. As metas se pautavam nas perspectivas para o segundo período do acordo, pós 2012. As associações ambientais da Europa apontam para a necessidade de uma redução de 20 a 30% das emissões de GEE, com base no ano de 1990, até 2030, e de 60% a 80%, até 2050 (BRASIL, 2009). Outro destaque foi a importância dada aos países em desenvolvimento, principalmente China, Índia e Brasil, na prevenção dos impactos provenientes do aquecimento global (PEREIRA; GUTIERREZ, 2009; SILVA; ZAPPAROLI, 2014).

A metodologia *GHG PROTOCOL* explica o sequestro de carbono e é uma MDL, quando esta metodologia resume em um cálculo da capacidade vegetal de absorver CO₂ da atmosfera. Esta metodologia *GHG PROTOCOL*, originalmente desenvolvida no EUA em 1998 pelo *World Resources Institute (WRI)*, baseia-se atualmente na oferta de uma estrutura para contabilização de Gases do Efeito Estufa (GEE), compatível com a norma *International Organization for Standardization (ISO) 14.064*. Seu caráter modular colabora com as estatísticas de quantificação do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (*Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC*) e também é flexível às políticas e programas por ser baseada em um processo de consulta pública (TEIXEIRA, 2011).

Outros gases como o metano (CH₄) e o óxido nitroso (N₂O), hexafluoreto de enxofre (SF₆), hidrofluorcarbonetos (HFCS) e as famílias dos perfluorcarbonetos (PFCS), são alguns dos gases que mais colaboram para que os raios infravermelhos do sol fiquem retidos na atmosfera, os quais são chamados GEE (TEIXEIRA, 2011).

A iniciativa gerou aplicações nos relatórios e questionários de outras iniciativas como *Carbon Disclosure Project (CDP)*. As informações geradas nos inventários servem para o Índice Bovespa de Sustentabilidade Empresarial (ISE) e *Global Reporting Initiative (GRI)*. Esses mecanismos combatem o crescimento da temperatura mundial através de redução de emissões de GEE para a atmosfera (PROTOCOL, 2005).

O aquecimento global provocado pela antropogenia, é principalmente causado pelo excesso de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera, que prende o calor no planeta e o aquece mais que o necessário. O uso desenfreado de combustíveis fósseis como carvão, petróleo e

gás natural e outros para fins de energia faz com que o carbono se acumule e sobrecarregue a atmosfera do Planeta e, ainda, ao desmatar e queimar florestas para gerar meios produtivos diminui-se a capacidade natural de absorção deste gás (CLINE, 1992).

A evidência científica indica um aumento na temperatura média global de mais de 2 graus Celsius [°C] que representa riscos graves para os sistemas naturais. Para evitar esse nível de aquecimento, os grandes emissores, como os Estados-Membros devem reduzir significativamente as emissões de GEE. Atraso na adoção do MDL pode levar à perspectiva 3,6 °C a mais em cada década.

No último século a temperatura média global aumentou em mais de 3,3°C. A década 2001-2010 foi a que mais contribuiu com o aquecimento global desde 1880. Tal aquecimento tem sido notado pela diminuição de dias e noites frias. Observou-se nos Estados Unidos recordes diários de crescimento de temperatura no período de 2000 a 2009. Enquanto o registro mostra que algumas partes do mundo estão se aquecendo mais rápido do que outras, a tendência global ascendente de longo prazo é inequívoca (COX, 2000).

Conforme Cox (2000) a Figura 1 traz o desvio padrão da média da temperatura de duas décadas anteriores ao ano de 2000 e conforme Root (2003), a Figura 2, traz o mesmo desvio padrão da média para 2000 a 2009.

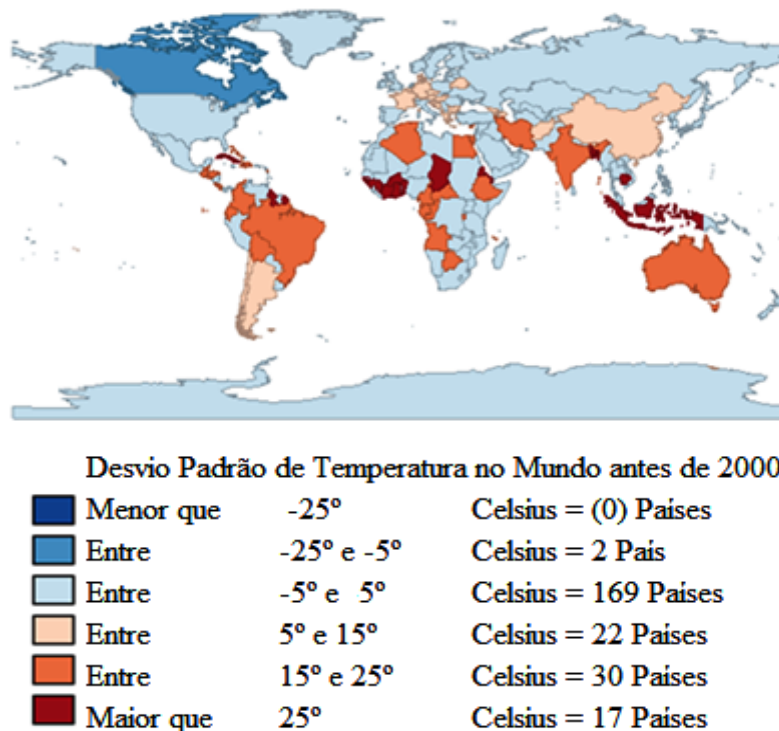
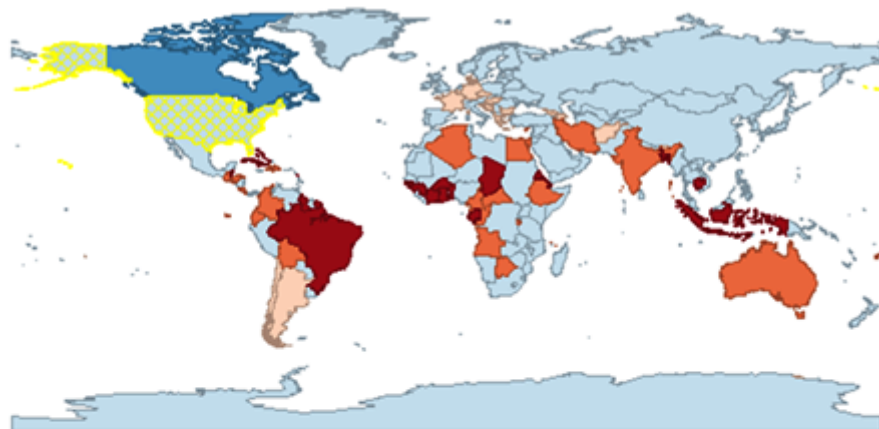


Figura 1 - Desvio Padrão da Temperatura no Mundo antes de 2000
Fonte: CCKP (2015).



Desvio Padrão de Temperatura no Mundo de 2000 a 2009

■	Menor que	-25° Celsius = (0) Países
■	Entre	-20° e -5° Celsius = 2 Países
■	Entre	-5° e 5° Celsius = 174 Países
■	Entre	5° e 15° Celsius = 17 Países
■	Entre	15° e 25° Celsius = 25 Países
■	Maior que	25° Celsius = 22 Países

Figura 2 - Desvio Padrão da Temperatura no Mundo após o ano 2000
Fonte: CCKP (2015).

Para Root (2003), Cox (2000) e também para os dados de CCKP (2015) duas informações são observadas em seus trabalhos e comprovadas por meio de dados de temperaturas no mundo. A primeira, nos mesmos parâmetros em graus Celsius de duas décadas antes do ano 2000, utilizado para analisar os desvios na década seguinte, 2000 a 2009, ocorreu 17 deslocamentos de países dentre os parâmetros ressaltando que as mudanças foram positivas, ou seja, cresceram as temperaturas. A segunda informação constatada nos trabalhos é o consenso da causa sobre o efeito estufa.

Quadro 1 - Gases do efeito estufa (GEE), geração, consequências e utilidade para a economia.

Sigla	Nome	Geração pela Economia	Consequência da Utilização	Utilidade para Economia
CO ₂	Dióxido de Carbono	Queima de combustível	Aquecimento	Vários
CO	Monóxido de Carbono	Queima de combustível	Aquecimento /Destruição	Laboratório
CH ₄	Metano	Decomposição de lixo e Agropecuária	Aquecimento	Combustível e Laboratório
NO _x	Óxidos de Nitrogênio	Atividade vulcânica e Queimadas	Acidificação / Destruição	Laboratório
N ₂ O	Óxido Nitroso	Indústria Farmacêutica	Acidificação	Laboratório
SO _x	Óxidos de Enxofre	Indústria Geral	Destruição	Indústria e Laboratório
NMVOOC	Non-Methane Volatile Organic Compounds *	Queima de combustível, Indústria de Construção	Acidificação/Destruição	Laboratório
NH ₃	Amônia	Agricultura e Indústria Geral	Acidificação	Culinária e Indústria

Fonte: Adaptada de PINO e FERREIRA (2015).

* no Brasil é conhecido como compostos orgânicos voláteis (COVs).

Os gases considerados como causadores do efeito estufa e nocivos à saúde do ser humano são: dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), metano (CH₄), óxidos de nitrogênio (NO_x), óxido nitroso (N₂O), óxidos de enxofre (SO_x), *non-methane volatile organic compounds* (NMVOC) e a amônia (NH₃).

Grande parte do dióxido de carbono é usada na carbonatação de refrigerantes e de água mineral com gás. É um importante agente extintor no combate a incêndios e utilizado quando é necessário dada atmosfera inerte para transportar ou armazenar alguma substância inflamável. (PINO E FERREIRA, 2015)

O dióxido de carbono é utilizado na neutralização de efluentes alcalinos no tratamento de água e usado também para proteger na soldagem de metais. No laboratório químico é utilizado em cromatografia supercrítica (MARTINS, 2003).

Nas plantas o dióxido de carbono é fundamental para obter alimento. Esse processo é chamado fotossíntese das plantas, que captam e utilizam a energia solar para oxidar H₂O, liberando O₂, e para reduzir CO₂, produzindo compostos orgânicos, primariamente açúcares. Esta energia estocada nas moléculas orgânicas é utilizada nos processos celulares da planta e serve como fonte de energia (PINTO, 2004).

A queima de combustíveis fósseis como a gasolina e o óleo diesel pelo setor de transportes é uma das maiores fontes de emissão de gases poluentes em ambientes urbanos. Medições confirmam que a quantidade de CO₂ aumentou globalmente em cerca de 36% ao

longo dos últimos 250 anos, por consequência do grande aumento do setor industrial até 2005 (IPCC, 2007).

O monóxido de carbono, representado pela fórmula molecular CO, é membro da família dos asfixiantes químicos. Esse composto é um gás tóxico, inflamável, incolor, inodoro, sem sabor e não irritante. É chamado de assassino silencioso pelo poder de deixar uma pessoa inconsciente ou mesmo matar em poucos minutos (EVANS, 1999).

O monóxido de carbono é usado pela indústria química, pois é facilmente extraído a partir de reservas carbonadas e por ser uma estrutura básica a partir da qual moléculas orgânicas mais complexas podem ser formadas. Dados recentes sobre as concentrações de CO relatam que o nível desse gás é em média 50 a 120 ppm no ambiente (LACERDA, 2005).

O metano é uma preocupação ambiental crescente, sendo um potente gás contribuinte para o agravamento do efeito de estufa. A redução das emissões de metano e dióxido de carbono é fundamental para abrandar o ritmo do aquecimento do planeta. Esse gás é o principal componente dos recursos naturais da Terra. A indústria de petróleo é a maior fonte industrial de metano. As emissões desse gás representam uma ameaça à situação climática da Terra, entretanto também representa um desperdício de gás natural, uma valiosa fonte de energia (ALVALÁ, 1999).

Os processos geológicos de formação de carvão também produzem metano e dióxido de carbono e podem também estar presentes em algumas camadas de carvão. Como o gás metano pode ser produzido por meio de matéria orgânica, pode ser chamado de biogás e ser utilizado como fonte de energia. Desta forma o biogás é uma mistura gasosa formada principalmente por metano (ALVALÁ, 1999).

O gás natural, encontrado no subsolo terrestre ou marítimo, é constituído por uma mistura de hidrocarbonetos, cerca de 70% é formado pelo gás metano. O gás natural, formado a partir da decomposição de materiais orgânicos, é muito usado como fonte de energia nas indústrias, residências e veículos. O gás metano ganha destaque quando produzido de forma a colaborar com o meio ambiente quando transformado em biogás. Nos aterros os gases eliminados podem ser canalizados por tubulações e recolhidos para servir de combustíveis (DE LIMA, 2002).

Os óxidos de nitrogênio presentes na atmosfera provêm de fontes naturais, como atividade vulcânica, queima de biomassa e atividade bacteriana. Entretanto a combustão realizada para transporte e obtenção de energia constituem as principais fontes de formação destes óxidos. (MADARI, 2007)

As emissões de NO_x no mundo são de 10 milhões de toneladas por ano, provenientes de fontes naturais, e 40 milhões de toneladas por ano, provenientes de fontes antropogênicas oriundas principalmente dos processos de combustão, realizada principalmente pelos meios de transporte. Os óxidos de nitrogênio são irritantes ao sistema respiratório podendo prejudicar a função pulmonar (MELO, 2012).

Para amenizar as emissões desses gases são utilizadas catalisadores, permitindo o controle da emissão de NO_x dos motores de gasolina convencionais. Nos processos de combustão em caldeiras e fornos, assim como nos motores de queima pobre e motores a diesel não é efetiva a utilização desse mesmo catalisador. Existem outros catalisadores que desempenham o papel de controle da emissão desses gases, mas tem elevado custo e emite ao ambiente amônia. Essas diferenças de catalisadores mostram quanto o controle das emissões de NO_x é um problema ainda não resolvido (MELO, 2012).

O óxido nitroso é naturalmente um dos principais gases responsáveis pelo aquecimento global por consumir o ozônio na estratosfera. O óxido nitroso, também conhecido como protóxido de azoto ou monóxido de nitrogênio, possui fórmula molecular N₂O. É um composto inorgânico inerte, com estrutura simples e linear, não explosivo, não inflamável, entretanto quando em temperaturas elevadas o gás age como um oxidante e pode iniciar e sustentar a combustão de materiais combustíveis. Em temperatura e pressão ambiente apresenta-se na fase gasosa (TOLEDO, 2005).

O ar atmosférico é o principal reservatório de nitrogênio na natureza, sob a forma de N₂. Por conveniência a forma molecular NO_x representa a soma do óxido nítrico, do óxido nitroso e do dióxido de nitrogênio (ROCHA, 1998).

Há aproximadamente dois séculos e meio, as concentrações de N₂O na atmosfera iniciaram um processo de crescimento contínuo além da faixa na qual oscilou ao longo dos últimos 1000 anos. Após a Revolução Industrial o impacto da atividade humana tomou proporções globais ao produzir gases de efeito estufa em grandes quantidades. Alguns desses gases como o N₂O passaram a ser produzidos em altas taxas com a intensificação da atividade agrícola. Grande parte do óxido nitroso produzido no planeta por ação antrópica tem origem na agricultura (TOLEDO, 2005).

Sua concentração atual é de 320 ppb apresentando um crescimento linear nas duas últimas décadas de aproximadamente 0,3% ano. O aumento total nos dois últimos séculos foi de 18,5% em relação a sua concentração no período pré-industrial. Entre as atividades antrópicas, o uso de fertilizantes nitrogenados na agricultura, a criação de animais para

produção de alimentos, o desmatamento e a queima de biomassa têm sido apontados como as principais fontes de N_2O (MELO, 2012).

O enxofre existente no carvão transforma-se em óxido de enxofre durante a combustão, principalmente dióxido de enxofre. Os óxidos de enxofre são representados pela fórmula molecular SO_x , sendo eles o dióxido de enxofre e o trióxido de enxofre. Após a formação de dióxido de enxofre este volta a se oxidar dando origem a sulfatos e ao ácido sulfúrico. Dependendo da concentração esses compostos podem ser responsáveis pelo surgimento de chuvas ácidas. Esse composto é um dos mais comuns poluentes atmosféricos. Insere-se na atmosfera proveniente tanto de fontes antropogênicas quanto de fontes naturais (MARTINS, 2007).

O dióxido de enxofre já foi utilizado em refrigeradores comerciais e domésticos, sendo que atualmente é praticamente produzido para oxidação posterior na fabricação de ácido sulfúrico. Esse gás bloqueia o processo de fotossíntese por destruir a clorofila. Nos organismos vivos o gás age no interior das células reagindo com a água formando o H_2SO_3 . Pode atingir uma acidez bastante elevada que provoca o bloqueio da enzima ribulose difosfato carboxidismutase que estimula a respiração. Os íons desse gás podem combinar-se com várias proteínas e membranas perturbando o equilíbrio hídrico e metabólico das células (CAPANA, 2008).

Os compostos orgânicos voláteis com exceção do metano possui sigla inglesa como NMVOC (*Non-methane volatile organic compounds*), no Brasil são conhecidos por compostos orgânicos voláteis (COVs). Os COVs constituem substâncias odoríferas e tóxicas, podendo ser hidrocarbonetos saturados e insaturados e hidrocarbonetos oxigenados, como ácidos carboxílicos, aldeídos, cetonas, éteres, ésteres e alcoóis, olefinas e aromáticos. Os efeitos destas substâncias na saúde humana variam entre sintomas simples até riscos mais sérios e foram decretados regulamentos para limitar as suas emissões. Os COVs representam um grande problema na poluição do ar de interiores e exteriores. São emitidos por quase todas as indústrias (DE ALMEIDA, 2005).

São substâncias com elevada pressão de vapor, dificilmente vaporizados às condições de temperatura e pressão ambientes. Os COVs podem ser classificados como qualquer composto de carbono com exceção do metano, do monóxido de carbono e do dióxido de carbono que participa das reações fotoquímicas que ocorrem na atmosfera. A partir da Revolução Industrial, o aumento da quantidade de materiais descartados pelas atividades humanas modificou o balanço natural desses compostos na atmosfera (MARTINS, 2004).

Os COVs são introduzidos na atmosfera, tanto de fontes antropogênicas como de fontes naturais. As principais fontes antropogênicas são a combustão, armazenamento e transporte de combustíveis, emissões industriais, uso de solventes e a evaporação de COVs provenientes dos materiais de construção. Esses compostos podem ser definidos como um líquido orgânico cuja pressão de vapor é maior que 70 Pa e o ponto de ebulição está acima de 260C° (MARTINS, 2004).

As duas classes principais de COVs compreendem o hidrocarbonetos e outros compostos. Os hidrocarbonetos podem ser parafinas, olefinas, acetilenos e aromáticos e os outros compostos podem ser alcoóis, aldeídos, cetonas, ácidos, hidroperóxidos, halides, compostos de enxofre e compostos de nitrogênio (MARTINS, 2004).

Grande parte dos compostos orgânicos com menos que doze átomos de carbono são COVs e se constituem nos maiores poluentes do ar atmosférico. É fundamental o controle de emissões de COVs, pois esses compostos são componentes nas reações químicas e físicas atmosféricas que formam o ozônio e outros oxidantes fotoquímicos (ROCHA, 1998).

O problema das emissões de gases de efeito estufa, derivadas de ações humanas ou naturais, é um tema em discussão. O aumento da temperatura global precisa ser estudado para se mensurar as emissões desses gases e estabelecer uma quantidade mínima aceitável. A atmosfera é constituída de vários elementos químicos, sendo que muitos desses gases causadores do aquecimento global são essenciais para a vida. Visando à manutenção térmica do planeta, entre o espaço e a Terra existem trocas de energia com a mesma proporção recebida pelo sol (ROCHA, 1998).

A amônia, representada pela fórmula molecular NH_3 , é um gás incolor e possui odor extremamente forte. Sua densidade é menor do que o ar e solúvel em água. Na temperatura ambiente é facilmente liquefeito devido à formação de ligações de hidrogênio, possui característica volátil. Comercialmente denomina-se amoníaco, é conhecida desde a antiguidade, possuindo diversas aplicações pelas suas propriedades e pelo seu baixo potencial de destruição da camada de ozônio. Destaca-se seu uso como fonte de nitrogênio na fabricação de fertilizantes, agente neutralizador na indústria do petróleo e gás de refrigeração em sistemas industriais. Sua geometria espacial é piramidal de base triangular (FELIX, 2004).

A amônia é o principal produto da excreção dos organismos aquáticos e é resultante do catabolismo das proteínas. O problema da amônia para o homem é causado pelo vazamento nos sistemas de refrigeração em ambientes fechados, o que pode representar perigos aos trabalhadores do local. Com o aumento das atividades antropogênicas, tais como queima de combustíveis fósseis e o uso de fertilizantes nitrogenados, que liberam grandes

quantidades de nitrogênio reativo para o ambiente, as indústrias sintetizam cada vez mais fertilizantes baseados em nitrogênio amoniacal, visando atender a demanda. A vegetação consegue reter apenas parte do material incorporado ao solo, sendo que o restante é perdido para o ambiente por processos de erosão. Esse excesso de amônia é eliminado para o ar podendo ser transformado em N_2 um dos maiores destruidores da camada de ozônio (FELIX, 2004).

A atmosfera é composta em mais de 98% por nitrogênio, argônio e oxigênio moleculares, gases pouco reativos, tendo poder de absorção da radiação solar quase nulo. Entretanto, algumas moléculas presentes no ar de baixa concentração na atmosfera absorvem radiação luminosa, aquecendo as baixas camadas atmosféricas e afetando o clima global. Estas moléculas são em maior proporção vapor d'água e dióxido de carbono e, em menor proporção metano e outros compostos (PINO et al., 2015). A Figura 3 exemplifica o efeito estufa na atmosfera.



Figura 3 - Esquema de funcionamento do efeito estufa
Fonte: MOZETO (2001).

Nomeou-se esse fenômeno de aquecimento como “efeito estufa” por analogia às instalações que protegem culturas vegetais frágeis ao clima frio. Junto com o vapor d'água o dióxido de carbono é um potencial absorvedor das radiações solares capazes de aquecer a atmosfera (ROCHA, 1998; MOZETO, 2001).

O problema está voltado para o perigo de um aquecimento global da atmosfera devido às altas concentrações de GEE, através do agravamento do fenômeno chamado efeito estufa. Porém, relações de causa e efeito entre taxas de concentração de gases na atmosfera e níveis de temperatura ainda são uma questão sem resposta definitiva (ROCHA, 1998).

A descoberta do ozônio foi realizada pelo químico Christian Friedrich Schönbein. Em meados do século XIX, observou que após descargas elétricas na atmosfera havia um odor característico. Esse odor também era notado quando a água era decomposta por uma corrente voltaica. O ozônio é um gás produzido naturalmente na atmosfera terrestre, reativo e capaz de oxidar metais como ferro, chumbo e arsênico. É também utilizado como um eficaz desinfetante durante epidemias infecciosas. Em 1974 notou-se o vínculo entre o ozônio e os clorofluorcarbonos (CFC). A camada de Ozônio é responsável por filtrar radiações do sol nocivas para a pele (TOMASONI, 2015).

A Figura 4 representa a presença do gás ozônio na atmosfera terrestre.

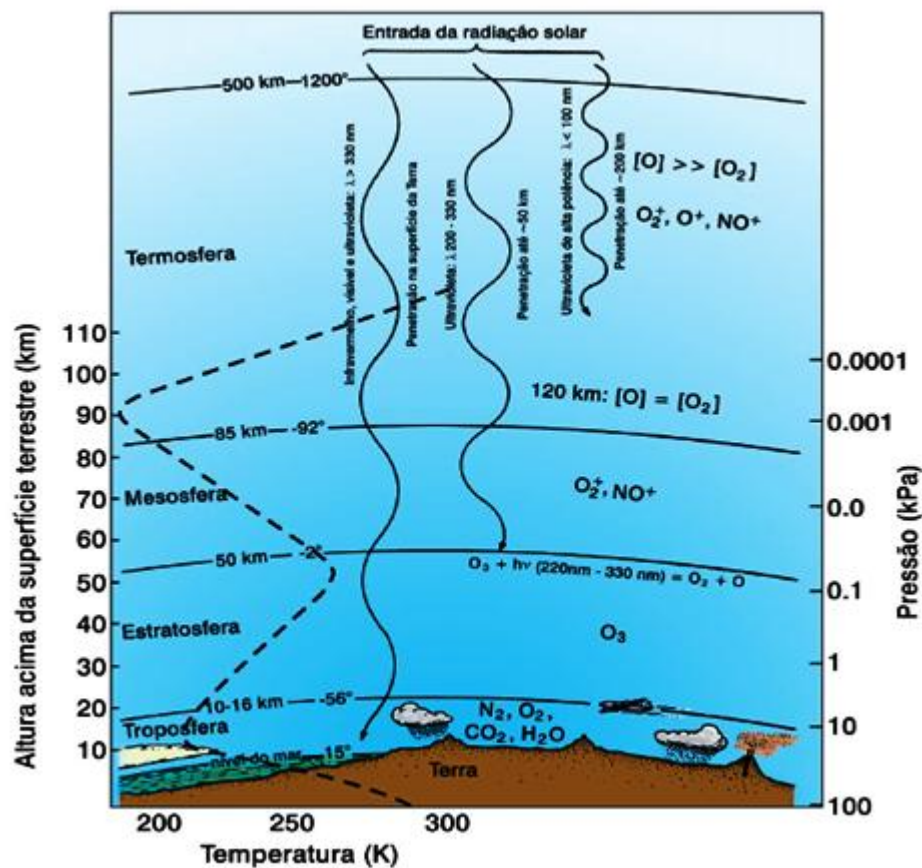


Figura 4 - As principais regiões da atmosfera terrestre
Fonte: MOZETO (2001).

O processo natural junto com as atividades antrópicas está resultando no aumento crescente de gases agravantes ao efeito estufa, aumentando a concentração desses gases na atmosfera e, deste modo, ampliando a capacidade de absorção de energia que naturalmente já possuem. As emissões realizadas pelo homem decorrem principalmente da queima de combustíveis fósseis para realizar transporte e obter energia em usinas termoeletricas e

indústrias, veículos em circulação e sistemas domésticos de aquecimento provocando o agravamento do aquecimento do planeta (ROCHA, 1998).

2.3 ESTUDOS RECENTES SOBRE A DECOMPOSIÇÃO ESTRUTURAL DA MATRIZ INSUMO-PRODUTO

Nesta seção busca-se entender os resultados de aplicações oriundas da decomposição da MIP, por alguns autores que a utilizaram e tiveram fomentações de estudos econômicos e ambientais.

Originalmente o *Life Cycle Assessments* (LCA), análise do ciclo de vida, traz uma maneira de conciliar fluxos econômicos e impactos ambientais, o ciclo de vida de um insumo parte da extração, processamento e finda na concretização do produto, por outro lado o fluxo monetário parte da demanda primária, demanda intermediária e termina na demanda final. (SUH, 2004)

A composição da matriz energética por fontes (*fuel mix*) demonstra a intensidade energética das atividades econômicas, contudo a matriz energética demandada pelo sistema produtivo pode ser a origem do aumento ou redução de emissões por um país.

Na economia o resultado obtido como o PIB tem relação com o consumo energético, que tem relação com a emissão constante de CO₂ e outros GEE e isto está mudando a orientação da demanda em virtude dos desgastes ambientais que influenciam o ciclo (WACHSMANN, 2005).

No Brasil, uma análise do consumo energético e suas emissões de CO₂ associadas entre 1970 e 1996, mostraram que o país triplicou o consumo de energia, já as emissões encontraram um aumento de 228% e o PIB nestes 26 anos cresceu 350%. No quesito decomposição da estrutura da matriz energética, o efeito intensificador fica observado como maior emissor (WACHSMANN, 2005).

Para Sesso Filho *et al.*, (2010) a técnica capaz de demonstrar os efeitos intensidade, tecnologia, variação e estrutura da demanda, é a *Structural Decomposition Analysis* (SDA) tem como ponto forte a capacidade de identificar os efeitos indiretos da demanda final.

As técnicas IDA e SDA são métodos estáticos de comparação, que se baseiam em dados históricos de dois ou mais períodos para determinar a contribuição das mudanças nos determinantes sobre a mudança no indicador. Uma diferença entre eles pode ser notada pela incapacidade da primeira de incorporar efeitos indiretos da demanda final na análise, pois utiliza apenas informações agregadas da economia. Já na segunda, o SDA, se baseia em

informações originadas nas Tabelas de insumo-produto, as quais dividem a economia de um país em seus setores e produtos (WACHSMANN, 2005).

Wachsmann (2005) em seu trabalho sobre relacionar a variação do PIB com o consumo energético do Brasil e consecutivamente compará-lo ao número de emissões de CO₂ pelo país, avaliou a influência das mudanças na economia brasileira sobre o consumo de energia e as emissões de CO₂ em milhões de toneladas geradas no período de 1970 a 1996. Conclui que o efeito principal na decomposição da matriz analisada pelo quesito emissões foi o efeito intensidade.

Ainda, conforme Wachsmann (2005) foi utilizado dois índices agregativos, Marshall-Edgeworth e Divisia, para melhor representar as variações das influências dos efeitos: efeito intensidade, Leontief, composição da demanda final, destinação da demanda final, efeito atividade, crescimento populacional indireto e consumo residencial *per capita* e também do PIB, as principais constatações estão representado na Tabela 2.

Tabela 1- Os efeitos da decomposição da MIP no Brasil, 1970 – 1996, em milhões de toneladas

Índice	Efeito Intensidade	Efeito Leontief	Consumo Residencial	PIB Per capita	Variação Demanda	Total
Marshall	-13,4	25,29	-1,6	-5,64	47,85	105,14
Divisia	-2,2	19,22	6,11	-1,11	36,11	100

Fonte: Adaptada de Wachsmann (2010)

As emissões de CO₂ associadas ao uso de fontes energéticas se dão principalmente pela queima dos combustíveis fósseis. Os resultados da decomposição estrutural das mudanças apenas consideram as emissões que resultam do uso das fontes energéticas nas emissões de CO₂. O estudo desagrega a economia em 42 atividades e 80 produtos durante os 26 anos em estudo (WACHSMANN, 2010).

Wadeskog (2003) em sua análise da decomposição, com base em dados das contas ambientais, foi realizada na Europa no período 1987-1998, foram analisados: as emissões de CO₂, os resíduos e as emissões ácidas. Para todas as variáveis, mas especialmente para o CO₂, o aumento do volume foi o fator que fez pressão às preocupações ambientais, enquanto as mudanças na estrutura industrial não foram tão significativas. No entanto, os efeitos estruturais podem ser significativos no nível da indústria. Os casos da acidificação e de resíduos sólidos mostram como a eficiência, os ganhos nas mudanças estruturais ultrapassadas, que o volume das emissões aumentou e os resíduos de ácido, diminuíram significativamente entre 1987 e 1997/1998 o que leva a entender que a redução de resíduos parece ser causada pelo aumento da incineração destes. Com base no trabalho realizado por

Haan (2003) *apud* Wadeskog (2003) foi decidido usar as seguintes abordagens para a decomposição dos dados suecos:

1. Análise baseada SDA sobre as emissões de CO₂, calculados através de dados de NO_x e de SO₂ das Contas de Meio Ambiente.
2. Análise baseada SDA com base no uso de combustível e fatores de emissão para calcular as emissões.
3. Análise baseada IDA com base no Valor Adicionado e uso de combustível semelhante ao que foi feito por Harris (2002)

Conforme Wadeskog (2003), o primeiro e o segundo conjunto de resultados mostram as mudanças nas emissões de CO₂ para os dois períodos no total final da demanda e para consumo de exportação privada.

Tabela 2 - Influência dos efeitos da decomposição de exportação, 1993-1995 e 1997-1999.

Exportação privada	Intensidade de emissão	Mudança real em outros países	Volume demanda final
Exportação (1993-1995)	685	1835	5.064
Exportação (1997-1999)	-621	1938	4.030

Fonte: Adaptada de Wadeskog (2003).

Peters (2007) adotou uma abordagem macroeconômica pela decomposição estrutural, através de dados de institutos nacionais de estatística para investigar as causas do recente aumento das emissões de CO₂ da China. O *boom* em larga escala na fabricação levou a um aumento do consumo de combustíveis intensivos em carbono. O consumo de energia primária pela China praticamente dobrou, em 2002, foi 1.482 milhões de toneladas de carvão mineral equivalência (Mtce) e, em 2007, foi de 2.656 Mtce, refletindo crescimento exponencial do consumo energia não renovável.

De 2002 a 2005 os serviços públicos contribuíram com 321 *Million Metric Tons Carbon Equivalen* (MMT) (21%) do crescimento global das emissões relacionadas à produção e 115 MMT (36%) de aumento das emissões orientada pelos serviços ocorreu para atender à demanda pelo consumo das famílias urbanas, enquanto 108 MMT (34%) foram de gastos governamentais. Os 98 MMT (30%) restantes foram para atender a demanda por serviço de investimento e capital de exportação indústrias.

Do aumento relacionado com o urbano das famílias (115 MMT), serviços de saúde e de assistência social, telecomunicações e serviços de tecnologia da informação e transporte

público foram os maiores condutores, respectivamente contribuindo 45 MMT (39%), 28 MMT (24%) e 24 MMT (21%) (PETERS, 2007).

O crescimento das exportações chinesas entre 2002 e 2005 é a principal causa do crescimento das emissões de China; países desenvolvidos são responsáveis por mais de metade do crescimento das exportações chinesas e consecutivamente as emissões de carbono a partir de 2002 para 2005. A exportação de produtos industrializados é o principal contribuinte para o crescimento das exportações. Atividades de construção também tiveram um impacto significativo nas emissões chinesas referentes a um terço do crescimento recente. O consumo interno por famílias e das administrações China também contribuíram para tal. (PETERS, 2007).

Weitzel (2014) calculou as emissões geradas pelo fluxo intersetorial da MIP, quebrando o pressuposto da homogeneidade da MIP. As exportações da China para o mundo, através dos setores são interpretadas de duas formas diferentes: primeiro, uma desagregação espacial e segundo um tratamento do setor de processamento da exportação. O modelo espacial identifica o comércio interprovincial e discute as emissões através dos responsáveis por elas quando compara um modelo regionalmente desagregado ao modelo padrão da China. Para o ano de 1997, eles descobriram que 19% das emissões nacionais são originadas das exportações estimadas pelo modelo agregado. Ao estimar através de um modelo regional desagregado as emissões oriundas das exportações, totalizam 16,4%.

O resultado encontrado por Weitzel (2014) foi que o modelo padrão pode estar superestimando emissões domésticas chinesas consubstanciadas nas exportações, porque isso não leva em conta que grande parte das exportações de produto é originada das províncias.

Para um modelo regional, o comércio interprovincial importa e não compensa a intensidade de emissão. Isto também desloca a distribuição regional de emissões adicionado à exportação para longe das províncias costeiras. Este efeito é particularmente forte quando a emissão causada pela eletricidade utilizada baseia-se na média da intensidade de emissão das redes regionais.

Hetherington (1996) utilizou um modelo de insumo-produto híbrido para o crescimento das emissões de CO₂ pelo efeito intensidade em 101 grupos industriais do Reino Unido para o ano de 1984. As emissões causadas por combustíveis fósseis, tais como carvão, coque e cinzas, combustível de aviação, óleo para motores, gasolina, óleo diesel, gás liquefeito de petróleo (GLP), gás natural, óleo combustível e óleo para aquecimento foram avaliadas. Os resultados mostraram que os setores de Eletricidade, Cimento, Ferro e Aço,

Fibras Sintéticas e Extração de Carvão apresentaram maior efeito intensidade na geração de carbono.

Segundo Bell (2011) ao decompor estrutura da MIP Norte América em busca da matriz emissora de GEE no EUA pode ser traduzido pela Figura 5. Uma consequência já observada na última década foi o aumento efetivo dos custos de transporte neste país chegando a superar outros setores.

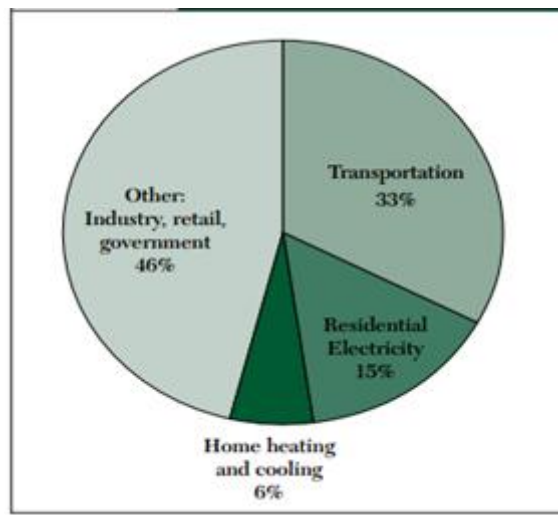


Figura 5 - Distribuição das Emissões de GEE por setor no EUA, em 2011.
Fonte: Bell (2011).

As emissões domésticas do EUA de maiores impactos na quantificação do efeito intensidade foram a partir dos setores de Construção, Distribuição, Motores de Veículos e Peças, Hotéis e Suprimentos, Processamento de Óleo Mineral e Transporte Aéreo e revelaram-se como mais prejudiciais ao meio ambiente (BELL, 2011).

Ao discorrer os estudos orientados pela decomposição estrutural observa-se o intuito de desvendar os impactos induzidos, ou seja, aqueles que ocorrem internamente às relações econômicas internacionais ou nacionais e quando decomposta a MIP é possível esclarecer seus impactos. Como, por exemplo, as implicações das exportações chinesas sobre as emissões dos GEE naquele país.

No Reino Unido, após a decomposição de Hethering (1996), ficou esclarecido que os combustíveis fósseis têm efeitos impulsionadores diretamente, indiretamente e também indutivamente onde entra a demanda dos setores observados no estudo.

Portanto a utilidade da ferramenta decomposição estrutural é desvendar os impulsos que as trocas internas e externas de uma economia fazem pressões em outra variável.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo está descrito resumidamente os principais pontos acerca da metodologia utilizada no artigo. Na primeira parte realiza-se uma breve revisão sobre a teoria de insumo-produto. Na segunda parte apresentam-se informações relacionadas à forma como foram obtidos e tratados os dados, que serão utilizados para a realização da presente pesquisa. Na última parte descrevem-se as equações para a decomposição requerida.

A metodologia está sendo utilizada para identificar as fontes de variação dos gases do efeito estufa no mundo. Neste trabalho utiliza-se a metodologia de Haan (2001), Wier e Hasler (1999), Jacobsen (2000) e outros para realizar a Análise de Decomposição Estrutural e mostrar a variação das emissões de todos os GEE por 40 países e um conjunto que representa os países que não estão incluídos nestes 40, no entanto, serão computadas 41 divisões.

De acordo com Timmer (2012), grande parte das emissões atmosféricas resultantes nas categorias de impacto relacionados pela WIOD, como aquecimento global, acidificação e deformação do ozônio troposférico, são originados a partir de gases emitidos no processo de uso de energia. Essas emissões são agregadas com as emissões não relacionadas com a energia de processo. Para isso são utilizados relatórios da *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC) e *Convention on Long Range Transboundary Air Pollution* (CLRTAP).

As emissões são estimadas a partir de contas de energia. Em suma, implica o uso de dados de atividades e fatores de emissão, seguindo a fórmula geral:

$$E = AR \times EF \quad (1)$$

A emissão (E) é obtida pela multiplicação de uma determinada atividade (AR: taxa de atividade), medida pelo valor da produção, por certo fator de emissão (EF). Esses fatores são obtidos através de várias técnicas e documentos; tais técnicas e documentos são abrigados pelas convenções internacionais (WIOD, 2016).

3.1 MATRIZ INSUMO-PRODUTO (MIP)

De acordo com Feijó et al. (2003), os modelos baseados em matrizes de insumo-produto são os que apresentam maiores possibilidades e sofisticação para as análises de impacto. Estas representam as relações dos setores dentro do sistema econômico.

As matrizes de insumo-produto podem ser estimadas ou construídas. Os sistemas construídos demandam considerável volume de dados e tempo de trabalho, enquanto as matrizes estimadas necessitam de uma base de dados menor. As matrizes de insumo-produto inter-regionais permitem uma análise detalhada do sistema econômico, pois possuem dados das economias regionais e seus fluxos de bens e serviços inter-regionais.

Para Miller e Blair (2009), a estrutura matemática de um sistema de insumo-produto consiste em um conjunto de “n” equações lineares com “n” incógnitas: portanto, representações de matrizes podem ser facilmente utilizadas. Enquanto que as soluções para o sistema de equações de entrada-saída através de uma matriz inversa apresentam interessantes interpretações econômicas para alguns resultados algébricos.

O modelo de insumo-produto geral para a economia brasileira apresenta as informações numa abordagem do tipo enfoque produto por setor a preços básicos permitindo que cada produto seja produzido por mais de um setor e que cada setor produza mais de um produto, ou seja, existe uma matriz de produção e outra de uso dos insumos.

O uso da matriz insumo-produto é fundamental no planejamento e avaliação de políticas públicas para o desenvolvimento econômico e social no intuito de reduzir as desigualdades sociais e contribuir para uma sociedade mais justa.

O modelo inter-regional de insumo-produto, também chamado de “modelo Isard”, devido à aplicação de Isard (1951), requer uma grande massa de dados, reais ou estimados, principalmente quanto às informações sobre fluxos intersetoriais e inter-regionais.

Conforme Leontief (1983), a tabela de insumo-produto descreve o fluxo de bens e serviços entre todos os setores individuais da economia nacional durante determinado período de tempo, geralmente um ano. A matriz insumo-produto demonstra a produção de cada setor da atividade econômica e detalha os respectivos consumos intermediários, representando o circuito econômico.

O Quadro 1 apresenta de uma forma esquemática as relações dentro de um sistema de insumo-produto inter-regional. Complementando o sistema regional, no sistema inter-regional, há uma troca de relações entre as regiões, exportações e importações, que são expressas através do fluxo de bens que se destinam tanto ao consumo intermediário como à demanda final.

	Setores - Região L	Setores - Região M	L	M	
Setores-Região L	Insumos Intermediários LL	Insumos Intermediários LM	DF LL	DF LM	Produção Total L
Setores-Região M	Insumos Intermediários ML	Insumos Intermediários MM	DF ML	DF MM	Produção Total M
	Importação Resto Mundo (M)	Importação Resto Mundo (M)	M	M	M
	Impostos Ind. Liq. (IIL)	Impostos Ind. Liq. (IIL)	IIL	IIL	IIL
	Valor Adicionado	Valor Adicionado			
	Produção Total Região L	Produção Total Região M			

Quadro 1 - Relações de Insumo-Produto num sistema inter-regional

Fonte: adaptado de Moretto (2000).

De forma sintética, pode-se apresentar o modelo, a partir do exemplo hipotético dos fluxos intersetoriais e inter-regionais de bens para as regiões L e M, com 2 setores, como se segue:

Z_{ij}^{LL} - fluxo monetário do setor i para o setor j da região L,

Z_{ij}^{ML} - fluxo monetário do setor i da região M, para o setor j da região L.

Na forma de matriz, esses fluxos seriam representados por:

$$Z = \begin{bmatrix} Z^{LL} & Z^{LM} \\ Z^{ML} & Z^{MM} \end{bmatrix} \quad (2)$$

em que

Z^{LL} e Z^{MM} , representam matrizes dos fluxos monetários intra-regionais, e

Z^{LM} e Z^{ML} , representam matrizes dos fluxos monetários inter-regionais.

Considerando a equação de Leontief (1951 e 1986):

$$X_i = z_{i1} + z_{i2} + \dots + z_{in} + Y_i \quad (3)$$

em que, X_i indica o total da produção do setor i , z_{in} o fluxo monetário do setor i para o setor n e Y_i a demanda final por produtos do setor i , é possível aplicá-la conforme,

$$X_1^L = z_{11}^{LL} + z_{12}^{LL} + \dots + z_{11}^{LM} + z_{12}^{LM} + \dots + Y_1^L \quad (4)$$

em que X_1^L é o total do bem l produzido na região L .

Considerando os coeficientes de insumo regional para L e M , obtém-se os coeficientes intra-regionais:

$$a_{ij}^{LL} = \frac{z_{ij}^{LL}}{X_j^L} \Rightarrow z_{ij}^{LL} = a_{ij}^{LL} \cdot X_j^L \quad (5)$$

em que, pode-se definir os a_{ij}^{LL} como coeficientes técnicos de produção que representam quanto o setor j da região L compra do setor i da região L e

$$a_{ij}^{MM} = \frac{z_{ij}^{MM}}{X_j^M} \Rightarrow z_{ij}^{MM} = a_{ij}^{MM} \cdot X_j^M \quad (6)$$

em que, pode-se definir os a_{ij}^{MM} como coeficientes técnicos de produção, que representam a quantidade que o setor j da região M compra do setor i da região M .

E, por último, os coeficientes inter-regionais:

$$a_{ij}^{ML} = \frac{z_{ij}^{ML}}{X_j^L} \Rightarrow z_{ij}^{ML} = a_{ij}^{ML} \cdot X_j^L \quad (7)$$

podendo-se definir os a_{ij}^{ML} como coeficientes técnicos de produção que representam quanto o setor j da região L compra do setor i da região M e

$$a_{ij}^{LM} = \frac{z_{ij}^{LM}}{X_j^M} \Rightarrow z_{ij}^{LM} = a_{ij}^{LM} \cdot X_j^M \quad (8)$$

em que os a_{ij}^{LM} correspondem aos coeficientes técnicos de produção que representam a quantidade que o setor j da região M compra do setor i da região L .

Estes coeficientes podem ser substituídos em (3), obtendo:

$$X_1^L = a_{11}^{LL} X_1^L + a_{12}^{LL} X_2^L + a_{11}^{LM} X_1^M + a_{12}^{LM} X_2^M + Y_1^L \quad (9)$$

As produções para os demais setores são obtidas de forma similar.

Isolando, Y_1^L e colocando em evidência X_1^L , tem-se:

$$(1 - a_{11}^{LL}) X_1^L - a_{12}^{LL} X_2^L - a_{11}^{LM} X_1^M - a_{12}^{LM} X_2^M = Y_1^L \quad (10)$$

As demais demandas finais podem ser obtidas similarmente. Portanto, de acordo com $A^{LL} = Z^{LL}(\hat{X}^L)^{-1}$, constrói-se a matriz A^{LL} , para os 2 setores, em que A^{LL} representa a matriz de coeficientes técnicos intra-regionais de produção. Saliente-se que esta mesma formulação valeria para A^{LM} , A^{MM} , A^{ML} .

Definem-se agora as seguintes matrizes:

$$A = \begin{bmatrix} A^{LL} & \vdots & A^{LM} \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ A^{ML} & \vdots & A^{MM} \end{bmatrix} \quad (11)$$

$$X = \begin{bmatrix} X^L \\ \cdots \\ X^M \end{bmatrix} \quad (12)$$

$$Y = \begin{bmatrix} Y^L \\ \cdots \\ Y^M \end{bmatrix} \quad (13)$$

O sistema inter-regional completo de insumo-produto é representado por:

$$(I - A)X = Y, \quad (14)$$

e as matrizes podem ser dispostas da seguinte forma:

$$\left\{ \begin{bmatrix} I & \vdots & 0 \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ 0 & \vdots & I \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} A^{LL} & \vdots & A^{LM} \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ A^{ML} & \vdots & A^{MM} \end{bmatrix} \right\} \begin{bmatrix} X^L \\ \cdots \\ X^M \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y^L \\ \cdots \\ Y^M \end{bmatrix} \quad (15)$$

Efetuando estas operações, obtém-se os modelos básicos necessários à análise inter-regional proposta por Isard, resultando no sistema de Leontief inter-regional da forma:

$$X = (I - A)^{-1} Y \quad (16)$$

3.2 ANÁLISE DE DECOMPOSIÇÃO ESTRUTURAL

O objetivo da análise é identificar as causas das variações de emissões do GEE em um determinado intervalo de tempo. Duas técnicas são capazes de identificar diversos fatores que influenciam as variáveis econômicas de interesse: a Análise de Decomposição de Índice (*Index Decomposition Analysis*–IDA) e a Análise de Decomposição Estrutural (*Structural Decomposition Analysis*–SDA). As duas técnicas se assemelham e podem ser usadas para

distinguir como mudanças setoriais, avanços tecnológicos e crescimento econômico provocam variações nas variáveis econômicas e ambientais.

Ao tratar-se da MIP, o método de SDA é capaz de detalhar a decomposição de mudanças por efeitos intensidade, tecnologias, variações de demanda e estruturais de demanda (HOEKSTRA E BERGH, 2002).

O método de SDA surgiu com os desenvolvimentos de Carter (1970). É possível também destacar as contribuições de Blair e Wyckoff (1989), Skolka (1989) e Rose e Casler (1996). A SDA permite a decomposição das relações insumo-produto em quaisquer dois pontos no tempo, 0 e 1, como a soma dos efeitos associados a cada uma das fontes individuais de mudança.

Segundo Chóliz e Duarte (2006), o uso da decomposição em setores é também compatível com o uso de SDA. Com a SDA, para qualquer mudança na produção, parte é devida a mudanças nos coeficientes técnicos dos setores e/ou mudança na estrutura produtiva setorial, que também podem ser provenientes de mudanças na demanda final.

3.2.1 Formulação Matemática do Modelo Análise de Decomposição Estrutural (SDA)

Para Wier e Hasler (1999) a análise de decomposição das emissões de Nitrogênio na Dinamarca podem ser descritas conforme o modelo abaixo:

$$N_t = w_t (I - A_t)^{-1} D_t d_t \quad (18)$$

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.

Este modelo é um exemplo de que a metodologia da SDA pode ser aplicada tanto na análise das emissões de CO₂, como no caso deste estudo ampliará para todos os gases do efeito estufa.

Compreendendo o modelo disposto em (4) através de um exemplo na economia do Brasil. Atentando à figura 5 notam-se os pontos a seguir para calcular a SDA baseando em na MIP do Brasil.

- 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 ($n \times n$); e
- D_t é matriz que apresenta, para cada um dos componentes da demanda final, as respectivas participações das demandas por setores ($n \times b$); e
- d_t é um vetor ($n \times 1$) 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 de uso. Os trabalhos que se utilizam do modelo de Análise de Decomposição Estrutural usam o modelo de insumo-produto de Leontief como base para a decomposição, pois este permite uma melhor aproximação da realidade, considerando-se os GEE são observados de forma linear na matriz WIOD, deste modo será utilizado um modelo análogo à (4) para 8 gases.

As mudanças nas emissões de cada gás por países ou setores (Δc) podem ser descritas como função de uma ou de soma de algumas das variações, que serão conhecidas a partir da decomposição. A variação das emissões por gás advindas do aumento ou da diminuição da quantidade de utilização será representada por (Δn), efeito intensidade. Mudanças nos coeficientes técnicos da economia, efeito tecnologia, mudanças na composição da estrutura da demanda final e o aumento do volume na demanda final, efeito intensidade da demanda e estrutura da demanda serão denominadas respectivamente por (Δs), (Δy^s) e (Δy^v). Com isso, a fórmula genérica para cálculo da decomposição dos fatores pode ser caracterizada por:

$$\Delta c = \Delta n + \Delta s + \Delta y^s + \Delta y^v \quad (19)$$

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.

A decomposição estrutural da mudança no uso da fonte de energia emissora do gás e o total de emissão por gás no período de 1995 e 2009 (ano a ano) podem ser determinados como segue:

$$\begin{aligned}
\Delta c &= c_{(t)} - c_{(t-1)} \\
\Delta c &= N_{(t)} S_{(t)} y_{(t)}^s y_{(t)}^v - N_{(t-1)} S_{(t-1)} y_{(t-1)}^s y_{(t-1)}^v \\
\Delta c &= (\Delta N) S_{(t)} y_{(t)}^s y_{(t)}^v + N_{(t-1)} S_{(t)} y_{(t)}^s y_{(t)}^v - N_{(t-1)} S_{(t-1)} y_{(t-1)}^s y_{(t-1)}^v \\
\Delta c &= (\Delta N) S_{(t)} y_{(t)}^s y_{(t)}^v + N_{(t-1)} (\Delta S) y_{(t)}^s y_{(t)}^v + N_{(t-1)} S_{(t-1)} y_{(t)}^s y_{(t)}^v - N_{(t-1)} S_{(t-1)} y_{(t-1)}^s y_{(t-1)}^v \\
\Delta c &= (\Delta N) S_{(t)} y_{(t)}^s y_{(t)}^v + N_{(t-1)} (\Delta S) y_{(t)}^s y_{(t)}^v + N_{(t-1)} S_{(t-1)} (\Delta y^s) y_{(t)}^v + N_{(t-1)} S_{(t-1)} y_{(t-1)}^s y_{(t)}^v \\
&\quad - N_{(t-1)} S_{(t-1)} y_{(t-1)}^s y_{(t-1)}^v \\
\Delta c &= (\Delta N) S_{(t)} y_{(t)}^s y_{(t)}^v + N_{(t-1)} (\Delta S) y_{(t)}^s y_{(t)}^v + N_{(t-1)} S_{(t-1)} (\Delta y^s) y_{(t)}^v + N_{(t-1)} S_{(t-1)} y_{(t-1)}^s (\Delta y^v) \quad (20)
\end{aligned}$$

De acordo com Dietzenbacher e Los (2000), a formulação feita na equação (6) 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. Jacobsen (2000) e Hoem (2003) utilizaram em seus estudos, como resultado de cada componente da decomposição, a média das duas formas polares existentes. A equação (7) é uma das formas polares. A outra é dada por:

$$\Delta c = (\Delta N) S_{(t-1)} y_{(t-1)}^s y_{(t-1)}^v + N_{(t)} (\Delta S) y_{(t-1)}^s y_{(t-1)}^v + N_{(t)} S_{(t)} (\Delta y^s) y_{(t-1)}^v + N_{(t)} S_{(t)} y_{(t)}^s (\Delta y^v) \quad (21)$$

Aqui também é utilizada a sugestão de Jacobsen (2000) e a média das duas formas polares é dada por:

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

3.2.2 Fonte de dados dispostos em WIOD

As configurações dos dados dispostos em WIOD são compostas por 27 países da Europa e outras 13 maiores economias do mundo. O Brasil é um deles. Para as demais economias não observadas exclusivamente, reserva-se o *Rest of the World (ROW)* o conjunto complementar dos demais países sem declarações específicas. Estas combinações de fluxos nacionais e internacionais fornecem uma ferramenta muito importante para a análise das

cadeias produtivas globais e seus efeitos sobre o emprego, valores adicionados e em nosso estudo sobre as pressões ambientais.

A informação importante dos tratamentos dos dados é em relação ao CO₂. Este é o único gás dos oito em estudo que está em *Kilotonnes*, o que se entende que os valores das Tabelas e gráficos dos resultados estarão em milhões de toneladas, porém deve-se considerar o CO₂ com milhões de *Kilotonnes* o que equivale a 1.000 vezes a mais.

Os dados são coletados do portal *WIOD* e seguem a ordem e siglas conforme a Tabela a seguir, porém os dados agregados originalmente são divididos em 40 países e mais o agregado que representa os demais países, onde cada uma das 41 unidades conforme a Tabela abaixo.

Tabela 3 – Configuração dos Dados e Populações dos Países em Estudo, 2015

ID.	Sigla	País	População	ID.	Sigla	País	População
Europa				Europa			
1	AUT	Áustria	8.230.692	23	PRT	Portugal	10.239.736
2	BEL	Bélgica	10.366.073	24	ROM	Romênia	23.700.528
3	BGR	Bulgária	9.350.371	25	SVK	Eslováquia	5.530.905
4	CYP	Chipre	754.000	26	SVN	Eslovênia	2.070.248
5	CZE	República Checa	10.741.138	27	SWE	Suécia	9.039.694
6	DEU	Alemanha	82.539.084	28	TUR	Turquia	58.731.956
7	DNK	Dinamarca	5.377.081	Ásia			
8	ESP	Espanha	40.706.868	1	CHN	China	1.175.731.064
9	EST	Estônia	1.633.249	2	IDN	Indonésia	186.417.694
10	FIN	Finlândia	5.270.325	3	IND	Índia	883.623.520
11	FRA	França	59.827.582	4	JPN	Japão	129.430.016
12	GBR	Reino Unido	60.318.336	5	KOR	Coréia	45.409.941
13	GRC	Grécia	10.726.234	6	RUS	Rússia	154.242.581
14	HUN	Hungria	10.736.656	7	TWN	Taiwan	21.713.120
15	IRL	Irlanda	3.666.748	América do Norte			
16	ITA	Itália	60.056.010	1	CAN	Canadá	28.505.254
17	LTU	Lituânia	3.891.338	2	MEX	México	84.499.631
18	LUX	Luxemburgo	393.536	3	USA	EUA	268.224.254
19	LVA	Letônia	2.736.830	América do Sul			
20	MLT	Malta	377.496	1	BRA	Brasil	156.381.680
21	NLD	Holanda	15.791.504	Austrália			
22	POL	Polônia	39.841.595	1	AUS	Austrália	18.367.927
ROW - Outros Países não identificados							

Fonte: WIOD (2016)

Segundo Timmer (2012) o *The World Input-Output Database* (WIOD) ou “Banco de Dados Mundial de Insumo-Produto” foi desenvolvido para verificar os efeitos da globalização sobre os padrões do comércio, as pressões ambientais e do desenvolvimento socioeconômico de um conjunto de países. A base de dados vem abranger 28 países da União Europeia (UE), 13 outros do restante do mundo e um representando os países não identificados, no período de 1995 a 2009.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1 DECOMPOSIÇÃO DAS VARIAÇÕES DOS GEE EM BUSCA DAS EXPLICAÇÕES SOBRE OS GASES

Com intuito de relacionar as emissões por gás que originaram suas variações a partir da decomposição da matriz insumo-produto, elaborou-se a Tabela 5 com o objetivo de compreender o comportamento dos efeitos sobre o volume de emissões no período estudado.

Tabela 4 - Emissões por Efeitos e Gases no Mundo, 1995 a 2009, em toneladas

Gás	Efeito Intensidade	Efeito Tecnologia	Efeito da Estrutura da Demanda Final	Efeito Variação da Demanda Final
CO ₂	-8.346.401	2.078.503	3.892.761	8.243.628
CH ₄	-48.366.734	-14.899.304	22.749.476	96.492.733
N ₂ O	-2.170.822	-536.424	146.873	3.859.899
NO _x	-35.421.821	3.249.129	11.989.195	34.982.551
SO _x	-74.457.704	18.481.244	26.957.632	38.211.349
CO	-80.319.382	105.747.160	81.895.343	185.914.078
NMVOC	-77.826.708	25.207.509	20.222.390	42.454.698
NH ₃	-4.222.770	-1.693.064	175.279	10.637.922

Fonte: Elaborado pelo autor baseado em WIOD (2016).

Há necessidade da realização de uma análise comparativa sobre o total da variação no período e a verificação dos impactos negativos para atmosfera, conforme a Tabela 6.

Tabela 5 – Análise Comparativa das Variações de Emissões dos Países por Efeitos, 1995 a 2009.

Gases	Efeitos da Decomposição (%)			
	Intensidade	Tecnologia	Variação da Demanda	Estrutura da Demanda
CO ₂	-14	35	66	14
CH ₄	-86	-27	41	17
N ₂ O	-16	-41	11	29
NO _x	-23	22	81	23
SO _x	-81	20	29	41
CO	-27	36	28	63
NMVOC	-77	25	20	42
NH ₃	-86	-35	4	21

Fonte: Elaborado pelo autor baseado em WIOD (2016)

Como já observado os recordes diários de crescimento de temperatura, no período de 2000 a 2009, foram observados no registro do desvio padrão de temperatura das Figuras 1 e 2. Algumas partes do mundo estão aquecendo-se mais rápido do que as outras e a tendência global ascendente de longo prazo é inequívoca.

Na Tabela 5 observa-se o que indica um esforço global em reduzir as emissões dos GEE, isto fica evidente no efeito intensidade, este efeito representa as emissões por milhões de dólares. Este foi negativo para todos os gases o que pode ser implicações das preocupações e tratamentos disseminados, de forma ampla, após o Protocolo de Quioto no Japão, em 1997, com a Conferência das Partes (COP-3).

A gestão do uso dos recursos naturais tem sido delegada a esfera pública. A intervenção do governamental é indispensável pelos instrumentos de comando e controle como forma influenciar a geração de uma matriz energética menos nociva ao meio ambiente.

O efeito tecnologia representando a forma de utilização do *mix* de insumos para gerar produtos e consecutivamente emissões. É necessário produzir com qualidade similar utilizando insumo que mitiguem a emissão de GEE para atmosfera. Este efeito foi negativo apenas para os gases CH₄, N₂O e NH₃.

Antes de discutir estes gases vale ressaltar que o efeito tecnologia é influenciado pelos Governos das nações como, por exemplo, as emissões de CO₂ em Portugal e na Irlanda recebem imposto sobre o carbono para incentivar a reciclagem. A receita do carbono é transferida para as famílias, neste caso, a maior incidência do imposto do carbono cai sobre o capital e não no trabalho. O efeito sobre a economia é devido às alterações nas competitividades dos setores da indústria transformadora e serviços mercantis.

No entanto os gases, nos quais o efeito tecnologia provocou redução tem utilizações interessantes para a economia. O gás natural, encontrado no subsolo terrestre ou marítimo, é constituído por uma mistura de hidrocarbonetos, cerca de 70%, formada pelo gás metano, por

isto ganha destaque quando é produzido de forma a colaborar com o meio ambiente. Este gás pode ser canalizados por tubulações e recolhidos para servir de combustíveis.

Pode-se justificar a redução do CH₄ através da sua utilização como combustível e entende-se por efeito tecnologia, por exemplo, quando se substitui combustíveis extraídos da natureza por este que vem de processos secundários.

Ainda com o efeito tecnologia que provocou redução em amônia também pode ser explicado que comercialmente é encontrada com o nome de amoníaco. A amônia possui aplicações por ter diversas propriedades e pelo seu baixo potencial de destruição da camada de ozônio. Destaca-se seu uso como fonte de nitrogênio na fabricação de fertilizantes, agente neutralizador na indústria do petróleo e gás de refrigeração em sistemas industriais.

O efeito estrutura da demanda é o segundo com maior impacto negativo para o meio ambiente. Este efeito pode ser traduzido como as escolhas dos consumidores, ou seja, cada consumidor maximiza sua vontade por meio de preceitos e orientações, porém determinadas escolhas são mais ou menos prejudiciais ao meio ambiente dependendo de quanto mais intensiva elas são em provocar emissões.

Neste ponto cabe ressaltar sobre o CO, o monóxido de carbono é membro da família dos asfixiantes químicos. Esse composto é um gás tóxico utilizado por indústrias químicas, no período em estudo, foi emitido em torno de 82 milhões de toneladas para atmosfera.

Entrando o pior efeito da decomposição, levando em consideração a ótica da preservação da qualidade do ar, foi o efeito variação da demanda que é conceituado como crescimento do consumo. Este aumento está ligado ao crescimento econômico do mundo, desta forma subtrai, pelo menos diretamente, a responsabilidade dos governos, uma vez que minimizar as variações das emissões é foco das nações. Esta desvinculação direta de responsabilidade é questionada, pois as externalidades da queima de reservas de combustíveis fósseis podem ser identificadas e relacionadas ao termo custo ambiental. Uma externalidade negativa que prejudica o meio ambiente, e influencia o resultado econômico, pois deve ser caracterizado como custo social ambiental de uma ação como outro qualquer na mensuração do passivo econômico ambiental.

O crescimento do consumo, observado através do efeito variação da demanda, além de liderar as variações positivas das emissões de GEE, retoma a preocupação para o CO que foram emitidas em torno de 186 milhões de toneladas, vale lembrar que o dióxido de carbono fica fora desta análise quantitativa por estar em unidade de medida diferente, *kilotonnes*.

Iniciando a análise da Tabela 5, por um ponto positivo, o efeito intensidade representa as emissões por dólar, teve impacto negativo no período para soma das emissões de todos os

países. O efeito tecnologia considera a mudança tecnológica de forma benéfica para o meio ambiente, teve impacto negativo sobre as emissões do período. Vale ressaltar que os dois efeitos podem ser influenciados diretamente por intervenções governamentais, instintivamente pode observar globalmente a atenção ao Protocolo de Quioto, onde os países desenvolvidos se comprometeram em reduzir a emissão de GEE em até 5,2% até 2012 e, em 80%, até 2050.

Pelo lado negativo da análise ambiental da Tabela 5, nota-se que o crescimento econômico mundial influenciou diretamente a variação da demanda. A mudança qualitativa do consumo desta demanda, a qual é representada pelo efeito estrutura, impactou positivamente as emissões de GEE na atmosfera do mundo. Numericamente o agravante ambiental fica por conta da emissão de quase 4 bilhões de toneladas do gás CO pelo efeito variação da demanda.

Para melhor entender os volumes destas variações faz uma análise relativa de ano a ano por gás, isto traz a noção da proporção de gases que poluem e destroem a camada de ozônio.

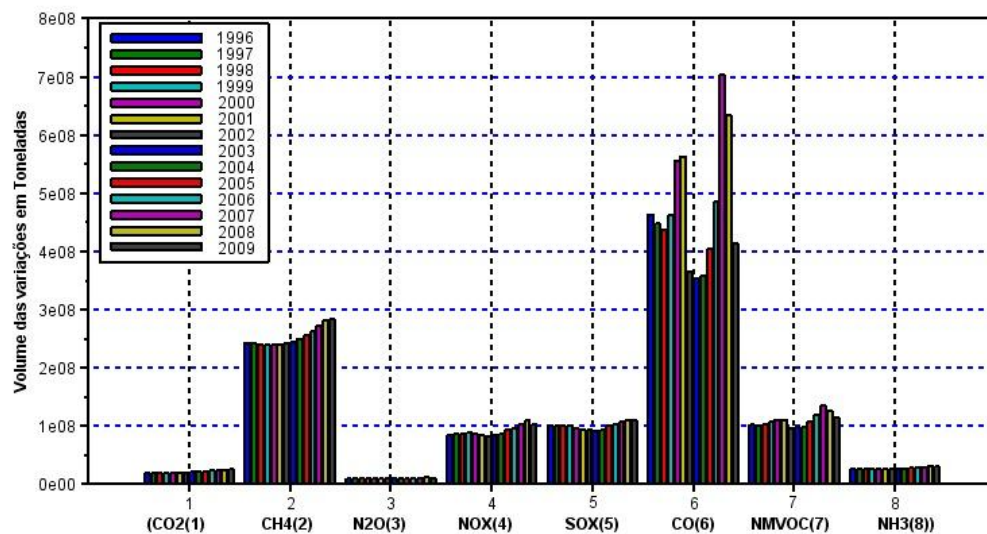


Gráfico 1 - Variações dos GEE, ano a ano, no período 1996 a 2009.

Fonte: Elaborado pelo autor baseado em WIOD (2016)

O gráfico 1 traz a informação que as variações de emissões entre um ano e outro são divergentes, o foco fica no CO, o qual foi o que mais evoluiu em todos os anos do estudo chegando no ápice em 2007, as variações nos demais anos do período comportaram-se de forma heterogênea. Grande parte do gás monóxido de carbono (CO) se origina das atividades humanas, podendo ser produzido pela combustão incompleta de matérias orgânicas

constituintes do elemento químico carbono, como a madeira, o papel, o óleo, o gás e a gasolina.

O desenvolvimento é o foco das atenções econômicas, conseqüentemente o crescimento precede o desenvolvimento, mas a discrepância entre um e outro traz malefícios para a sociedade. Um exemplo disto pode ser os impactos ambientais, os quais atualmente preconizam as causas das catástrofes naturais, que mostram sinais de esgotamento do Planeta.

Indagando sobre o peso de cada um dos efeitos no total das emissões do período por gases GEE, segue gráfico 2.

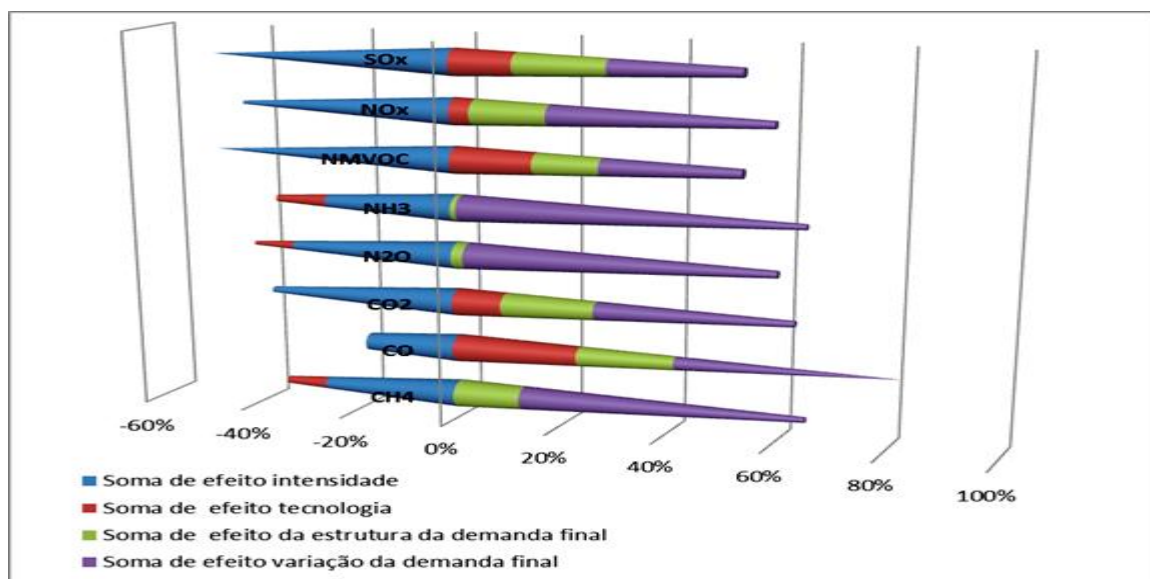


Gráfico 2 – Pegada por Efeito e GEE nas Emissões Mundiais, no período de 1996 a 2009.
Fonte: elaborado pelo autor baseado em WOID (2015).

O gráfico 2 mostra que o peso de cada efeito sobre o meio ambiente é desproporcional, por exemplo, quando houve benefício ambiental, reduções de emissões, este foi menor do que quando houve ampliação de emissões aliado ao custo social ambiental. Entendendo o gráfico tem-se que 60% da ampliação das emissões ficaram por conta dos três efeitos tecnologia, estrutura e variação da demanda. Os efeitos intensidade e parte do efeito tecnologia chegaram a reduzir 40% de emissões, contra um aumento, em torno de 80%, dos outros dois efeitos e a parcela do efeito tecnologia não ter sido benéfico.

Nota-se no gráfico 2 que o efeito intensidade teve queda sobre as emissões de todos os GEE em quantidade razoável, considerando a somatória em milhões de toneladas de emissões. A espessura dos cones azuis, no gráfico 2, representa a amplitude das variações sobre as emissões dos países que o efeito se caracterizou como redução. O efeito tecnologia

também teve involução na emissão dos gases NH₃, N₂O e CH₄, mas percebe-se que esta queda não foi significativa, porém nos outros GEE verificou-se o crescimento nas variações das emissões em monta superior a estes gases, nos quais o efeito provocou involução.

4.2 DECOMPOSIÇÃO DAS VARIAÇÕES DOS GEE EM BUSCA DA IDENTIFICAÇÃO DOS PAÍSES

Esta seção tem por escopo identificar e comparar, por país, as variações oriundas da decomposição da MIP. A análise comparativa apoia-se em três filtros, sendo primeiro o país cuja variação das emissões no período superou todos os outros. O segundo filtro fica para o país que está na linha de corte, ou seja, próximo de não ter aumentado suas emissões. E, por último, filtra-se o país que mais reduziu suas emissões, análise efetuada cada GEE sob estudo.

Nos resíduos gasosos considerando a experiência histórica, período 1995 a 2009, identifica-se que a busca governamental pela redução tem menor impacto do que o crescimento econômico em aumentar as emissões, porque os efeitos intensidade e tecnologia são de amplitude menor que os efeitos estrutura e variação da demanda. Para observar a proporcionalidade dos efeitos entre si isto foi observado o gráfico 2 da seção anterior.

Os países europeus superaram as emissões de CO₂ representando quase 3 milhões de toneladas por habitante no período de 1995 a 2009. O dióxido de carbono, segundo IPCC (2007), aumentou globalmente em cerca de 36% ao longo dos últimos 25 anos, por consequência do aumento do setor industrial até 2005.

A queima de combustíveis fósseis, como a gasolina e o óleo diesel, pelo setor de transportes é uma das maiores fontes de emissão de gases poluentes em ambientes urbanos. Os efeitos das emissões de gases no processo de combustão se fez sentir tanto em escala local, quanto em níveis regionais e globais as mudanças climáticas causadas pela poluição. A quantidade de CO₂ aumentou globalmente em cerca de 36% ao longo dos últimos 250 anos, por consequência do grande aumento do setor industrial até 2005 (IPCC, 2007).

O problema está voltado para o perigo de um aquecimento global da atmosfera devido às altas concentrações de GEE, através do agravamento do fenômeno chamado efeito estufa. Porém, relações de causa e efeito entre taxas de concentração de GEE na atmosfera e níveis de temperatura ainda são uma questão sem resposta definitiva (ROCHA, 1998).

As informações por gás GEE sobre os efeitos e os países estão nas Tabelas de 6 a 14, iniciando com dióxido de carbono (CO₂), Tabela 6.

Tabela 6 – Variações das Emissões de CO₂ pelos efeitos e por países, 1995 a 2009.

Item	Países	Efeitos da Decomposição (%)				
		Intensidade	Tecnologia	Estrutura da Demanda	Variação da Demanda	Variação Total
1	Indonésia	-11	29	13	47	78
2	Brasil	6	-14	-1	80	71
3	Índia	-15	-3	52	30	64
4	México	-24	4	2	69	51
5	Turquia	-30	41	1	29	40
6	Austrália	5	-31	13	51	38
7	Coréia	-31	23	6	40	38
8	Taiwan	-32	36	2	29	35
9	China	-33	19	35	14	35
10	Chipre	-34	35	1	31	33
11	Eslovênia	-19	-7	-9	66	31
12	Dinamarca	-25	8	-11	56	28
13	Malta	-32	28	-5	36	27
14	Grécia	-36	9	5	50	27
15	Row	-41	23	13	24	18
16	Portugal	-33	13	-11	43	11
17	Canadá	-44	6	1	48	11
18	Espanha	-44	15	1	39	11
19	Holanda	-22	-6	-17	55	11
20	Áustria	-34	18	-12	36	8
21	Finlândia	-30	-13	-5	52	4
22	Irlanda	-48	15	15	22	4
23	Suécia	-16	-17	-15	51	2
24	Rússia	-23	-27	3	47	0
25	EUA	-10	-26	-15	48	-3
26	Reino Unido	-19	-21	-14	46	-8
27	Japão	0	-15	-39	46	-8
28	França	-47	3	-8	42	-9
29	Itália	-15	-9	-31	45	-10
30	Polônia	-45	-10	14	30	-11
31	República Checa	-27	-24	-4	45	-11
32	Bélgica	-32	-11	-13	44	-11
33	Alemanha	-36	7	-20	37	-12
34	Lituânia	-43	-13	8	36	-12
35	Eslováquia	-33	-24	12	31	-14
36	Estônia	10	-55	-2	33	-15
37	Hungria	-11	-28	-20	42	-15
38	Letônia	-59	0	8	33	-17
39	Bulgária	-60	10	7	23	-19
40	Romênia	-47	-19	7	28	-32
41	Luxemburgo	-68	10	5	17	-36

Fonte: Elaborado pelo autor baseado em WIOD (2016).

A Indonésia aumentou em 78% a variação de suas emissões de CO₂ nota-se que em três efeitos da decomposição suas variações foram positivas, tecnologia, estrutura e variação da demanda. A Rússia foi o país que ficou próximo de não variar suas emissões neste período. A soma do efeito intensidade e tecnologia é 50%, ou melhor, houve esforço suficiente do governo da Rússia em diminuir emissões por milhões de dólares e procurar uma tecnologia de produção menos intensiva em despendar GEE. Luxemburgo obteve 68% de redução de variação no efeito intensidade e isto pode ter levado este país a ser o menor emissor de GEE no período.

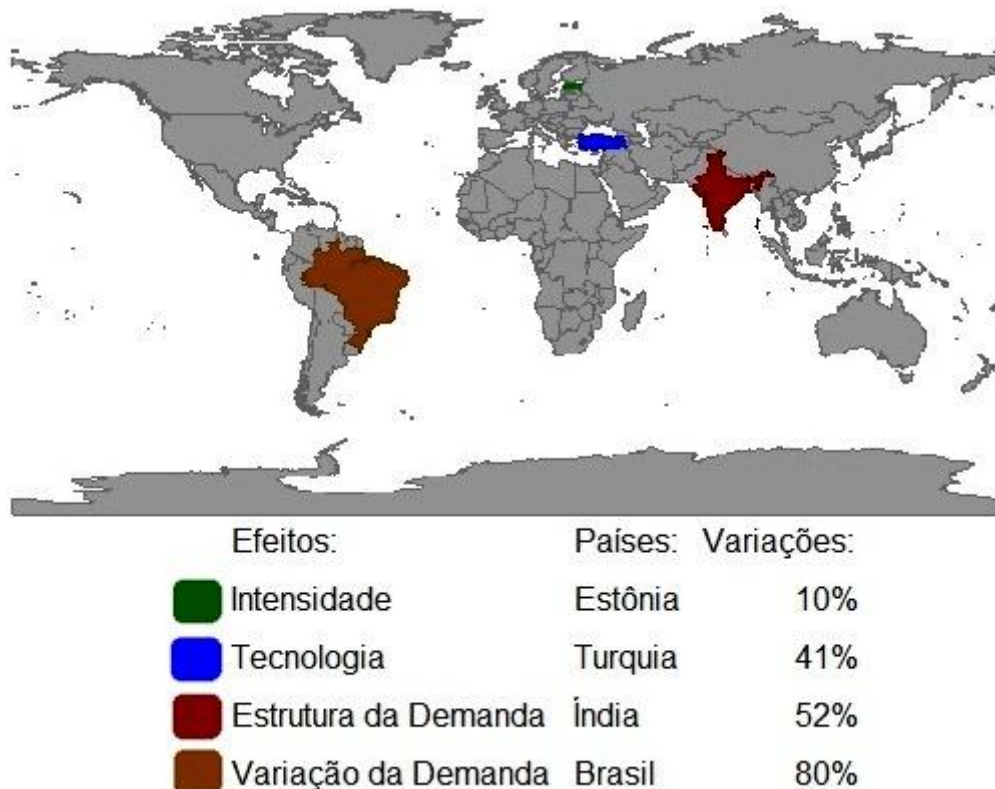


Figura 6 - Maiores Variações de CO₂ por Efeitos no Mundo, 1995 - 2009

Fonte: Elaborado pelo autor baseado em WIOD (2016)

A maior variação pelo efeito intensidade foi provocada pela Estônia. A Turquia elevou suas emissões em 41% pelo efeito tecnologia. A Índia e o Brasil provocaram, respectivamente, 52% e 80% nos efeitos estrutura e variação da demanda. Nota-se que os efeitos que tiveram maiores porcentagem de evolução fora os dois últimos, mas entende-se que o tipo de consumo e o aumento do uso de energias são maiores que os impactos provocados pelos dois primeiros efeitos, intensidade e tecnologia.

Tabela 7 – Variações das Emissões de CH₄ pelos efeitos e por países, 1995 a 2009.

Item	Países	Efeitos da Decomposição (%)				
		Intensidade	Tecnologia	Estrutura da Demanda	Varição da Demanda	Varição Total
1	Turquia	24	25	-2	49	95
2	Row	0	-1	-19	80	59
3	Indonésia	-21	23	3	53	58
4	Espanha	-11	-12	2	75	54
5	China	-34	1	40	24	33
6	EUA	10	-32	-2	56	32
7	Brasil	-35	9	4	52	30
8	Chipre	-16	9	-20	54	27
9	Índia	-18	-20	20	42	23
10	Portugal	-5	-10	-24	61	22
11	México	-25	-11	-6	58	17
12	Suécia	-19	5	-25	51	12
13	Canadá	-46	8	5	41	7
14	Estônia	-40	-7	11	42	6
15	Letônia	-42	-5	8	45	5
16	Rússia	-12	-28	-9	51	2
17	Austrália	-43	-7	7	43	1
18	Malta	-50	15	23	13	0
19	Dinamarca	-19	3	-31	47	0
20	Coréia	-41	17	-10	32	-1
21	Lituânia	-42	-9	12	37	-2
22	Eslovênia	-14	-8	-29	49	-2
23	Hungria	-40	10	-16	35	-10
24	Grécia	-37	-21	8	34	-16
25	Itália	-26	-7	-25	42	-16
26	Polônia	-16	-42	1	41	-16
27	República Checa	-7	-40	-11	42	-16
28	Irlanda	-18	-40	-3	40	-20
29	Romênia	-48	-12	8	32	-20
30	França	-49	7	-11	32	-21
31	Finlândia	-54	1	-9	36	-24
32	Áustria	-33	-4	-26	37	-27
33	Bulgária	-50	10	-15	24	-30
34	Japão	-26	-2	-38	34	-31
35	Holanda	-55	-7	-5	34	-32
36	Eslováquia	-47	-14	-6	33	-35
37	Bélgica	-39	-11	-18	32	-36
38	Alemanha	-44	-10	-18	28	-45
39	Reino Unido	-54	-11	-8	27	-46
40	Luxemburgo	-69	2	-13	17	-63
41	Taiwan	-89	3	-1	7	-81

Fonte: Elaborado pelo autor baseado em WIOD (2016)

A Turquia quase dobrou suas emissões no período, isto pode ter ocorrido quando o único efeito da decomposição da MIP turca que foi benéfico ao meio ambiente, o que corresponde à estrutura da demanda, em 2%. No CH₄ Malta ficou próximo de 0, ou seja, não obteve variações relevantes o que foi possível quando reduziu 50% as emissões pelo efeito intensidade. Já Taiwan foi líder em reduzir tanto no total como no efeito intensidade.

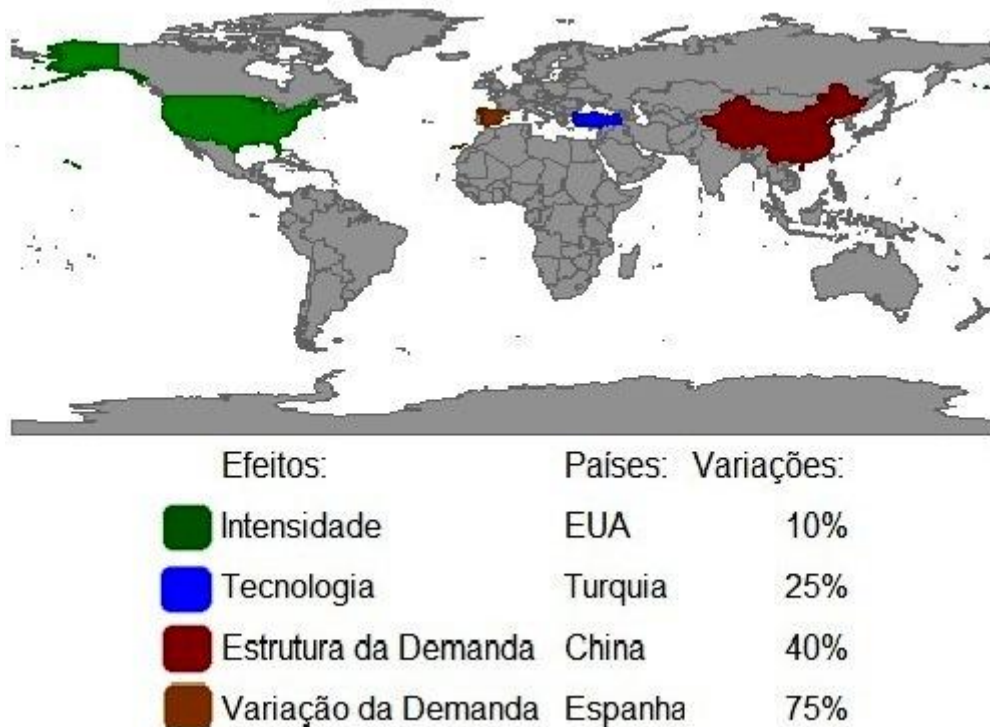


Figura 7 - Maiores Variações de CH₄ por Efeitos no Mundo, 1995 - 2009

Fonte: Elaborado pelo autor baseado em WIOD (2016)

O EUA teve efeito intensidade positivo em CH₄ aumentando em 10% a variação de suas emissões, já a Turquia além do CO₂ também no metano foi líder em aumentar as variações das emissões pelo efeito tecnologia. A China, um grande emissor de GEE, também obteve a maior variação no período para o efeito estrutura na emissão de metano. A Espanha aparece, pela primeira vez na análise, devido ao aumento de variação de emissão se apresentar de forma significativa nas emissões de metano pelo efeito variação da demanda.

O gás metano ganha destaque quando é produzido de forma a colaborar com o meio ambiente. Nos aterros os gases eliminados podem ser canalizados por tubulações e recolhidos para servir de combustíveis.

Tabela 8 – Variações das Emissões de N₂O pelos efeitos e por países, 1995 a 2009.

Item	Países	Efeitos da Decomposição (%)				
		Intensidade	Tecnologia	Estrutura da Demanda	Varição da Demanda	Varição Total
1	Lituânia	-12	-7	22	60	63
2	Estônia	-24	-3	7	67	47
3	Row	10	-11	-16	63	47
4	Índia	-16	-19	19	47	31
5	Brasil	-35	9	3	53	31
6	China	-35	-1	31	33	29
7	Austrália	-24	-12	3	62	29
8	Letônia	-20	-3	-13	64	28
9	Indonésia	-31	15	-10	45	20
10	Chipre	25	4	-41	29	17
11	México	-31	-11	-4	54	8
12	Polônia	-32	-15	11	43	7
13	Coréia	-35	23	-16	25	-4
14	Finlândia	-30	-9	-15	46	-7
15	Espanha	-42	-8	-3	46	-8
16	Taiwan	-41	11	-13	35	-8
17	Romênia	-16	-17	-21	45	-9
18	República Checa	-31	-3	-21	44	-11
19	Suécia	-35	1	-21	42	-12
20	Malta	-56	12	13	19	-12
21	Turquia	-52	19	-5	24	-15
22	Canadá	-53	-4	-1	42	-16
23	Portugal	-35	-3	-20	42	-16
24	EUA	-36	-14	-8	42	-17
25	Dinamarca	-40	3	-18	38	-17
26	Eslovênia	-16	-14	-29	41	-19
27	Áustria	-30	-4	-26	40	-21
28	Hungria	-47	4	-14	35	-21
29	Itália	-25	-13	-22	39	-21
30	Bulgária	-37	16	-24	23	-21
31	Alemanha	-40	-4	-18	37	-25
32	Rússia	-46	-11	-6	37	-26
33	França	-65	6	2	27	-30
34	Irlanda	-39	-27	0	34	-32
35	Eslováquia	-64	-2	3	31	-32
36	Grécia	-28	-38	2	32	-32
37	Bélgica	-49	-6	-11	34	-33
38	Japão	-29	-5	-33	33	-34
39	Reino Unido	-37	-26	-6	30	-39
40	Holanda	-60	-8	-3	30	-41
41	Luxemburgo	-73	2	-12	13	-71

Fonte: Elaborado pelo autor baseado em WIOD (2016).

A Lituânia superou o mundo em percentual de aumento de variação de emissão do gás N_2O , em 60% no período estudado, no efeito variação da demanda. A Polônia ficou com 7% de variação de aumento de emissão de óxido de nitrogênio. O ponto positivo foi que Luxemburgo foi líder em redução das emissões de N_2O .

Os óxidos de nitrogênio presentes na atmosfera provêm de fontes naturais, tais como atividade vulcânica, queima de biomassa e atividade bacteriana. Entretanto a combustão realizada para transporte e obtenção de energia constituem as principais fontes de formação destes óxidos.

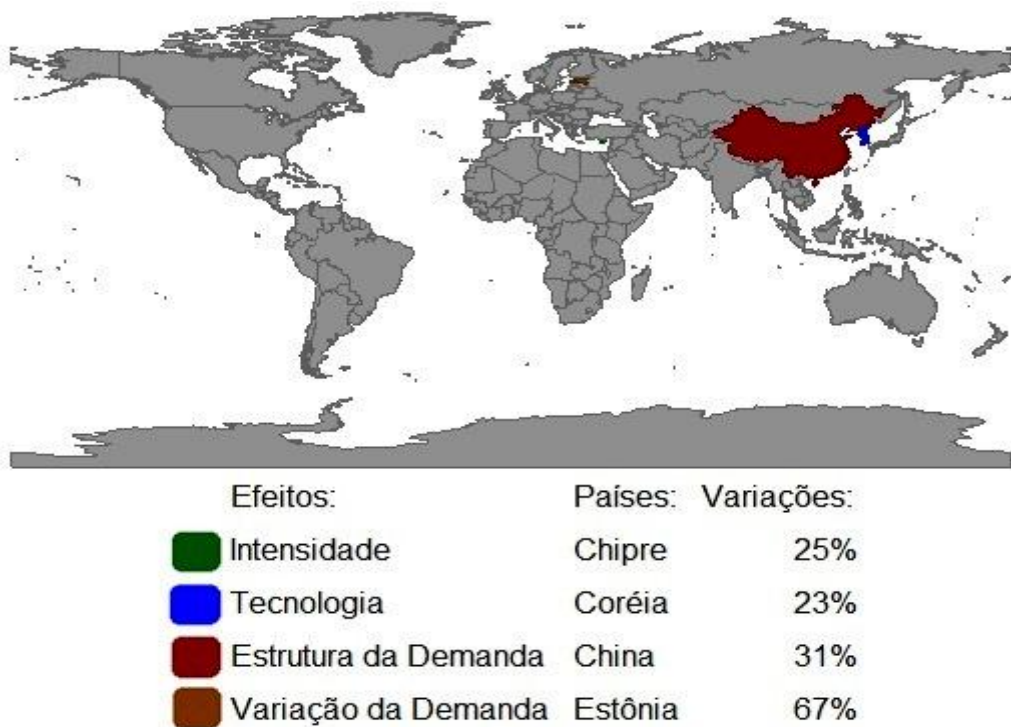


Figura 8 - Maiores Variações de N_2O por Efeitos no Mundo, 1995 - 2009

Fonte: Elaborado pelo autor baseado em WIOD (2016)

Na emissão de óxido de nitrogênio aparece o Chipre, um pequeno país, porém sua variação foi de 25% no efeito intensidade, mesmo que em volume pode não ser de grande emissor de gases, mas por análise comparativa o crescimento de suas emissões é significativo. A Coreia cresceu em 31% as variações de suas emissões pelo efeito estrutura da demanda e pode-se entender pouco investimento em políticas ambientais, sendo que este efeito representa a intenção de usar insumo menos nocivo na diversificação da produção. A Estônia além do CO_2 também apareceu como líder em evoluir as emissões deste gás pelo efeito variação da demanda.

Tabela 9 – Variações das Emissões de NO_x pelos efeitos e por países, 1995 a 2009.

Item	Países	Efeitos da Decomposição (%)				Variação Total
		Intensidade	Tecnologia	Estrutura da Demanda	Variação da Demanda	
1	Indonésia	3	34	-2	61	97
2	Dinamarca	-7	28	17	48	86
3	Índia	3	-10	48	39	79
4	Turquia	-18	37	3	42	65
5	China	-24	12	43	21	51
6	Austrália	5	-29	8	58	42
7	México	-29	-2	3	65	37
8	Taiwan	-33	34	1	31	34
9	Brasil	-26	-4	-3	66	32
10	Áustria	-10	10	-26	54	29
11	Row	-37	16	10	37	26
12	Lituânia	-33	-8	16	44	20
13	Eslovênia	-28	-4	-8	59	17
14	Hungria	10	-22	-21	47	13
15	Suécia	-24	-13	-13	50	0
16	Chipre	-47	22	-3	28	0
17	Malta	-49	18	-1	32	-1
18	Coréia	-51	17	1	31	-2
19	Rússia	-30	-22	0	48	-3
20	Letônia	-52	8	11	29	-4
21	Japão	-9	-7	-36	47	-5
22	Portugal	-43	7	-10	40	-6
23	Espanha	-53	8	0	38	-7
24	Canadá	-54	1	1	44	-9
25	Irlanda	-55	5	13	27	-10
26	Estônia	-21	-34	8	37	-11
27	Grécia	-57	17	3	23	-14
28	Holanda	-43	-8	-8	41	-17
29	Alemanha	-45	10	-17	29	-23
30	Polônia	-57	-5	12	26	-23
31	Bulgária	-62	14	5	20	-24
32	Finlândia	-50	-10	-3	38	-24
33	Romênia	-56	-9	8	27	-30
34	Luxemburgo	-65	7	9	19	-30
35	Reino Unido	-56	-7	-2	35	-30
36	França	-57	-1	-7	35	-30
37	República Checa	-48	-11	-7	34	-31
38	EUA	-46	-17	-5	32	-36
39	Bélgica	-56	-4	-9	31	-37
40	Itália	-47	-5	-19	30	-40
41	Eslováquia	-48	-25	6	21	-46

Fonte: Elaborado pelo autor baseado em WIOD (2016).

Novamente Indonésia ficou com o primeiro lugar em emissões de óxido nitroso obtendo uma elevação em 97% de variação no período, a Suécia ficou próximo de não aumentar suas emissões neste gás, no entanto a Eslováquia reduziu em torno de 47% suas variações nas emissões de NO_x

A Índia é lembrada, pelo desastre de Bopal que levou a morte 16.000, mas mesmo assim juntamente com China, não mostrou intensivamente preocupada como as emissões de NO_x e outros gases.



Efeitos:	Países:	Variações:
■ Intensidade	Hungria	10%
■ Tecnologia	Turquia	37%
■ Estrutura da Demanda	Índia	48%
■ Variação da Demanda	Brasil	66%

Figura 9 - Maiores Variações de NO_x por Efeitos no Mundo, 1995 - 2009

Fonte: Elaborado pelo autor baseado em WIOD (2016)

O óxido nitroso é naturalmente um dos principais gases responsáveis pelo aquecimento global por consumir o ozônio na estratosfera.

Novamente um país pequeno em território apareceu no efeito intensidade, este efeito é influenciado por política de controle de emissões, deste modo pode-se entender que a Hungria não obteve sucesso em reduções quando variou em 10% as emissões de GEE por este efeito. A Turquia aparece pela terceira vez, sendo na emissão dos gases CO₂, CH₄ e agora no NO_x, com aumentou em 37% de variação no período. Portanto a Índia e o Brasil também chegam como maiores variantes nos efeitos estrutura e variação da demanda pela segunda vez, sendo a primeira em CO₂ e a segunda com, respectivamente, 48% e 66% de variação nas emissões do gás NO_x.

Tabela 10 – Variações das Emissões de SO_x pelos efeitos e por países, 1995 a 2009.

Item	Países	Efeitos da Decomposição (%)				
		Intensidade	Tecnologia	Estrutura da Demanda	Variação da Demanda	Variação Total
1	Indonésia	18	33	12	37	100
2	Índia	7	-12	45	35	76
3	Austrália	23	-30	8	40	41
4	China	-33	16	35	16	34
5	Taiwan	-40	33	0	27	20
6	Rússia	-13	-27	8	51	19
7	Turquia	-48	25	7	19	4
8	Row	-48	23	9	19	3
9	Brasil	-44	-2	-4	50	1
10	Dinamarca	-51	18	9	22	-1
11	Japão	-6	-11	-34	49	-2
12	Chipre	-57	21	5	17	-14
13	Canadá	-54	-2	-2	42	-16
14	Grécia	-57	17	0	25	-16
15	Bulgária	-59	19	6	15	-19
16	Coréia	-60	13	7	20	-20
17	México	-62	1	6	31	-24
18	Finlândia	-47	-12	-3	38	-25
19	Áustria	-57	10	-8	24	-31
20	Suécia	-52	-8	-7	33	-34
21	Malta	-69	9	2	21	-37
22	EUA	-44	-19	-5	31	-38
23	Estônia	-19	-50	5	26	-38
24	Espanha	-69	11	3	16	-38
25	Romênia	-45	-24	1	29	-39
26	Portugal	-71	6	0	23	-42
27	Irlanda	-71	4	10	15	-42
28	Holanda	-60	-4	-8	28	-44
29	Polônia	-64	-9	9	18	-46
30	Lituânia	-66	-9	7	18	-50
31	França	-75	2	-3	21	-55
32	Eslováquia	-52	-26	5	18	-55
33	Bélgica	-70	-4	-5	21	-58
34	Luxemburgo	-80	1	5	13	-61
35	Alemanha	-74	4	-6	15	-62
36	Reino Unido	-77	0	-3	19	-62
37	Itália	-67	-4	-11	18	-64
38	Eslovênia	-64	-12	-7	17	-66
39	Hungria	-60	-18	-6	16	-69
40	Letônia	-79	-7	2	12	-71
41	República Checa	-78	-9	1	12	-74

Fonte: Elaborado pelo autor baseado em WIOD (2016).

A Indonésia chega ao ápice da análise comparativa sendo evidente que não procurou em nenhum dos efeitos reduzir as emissões de SO_x, chegando a dobrar suas emissões no período. O Brasil ficou próximo de não variar suas emissões para mais de óxido sulfuroso, o líder em reduzir sua emissão foi a República Checa, com 74% de variação de redução .

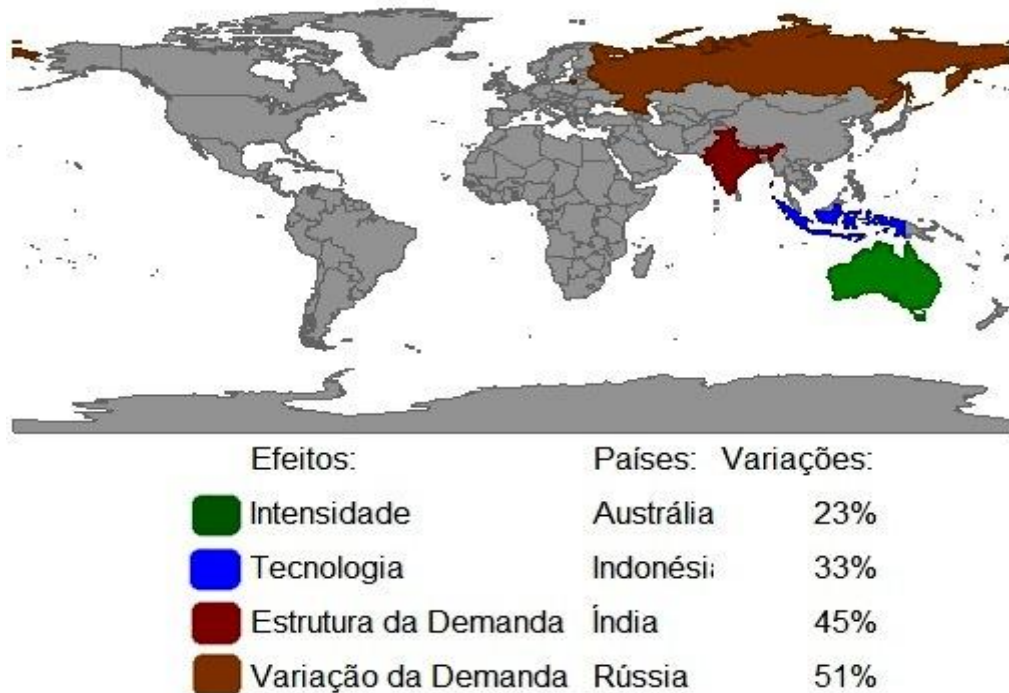


Figura 10 - Maiores Variações de SO_x por Efeitos no Mundo, 1995 – 2009.

Fonte: Elaborado pelo autor baseado em WIOD (2016)

O dióxido de enxofre, por instrumentos de comando e controle mundiais, vem deixando de ser utilizado em refrigeradores comerciais e domésticos, atualmente é produzido para oxidação posterior na fabricação de ácido sulfúrico. Na atmosfera bloqueia o processo de fotossíntese por destruir a clorofila. Nos organismos vivos pode atingir uma acidez bastante elevada que provoca o bloqueio da enzima ribulose difosfato carboxidismutase que estimula a respiração.

A Austrália e a Indonésia aumentaram, respectivamente, em 23% e 33% as emissões de gases nos efeitos intensidade e tecnologia. Estes efeitos podem ser controlados por políticas ambientais, mas houve aumento das emissões do gás SOX no período. A Índia pela terceira vez aparece consecutivamente no efeito estrutura para a emissão dos gases CO₂, NOX e SOX com variação de 45%. E a Rússia surge como líder em evoluir nas emissões no efeito variação da demanda com aumento de 51%.

Tabela 11 – Variações das Emissões de CO pelos efeitos e por países, 1995 a 2009.

Item	Países	Efeitos da Decomposição (%)				
		Intensidade	Tecnologia	Estrutura da Demanda	Variação da Demanda	Variação Total
1	Índia	11	4	48	37	100
2	Eslovênia	10	7	7	76	100
3	Canadá	18	7	5	70	100
4	Irlanda	-1	16	29	54	99
5	Romênia	48	-2	12	38	96
6	Espanha	62	0	-6	32	87
7	Dinamarca	40	9	-7	44	86
8	Finlândia	55	-1	-7	38	85
9	Austrália	67	-11	2	21	78
10	Grécia	30	-11	4	55	78
11	França	-3	8	-9	80	77
12	Portugal	47	1	-12	40	76
13	Coréia	-8	38	-5	49	74
14	Áustria	19	15	-13	53	73
15	Rússia	57	-10	-4	30	73
16	Hungria	52	-9	-6	34	70
17	Polônia	7	-16	15	62	69
18	Suécia	50	-3	-13	34	68
19	Holanda	37	-5	-12	47	67
20	Alemanha	40	0	-22	38	56
21	Bélgica	19	-12	-12	57	52
22	Brasil	44	-13	-12	31	51
23	EUA	34	-25	-1	40	49
24	Japão	41	-8	-18	33	47
25	México	22	-16	-11	51	46
26	China	-28	23	33	15	43
27	Lituânia	-4	-24	10	62	43
28	República Checa	-14	-9	-8	70	39
29	Estônia	14	-31	35	20	38
30	Row	-33	29	9	29	35
31	Luxemburgo	37	-34	6	23	33
32	Taiwan	-35	8	36	22	31
33	Eslováquia	17	-36	14	33	29
34	Bulgária	13	-37	6	44	26
35	Indonésia	-39	13	11	38	23
36	Turquia	-35	24	-7	35	17
37	Reino Unido	-14	-21	-9	56	12
38	Letônia	-49	7	6	38	1
39	Chipre	-51	11	-11	27	-24
40	Malta	-63	11	4	22	-27
41	Itália	-43	-6	-18	33	-34

Fonte: Elaborado pelo autor baseado em WIOD (2016).

A Índia dobrou suas emissões de monóxido de carbono, o efeito variação da demanda não contribuiu com este índice. No entanto, pode-se perceber os baixos resultados do esforço da Índia em reduzir as emissões nos efeitos intensidade e tecnologia. A Lituânia ficou na linha de corte, aumentou suas emissões em 1%, mas o CO tem um agravante porque o país que mais reduziu suas emissões, a Itália, foi em torno de 34% apenas.

Os efeitos nocivos a saúde humana são provocados pela intoxicação resultante de exposição prolongada, mesmo que em baixas concentrações de monóxido de carbono, pode ocasionar efeitos como insônia, dor de cabeça, tonturas, distúrbios visuais, alterações auditivas, doenças respiratórias, entre outros.

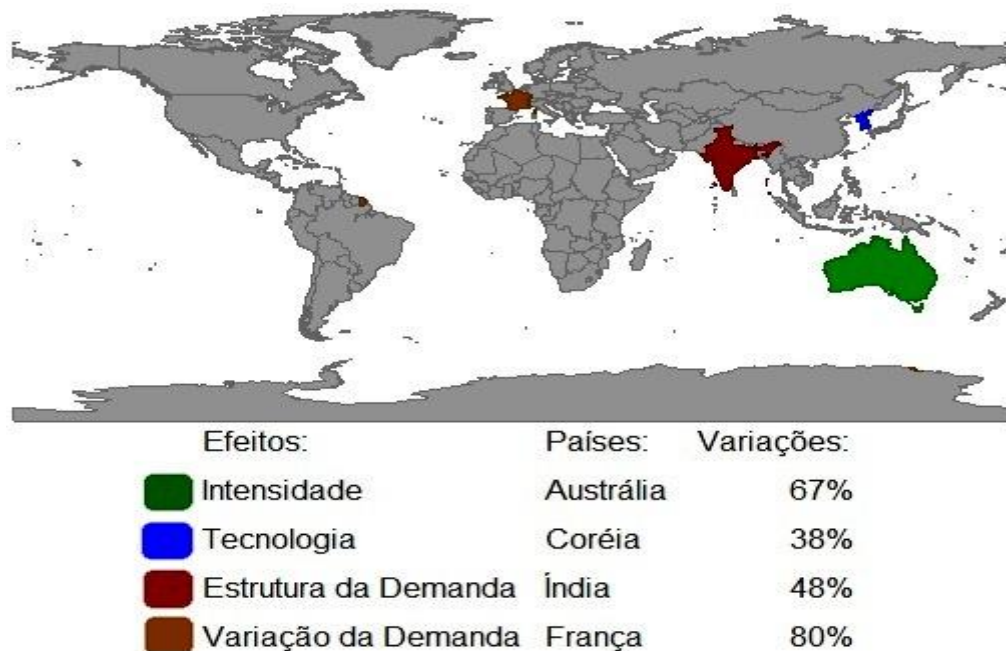


Figura 11 - Maiores Variações de CO por Efeitos no Mundo, 1995 – 2009.

Fonte: Elaborado pelo autor baseado em WIOD (2016)

A Austrália surpreende quando chega a elevar a variação em 67% as emissões de CO pelo efeito intensidade, uma vez que a maioria dos países em estudo reduzem por este efeito suas emissões. A Coréia reaparece no efeito tecnologia com 38% de variação de aumento em emissões de monóxido de carbono, depois de ser líder no mesmo efeito no gás óxido de nitrogênio. A Índia pela quarta vez surge com 48% de variação de aumento de emissão no gás CO, assumindo como país líder pelo efeito estrutura da demanda. A França surge pela primeira vez, em um efeito considerado provocado pelo crescimento e sem vínculo com políticas econômicas que o efeito variação, aumentou em 80% a variação de suas emissões.

Tabela 12 – Variações das Emissões de NMVOC pelos efeitos e por países, 1995 a 2009.

Item	Países	Efeitos da Decomposição (%)				
		Intensidade	Tecnologia	Estrutura da Demanda	Varição da Demanda	Varição Total
1	Coréia	-28	24	-2	47	41
2	Índia	-30	3	38	28	40
3	Turquia	-15	32	-16	37	38
4	Rússia	-20	-11	-4	65	30
5	Portugal	4	-1	-35	60	29
6	Austrália	-12	-24	0	64	27
7	Brasil	4	-23	-15	58	24
8	China	-39	17	30	13	21
9	Indonésia	-43	14	7	36	14
10	México	-22	-13	-11	54	8
11	Romênia	-33	-15	7	44	4
12	Row	-48	24	7	21	4
13	Dinamarca	-30	-3	-18	50	0
14	Chipre	-35	15	-15	35	-1
15	Eslovênia	-51	0	8	41	-2
16	Lituânia	-55	3	3	39	-10
17	Taiwan	-55	10	21	15	-10
18	Canadá	-55	4	4	37	-10
19	Espanha	-44	-6	-6	44	-11
20	Irlanda	-56	6	10	28	-12
21	Áustria	-43	7	-13	37	-13
22	Estônia	-45	-14	15	27	-17
23	Japão	-26	-3	-30	40	-20
24	Polônia	-60	6	11	23	-20
25	Letônia	-61	6	12	21	-21
26	Grécia	-52	-2	-7	39	-23
27	Suécia	-50	-2	-11	37	-26
28	Alemanha	-49	-2	-12	36	-27
29	Luxemburgo	-63	-2	6	30	-28
30	Hungria	-34	-19	-12	35	-29
31	República Checa	-68	4	0	27	-36
32	França	-66	5	-2	26	-37
33	EUA	-53	-13	-3	31	-38
34	Bulgária	-65	10	-5	20	-40
35	Finlândia	-66	-5	-1	28	-43
36	Eslováquia	-63	-9	3	25	-44
37	Reino Unido	-47	-16	-9	28	-44
38	Malta	-73	4	0	23	-47
39	Itália	-53	-5	-17	25	-50
40	Holanda	-66	-3	-6	24	-51
41	Bélgica	-70	-3	-4	24	-53

Fonte: Elaborado pelo autor baseado em WIOD (2016).

A Coréia ficou como maior emissor de gases da família dos COVs, sendo eles de fontes antropogênicas como a combustão, armazenamento e transporte de combustíveis, emissões industriais, uso de solventes e a evaporação proveniente dos materiais de construção. A Dinamarca quase não alterou suas emissões ao longo do período em estudo. A Bélgica reduziu neste gás em 53 suas emissões.

No Brasil são conhecidos pela sigla de COVs (compostos orgânicos voláteis) podem ser hidrocarbonetos saturados e insaturados e hidrocarbonetos oxigenados. Os efeitos destas substâncias na saúde humana variam entre sintomas simples até riscos mais sérios, sendo que foram decretados regulamentos para limitar suas emissões, substâncias que são emitidas por quase todas as indústrias.

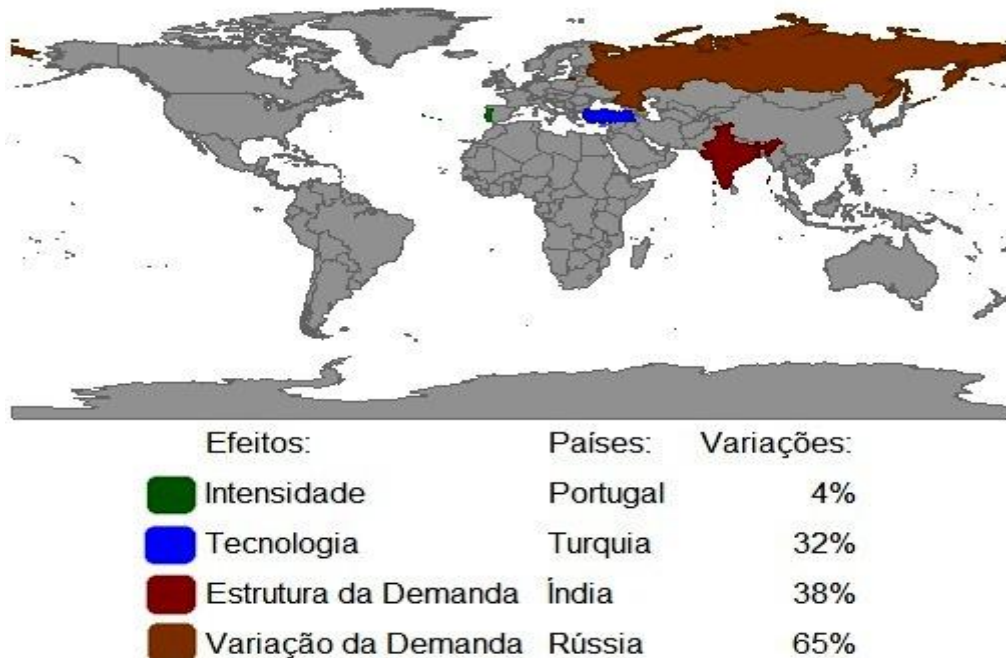


Figura 12 - Maiores Variações de NMVOC por Efeitos no Mundo, 1995 – 2009.
Fonte: Elaborado pelo autor baseado em WIOD (2016)

Portugal aumentou em 4 as emissões em NMVOC quando este efeito influenciou de forma ampla a involução de GEE na atmosfera para o mundo no período estudado. A Turquia se classifica como o vice-líder como maior variante em: CO₂, CH₄, NO_x e NMVOC com aumento de 38 sempre pelo efeito tecnologia. Porém a Índia pela quinta vez aparece no efeito estrutura da demanda com 38 de aumento. A Rússia chega a sua segunda vez com 65 de variação.

Tabela 13 – Variações das Emissões de NH₃ pelos efeitos e por países, 1995 a 2009.

Item	Países	Efeitos da Decomposição (%)				
		Intensidade	Tecnologia	Estrutura da Demanda	Variação da Demanda	Variação Total
1	Malta	27	10	-14	49	72
2	Row	8	-8	-18	66	48
3	China	-25	-7	30	38	35
4	Indonésia	-20	17	-13	51	35
5	Índia	-11	-22	16	51	34
6	Brasil	-35	11	3	51	31
7	México	-17	-15	-5	63	26
8	Canadá	-23	-11	-5	61	22
9	Turquia	-6	12	-34	48	21
10	EUA	-11	-18	-14	57	14
11	Austrália	-39	-5	1	56	13
12	Espanha	-25	-14	-7	55	9
13	Coréia	-21	24	-31	24	-5
14	França	-47	11	-6	36	-6
15	Hungria	-40	24	-13	23	-6
16	Finlândia	-19	-10	-25	46	-7
17	Letônia	-34	-7	-13	46	-8
18	Alemanha	-25	-4	-25	46	-8
19	Portugal	-27	-4	-23	46	-9
20	Áustria	-9	-8	-38	45	-9
21	Polônia	-33	-23	4	41	-12
22	Chipre	2	2	-56	40	-12
23	Romênia	-26	-7	-24	43	-14
24	Eslovênia	-4	-16	-37	43	-14
25	Irlanda	-9	-44	-5	42	-16
26	Lituânia	-42	-16	11	30	-17
27	Itália	-15	-18	-26	41	-18
28	Japão	-10	-1	-50	39	-22
29	Estônia	-62	6	3	29	-25
30	Suécia	-42	2	-21	36	-25
31	Reino Unido	-20	-34	-8	37	-25
32	Grécia	-18	-46	2	34	-28
33	Luxemburgo	-19	-28	-18	34	-32
34	Dinamarca	-46	0	-21	33	-35
35	República Checa	-44	-4	-20	32	-36
36	Bulgária	-47	12	-22	20	-37
37	Holanda	-51	-11	-6	31	-39
38	Taiwan	-44	-7	-20	30	-41
39	Bélgica	-40	-6	-24	30	-41
40	Eslováquia	-69	-2	2	28	-42
41	Rússia	-61	-8	-5	26	-48

Fonte: Elaborado pelo autor baseado em WIOD (2016)

Malta novamente superou todos os países em emissões de amônia chegando a 72 de aumento, a Espanha dentre os países que aumentaram foi o menor índice com 7. A Rússia agora aparece com benefício ao meio ambiente reduzindo este tipo de gás na atmosfera em 47.

A amônia destaca-se pelo seu uso como fonte de nitrogênio na fabricação de fertilizantes, agente neutralizador na indústria do petróleo e gás de refrigeração em sistemas industriais. Sua geometria espacial é piramidal de base triangular (FELIX, 2004).

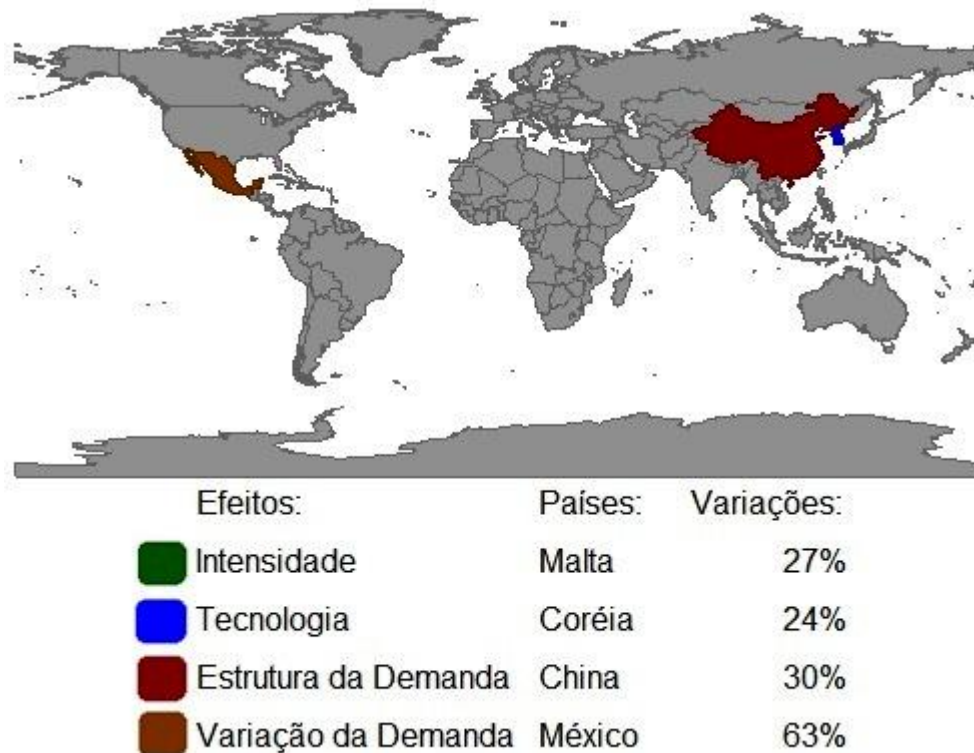


Figura 13 - Maiores Variações de NH_3 por Efeitos no Mundo, 1995 - 2009
Fonte: Elaborado pelo autor baseado em WIOD (2016)

O efeito intensidade teve característica comum ao longo dos estudos por ser influenciada positivamente por países pequenos como é o caso de Malta com 25% de aumento nas emissões de amônia. A Coréia pela terceira vez superou no efeito tecnologia, e na amônia evoluiu em 30% as emissões no período. O México emitiu 63% a mais de NH_3 no período se levar em consideração somente o efeito variação da demanda.

Observa-se na Tabela 14 uma estatística de países redutores e não redutores seguindo as influencias da decomposição da MIP.

Tabela 14 – Indicador sobre a Análise dos Países por Gás no período de 1995 - 2009 .

Indicador	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	SO _x	CO	NMVOC	NH ₃	Média
Países que reduziram	16	22	29	15	32	3	28	29	21
Países que mantiveram	1	2	0	2	0	0	1	0	1
Países que Aumentaram	24	17	12	24	9	38	12	12	19

Fonte: Elaborado pelo autor baseado em WIOD (2016)

Observando a Tabela 14, nota-se que na análise comparativa sobre os países o meio ambiente foi favorecido uma vez que houve mais países que reduziram as suas emissões, porém ao adentrar na questão de volume cabe verificar a comparação entre a China e os líderes de cada gás, conforme a Tabela a seguir..

Tabela 15 – Relação de países líderes em emissões de GEE comparados a China, 1995 a 2009.

Siglas	Gases	Países Líderes	Relatividade com as emissões da China (%)
CO ₂	Dióxido de Carbono	Indonésia	40
CH ₄	Monóxido de Carbono	Turquia	20
N ₂ O	Metano	Lituânia	5
NO _x	Óxidos de Nitrogênio	Indonésia	12
SO _x	Óxido Nitroso	Indonésia	22
CO	Óxidos de Enxofre	Índia	46
NMVOC	Non-Methane Volatile Organic Compounds	Coréia	40
NH ₃	Amônia	Malta	7

Fonte: Elaborado pelo autor baseado em WIOD (2016).

A Tabela 15 apresenta volume de emissão de GEE, por gás, para trazer à tona o crescimento das emissões em uma análise comparativa. Nas análises existem países que em valores absolutos emitem menos que outros maiores, portanto, como foi visto através das informações sobre a Indonésia que em volume é irrelevante perante a China, mas, na análise de Relatividade com as emissões da China, em crescimento das variações supera a China e EUA nos gases CO₂, NO_x e SO_x.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo geral consistiu em decompor as variações de GEE a partir da MIP e analisar os efeitos intensidade, tecnologia, estrutura e variação da demanda para identificar o comportamento dos gases e países.

Através desta pesquisa foi possível demonstrar que o monóxido de carbono foi o gás que obteve maior variação de emissão chegando a aumentar em 185 milhões de toneladas. E este foi subseguido pelo metano que obteve participação significativa nas variações positivas, com 96 milhões de toneladas em emissões para a atmosfera. É importante ressaltar que o dióxido de carbono é o líder em volume, devido a unidade de medida ser em *kilotonnes*. Quanto aos efeitos, o efeito estrutura e variação da demanda constantemente foram prejudiciais para a atmosfera. O efeito intensidade reduziu para o mundo nos oito gases analisados. Este efeito mostrou favorável às orientações mundiais para os governos investirem em reduzir os GEE. Já o efeito tecnologia reduziu nos gases metano, óxido de nitrogênio e amônia emissões e comportou-se entre os países de forma heterogênea. Neste ponto ficou subentendido a falta de comprometimento das nações com a medida ambiental, internacionalmente adotada, contra o efeito estufa.

Observa um ponto positivo do efeito tecnologia, a redução de NH₃, N₂O e CH₄, respectivamente, amônia, óxido de nitrogênio e metano, onde o primeiro é causado pelo vazamento nos sistemas de refrigeração em ambientes fechados, o que pode representar perigos aos trabalhadores do local. O segundo pode ocasionar problemas significativos na camada de ozônio, o que resultaria em um aumento na entrada da radiação ultravioleta, cujo efeito também é drástico sobre a incidência de câncer, além disto, impacta fortemente no aquecimento global.

O aproveitamento da justificativa deste trabalho foi quando a observação em oito gases para o mundo possibilitou o comportamento geral em sistema fechado, pois o mundo está fechado por uma única atmosfera, a qual está sendo poluída por todos os países. Sendo assim vale reafirmar as prerrogativas dos efeitos.

O efeito intensidade pode ser observado como um marco na intensão que o mundo detém em reduzir as emissões, pois a relação emissões por milhares de dólares serve como um indicador, o qual as nações através de políticas restritivas e conscientizações, e este têm força e controle governamental sobre os geradores.

O efeito tecnologia está ligado diretamente com ações governamentais, pois determinado país tem seu modo de escolher importar seus insumos de outro país que tenha

controle de emissões sobre o tal insumo. Assim após transformar este insumo em produto a origem dele remonta ao pressuposto de que se deve escolher no *mix* os insumos que são menos nocivos ao meio ambiental. Isto se resume em tecnologia de produção. Por outro lado, este exemplo, leva a entender que a utilização dos recursos naturais pode ser controlada pela legislação ambiental e cumprimento as exigências governamentais.

O efeito estrutura, tipo e característica do consumo, juntamente com variação da demanda, aumento do consumo, saem do controle direto dos governantes e confronta entre interesse de crescimento econômico e qualidade do ar.

Há discrepância entre a amplitude dos efeitos que reduziram as emissões e os que aumentaram no período, leva a entender que uma possibilidade de solução está no desenvolvimento de uma matriz energética com fonte de geração renovável e limpa.

Uma análise adjacente ao objetivo deste trabalho foi que o estudo permite afirmar que o EUA comportou-se sempre abaixo da média, ou seja, suas variações em 5 dos GEE e também para os quatros efeitos ficam menor que a média das variações das emissões mundiais, quebrando esta afirmação nos gases, amônia, monóxido de carbono e metano. O esforço norte americano ao aderir ao MDLs surpreende na análise comparativa, dentre outros trabalhos e estudos que levam em consideração o volume e sugere que as grandes nações econômicas são as maiores emissoras. Corroborando com as pesquisas, este estudo mostrou que se permanecendo o esforço, em longo prazo, o EUA pode sair da lista dos maiores emissores mundiais de GEE.

Complementando a análise adjacente os países China, Brasil, Índia, Rússia, Indonésia e Austrália se mantiveram sempre acima da média das variações das emissões de GEE mundiais. A característica comum entre estes países é a questão de estarem em desenvolvimento econômico, e isto leva ao entendimento conceitual dos efeitos estrutura e variação da demanda, pois a escolha do consumidor influencia a estrutura da demanda, e o crescimento econômico faz variar o consumo.

Para os demais países as principais identificações foram a Indonésia aumentou em 78% as emissões em CO₂, dobrou suas variações em SO_x e variou em 97% as emissões em Nox, ficando como o único país que foi líder em variações em três gases. No CH₄, a Turquia aumentou as emissões em 95%. A Lituânia chegou a acrescentar em 63% suas emissões em N₂O. A Índia foi líder no gás CO, dobrando suas emissões. A Coréia variou em 41% as emissões NMVOC. Malta acrescentou 72% de variação na emissão do gás NH₃.

A falta de discriminação dos dados devido a estes estarem vinculados ao resto do mundo (ROW), ou seja, os países que, dada a dificuldade, não informaram seus inventários de

emissão de gases prejudicam os indicadores ambientais e a confiança nas assertivas tomadas no mundo a favor da redução de poluição atmosférica.

Revertendo os resultados encontrados para as perspectivas do tratado internacional de Quioto, o qual expõe à necessidade de redução em 80% as emissões de GEE para o ano de 2050. Identifica-se quais os países estão colaborando com as preocupações mundiais em reduzir as emissões com objetivo de voltar a regular a temperatura mundial.

Conclui-se que são remotas as expectativas reais sobre as definidas pelo protocolo quanto à redução de emissões dos GEE pelo mundo, por fim esclarece que existem nações que ficam mais longe que outras do cumprimento das normas discutidas primeiramente em 1997 e, por último, em 2005.

A sugestão para nova pesquisa fica por conta da projeção desta análise baseando-se na perspectiva de crescimento econômico para 2020.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. O. **Recuperação de Compostos Orgânicos Voláteis (VOCs) emitidos no processo de produção de tubos fotorreceptores orgânicos**. 2005. 157f. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo. Ênfase em Produção Limpa) – Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2005.
- ALVALÁ, P.C.; KIRCHHOFF, V.W.J.H.; PAVÃO, H.G. Metano na Atmosfera: Produção de metano em regiões de queimadas e áreas alagadas. **Revista Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, [S. l.], p. 40-43, 1999.
- ANG, B. W.; ZHANG, F. Q. A survey of index decomposition analysis in energy and environmental studies. **Energy**, [S. l.], v. 25, p. 1149-1176, 2000.
- AEUGGI **Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2012 and inventory report 2014**. European Environment Agency, Technical report No 9/2014, Denmark. Disponível em: <http://www.eea.europa.eu/publications/european-union-greenhouse-gas-inventory-2014#tab-data-references>. Acesso em: 02 jan. 2016
- BELL, R.G.; CALLAN, D. **More than Meets the Eye: The Social Cost of Carbon in U.S. Climate Policy**, in Plain English. Policy brief. Washington DC: Resources Institute (WRI), 2011.
- 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.
- BROTTO, A. C.; et al. Emissão de óxido nitroso de estação de tratamento de esgotos de lodos ativados por aeração prolongada-estudo preliminar. **Química Nova**, v.33, n.3, p. 618-623,2010.
- CAPANA, G. H. **Estudo do impacto do enxofre presente no diesel na emissão de poluentes e em tecnologia de pós-tratamento de gases de escape**. 2008. 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Automotiva) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- CAVALCANTI, P. P. S. **Gestão ambiental na indústria siderúrgica- aspectos relacionados a emissões atmosféricas**. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Engenharia Metalúrgica, Rio de Janeiro, 2012.
- CCKP. **Climate Change Knowledge Portal: Historical Data**. Disponível em: http://data.worldbank.org/data-catalog/cckp_historical_data. Acesso em: 10 nov. 2015.
- 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.
- CLINE, W. R. **The Economics of Global Warming**. Peterson Institute Press: All Books, 1992.
- CONEFREY, T. et al. The impact of a carbon tax on economic growth and carbon dioxide emissions in Ireland. **ESRI working paper**, n. 251, Dublin, 2008.
- COSTA, J. S; DENTINHO, T. P; NIJKAMP, P. **Compêndio de Economia Regional : Métodos e Técnicas de Análise Regional**,v. 2, p. 65-78, Princípia, Cascais, 2011.
- COX, Peter M. et al. Acceleration of global warming due to carbon-cycle feedbacks in a coupled climate model. **Nature**, v. 408, n. 6809, p. 184-187, [S. l.], 2000.

- CÓNSUL, J. M. D. et al. Decomposição catalítica de óxidos de nitrogênio. **Química Nova**, v. 27, n. 3, p 432-440, [S. l.], 2004.
- DALY, H.; Farley, J. **Ecological Economics: Principles and Applications**. Island Press, Washington, 2004.
- DE LIMA, M. A. Agropecuária brasileira e as mudanças climáticas globais: caracterização do problema, oportunidades e desafios. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 19, n. 3, p. 451-472, [S. l.], 2002.
- DE SOUZA, C. L. **Avaliação metroológica da estabilidade termoeétrica do termopar tipo K**. 2003. Tese de Doutorado. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Metrologia, para a Qualidade Industrial, PUC RJ, 2003.
- DELPUPPO, C. H.; FUJIHARA, M.C.; LOPES, F.G. **Sustentabilidade e mudanças climáticas: guia para o amanhã**. São Paulo, Terra das Artes, Editora Senac, 2009.
- 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: 15 nov. 2015.
- DONGLAN, Z.; DEQUN, Z.; PENG, Z. Driving forces of residential CO₂ emissions in urban and rural China: an index decomposition analysis. **Energy Policy**, v. 38, n. 7, p. 3377-3383, 2010.
- EVANS, J. Monóxido de carbono mais que um gás letal. **Química Nova na Escola**, 1999, n. 9, p. 3.
- FEIJO, Carmem Aparecida; CARVALHO, Paulo Gonzaga M.; RODRIGUEZ, Maristella Schaeffers. Concentração industrial e produtividade do trabalho na indústria de transformação nos anos 90: evidências empíricas. **Economia**, 4.1: 19-52,2003.
- FELIX, E. P.; CARDOSO, A. A. Amônia (NH₃) atmosférica: fontes, transformação, sorvedouros e métodos de análise. **Química Nova**, v. 27, p. 123-130, 2004.
- GERALD, J.F.; Hore, J.; Kearney, I. A Model for Forecasting Energy Demand and Greenhouse Gas Emissions in Ireland, **Working Paper** 146, Economic and Social Research Institute, Dublin, 2002.
- GENTY, A.; ARTO, I.; NEUWAHL, F. **Final database of environmental satellite accounts: technical report on their compilation**. WIOD Documentation, 2012.
- GHINI, R.; SILVA, C. E. O. da. **Efeito do aumento da concentração de CO₂ do ar sobre a severidade e esporulação de *Cylindrocladium scoparium* em folhas destacadas de eucalipto**. Embrapa Meio Ambiente: Climapest, Jaguariúna, 2012, 4 p.
- GUILHOTO, J.J.M. **Leontief e Insumo-Produto: Antecedentes, Princípios e Evolução**. Texto para discussão. Departamento de Economia, Administração e Sociologia. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, 2000.
- HAAN, M. de. A Structural decomposition analysis of pollution in the Netherlands. **Economic Systems Research**, Sydney, v.13, n. 2, p.181-196, Jun, 2000.
- HETHERINGTON, R. **An input-output analysis of carbon dioxide emissions for the UK**. **Energy Conversion And Management**, [s.l.], v. 37, n. 6-8, p.979-984, jun. 1996. Elsevier BV. Disponível em: <http://api.elsevier.com/content/article/PII:0196890495002871?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 28 jul. 2015.

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 CO₂**. In: European Congress of the Regional Science Association, 43, 2003, Jyväskylä, Anais Eletrônicos, Jyväskylä, 2003. Disponível em: <www.jyu.fi/ersa2003/>. Acesso em: 27 out. 2015.

HOWARTH, R. W.; INGRAFFEA, A.; SANTORO, R. **Methane and the greenhouse-gas footprint of natural gas from shale formations**. Springer: Climatic Change, Ithaca, 2010, 12 p.

IPCC. Climate Change 2007: the physical science basis – Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007. (IPCC Fourth Assessment Report 2007). Disponível em: http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch2s2-3.html#2-3-1. Acesso em: 10 nov. 2015

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.

LACERDA, A.; LEROUX, T.; MORATA, T. Efeitos ototóxicos da exposição ao monóxido de carbono: uma revisão. Pró-Fono. **Revista de Atualização Científica**, Barueri (SP), v. 17, n. 3, p. 403-412, set.-dez, 2005.

LEONTIEF, W. W.; DUCHIN, F. **Military spending: facts and figures, worldwide implications, and future outlook**. Oxford University Press, USA, 1983.

LIMA, L. M. T.; REGINATO, G. A.; BARTHOLOMEU, D. B. **Levantamento de Estimativas de absorção de carbono por florestas nativas e comerciais no Brasil**. São Paulo, 2007.

MADARI, B. E. et al. **Fator de emissão de óxido nitroso (N₂O) para a fertilização com n na cultura do feijoeiro comum irrigado no cerrado**. Comunicado Técnico, Santo Antônio de Goiás, 2007, 4 p.

MARTINS, C. R. et al. Ciclos globais de Carbono, Nitrogênio e Enxofre: a importância na Química da Atmosfera. **Cadernos Temáticos de Química Nova** na Escola Ciclo, n. 5, p 28-41, 2003.

MARIANO, J. B. **Impactos ambientais do refino de petróleo**. 2001. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2001.

MAY, P. J.; WILLIAMS, W. Disaster policy implementation: Managing programs under shared governance. **Springer Science & Business Media**, 2012.

MELO, W. Z.; RODRIGUES, R. A. R. Fluxos de óxido nitroso em solos com cobertura de Floresta Ombrófila Densa Montana na Serra dos Órgãos. Rio de Janeiro. **Química Nova**, v. 35, n. 8, p. 1549-1553, 2012.

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

MIERNYK, W. H.; SEARS, J. T. **Air pollution abatement and regional economic development**. Lexington Book, 1974.

MONTOYA, M. A.; LOPES, R. L.; GUILHOTO, J. J. M. Desagregação setorial do balanço energético nacional a partir dos dados da matriz insumo-produto: uma avaliação metodológica. **Economia Aplicada**, v. 18, n. 3, p. 379-419, 2014.

MORETTO, Antonio Carlos, et al. Relações setoriais e sinérgicas no sistema inter-regional sul-restante do Brasil. **Análise Econômica**, 26.49, 2008.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Protocolo de Quioto à Convenção sobre Mudança do Clima**. p. 6. 1997.

PEREIRA, M. B. G.; GUTIERREZ, S. O Mecanismo de Desenvolvimento Sustentável Brasileiro. Texto para Discussão n. 1443. IPEA. Brasília, dezembro de 2009.

PETERS, G. P. et al. China's growing CO₂ emissions a race between increasing consumption and efficiency gains. **Environmental Science & Technology**, v. 41, n. 17, p. 5939-5944, 2007.

PINTO, F. C. V.; SANTOS, R. N. dos. Potenciais de redução de emissões de dióxido de carbono no setor de transportes: um estudo de caso da ligação hidroviária rio-Niterói. **Engevista**, Rio de Janeiro, 2004. v. 6, n. 3, p. 64-74.

PINO, J.C.D; KRUGER, V.; FERREIRA, M. Poluição do ar. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, **Instituto de Química**, ABNT, 2015

PROTOCOL, G. H. G. **Calculating CO₂ emissions from mobile sources**. GHG Protocol, 2005.

ROCHA, R. C.; TOLENTINO, M. **A química no efeito estufa**. Química Nova na Escola: Química e Sociedade, n. 8, p. 10-14, 1998.

ROMEIRO, A. R. **Desenvolvimento sustentável e mudança institucional**: notas preliminares. Texto para discussão, IE/UNICAMP, Campinas, n. 68, 1999.

ROOT, T. L. et al. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. **Nature**, v. 421, n. 6918, p. 57-60, 2003.

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

SESSO FILHO, U. A. et al. Decomposição estrutural da variação do emprego no Brasil, 1991-2003. **Economia Aplicada**, v. 14, n. 1, p. 99-123, 2010.

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

SUH, S.; HUPPES, G. Methods for life cycle inventory of a product. **Journal of Cleaner Production**, v. 13, n. 7, p. 687-697, 2005.

TAVARES, S. F.; LAMBERTS, R. **Estudos comparativos sobre consumo energético no ciclo de vida de edificações residenciais do Brasil, Austrália e Suécia**. Anais do X Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído, 2004.

TEIXEIRA, F. A. M. **Pegada de Carbono do grupo TRACAR**. 2011. Tese de Doutorado. Universidade do Porto, 2011.

THOMAS, J. M.; CALLAN, S. J. **Economia Ambiental**: aplicações, políticas e teoria. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

TIMMER, M. et al. **The world input-output database (WIOD)**: contents, sources and methods. WIOD Background, 2012.

TOLEDO FILHO, J. L. et al. Óxido nitroso. **Revista da Literatura**, 2005, p 618-644.

TOMASONI, M. A.; TOMASONI, K. R. **Atmosfera em transformação: o ozônio e os CFCs, certezas e incertezas**. Disponível em: <<http://www.geoambiente.ufba.br/ozonio.pdf>> Acesso em: 10 nov. 2015.

VIDIGAL, F. A. M. **O protocolo de Kyoto, o mecanismo de desenvolvimento limpo e as formas de circulação dos créditos de carbono**, São Paulo: 2011.

WACHSMANN, U. Mudanças no consumo de energia e nas emissões associadas de CO₂ no Brasil entre 1970 e 1996: uma análise de decomposição estrutural. 2005. Tese de Doutorado. Universidade Federal Do Rio De Janeiro. Rio de Janeiro, 2005.

WADESKOG, A.; PALM, V. **Structural decomposition of environmental accounts data—the Swedish case**. Statistics Sweden, Eurostat Report, 2003.

WEITZEL, M.; MA, T. Emissions embodied in Chinese exports taking into account the special export structure of China. **Energy Economics**, v. 45, p. 45-52, 2014.

Timmer, M. P. The World Input-Output Database (**WIOD**): Contents, Sources and Methods, **WIOD Working Paper**, n. 2012. Disponível em: 10 < http://www.wiod.org/new_site/home.htm> Acesso em: 10 nov. 2015.

XAVIER, M. E. R.; KERR, A. S. A análise do efeito estufa em textos paradidáticos e periódicos jornalísticos. **Caderno Brasileiro de ensino de Física**, v. 21, n. 3, p. 325-349, 2004.

XU, Y.; DIETZENBACHER, E. A structural decomposition analysis of the emissions embodied in trade. **Ecological Economics**, v. 101, p. 10-20, 2014.

ZAPPAROLI, I. D. et al. Sistema de Produção do Café Tradicional no Estado Do Paraná-Brasil: Análise de Indicadores de Custos, Produtividade, Renda e Créditos de Carbono. **Economia e Desenvolvimento**, v. 24, n. 2, 2013.

ANEXOS

ANEXO A - Variações das emissões de CO₂ por países.

Tabela 16 - Comportamento das Variações de CO₂ nos Países no período de 1995 - 2009.

Países	Intensidade	Tecnologia	Estrutura da Demanda	Variação da Demanda
Austrália	11074	-76405	32560	125754
Áustria	-18052	9723	-6598	19202
Bélgica	-27969	-9272	-11137	38779
Bulgária	-48194	7923	6036	18784
Brasil	6200	-14490	-976	85451
Canadá	-157539	22372	4186	171267
China	-3256622	1889639	3487283	1367562
Chipre	-2474	2559	56	2293
República Checa	-24728	-22242	-3603	40709
Alemanha	-269031	55371	-147533	271879
Dinamarca	-12754	3920	-5494	28549
Espanha	-106683	36772	2281	94718
Estônia	1799	-10192	-367	6010
Finlândia	-13240	-5942	-2090	23119
França	-123770	8491	-20730	111961
Reino Unido	-71971	-82157	-51679	176435
Grécia	-24362	6062	3113	33559
Hungria	-4598	-12036	-8492	18421
Indonésia	-22428	58648	25859	96127
Índia	-180610	-35872	635717	361794
Irlanda	-26109	8126	8014	11897
Itália	-48236	-27840	-99247	144092
Japão	3417	-137147	-345773	407409
Coréia	-131387	95957	25614	169593
Lituânia	-5898	-1834	1149	4889
Luxemburgo	-6290	957	441	1570
Letônia	-5153	40	665	2927
México	-43468	7253	3882	123555
Malta	-713	623	-103	810
Holanda	-24538	-6518	-19174	62579
Polônia	-169243	-36421	53363	112963
Portugal	-16420	6518	-5564	21146
Romênia	-64903	-25521	8907	37679
Rússia	-267705	-311034	36474	538953
Eslováquia	-15507	-11275	5664	14414
Eslovênia	-1350	-453	-594	4557
Suécia	-6117	-6356	-5764	18995
Turquia	-74269	101178	2863	71186
Taiwan	-106500	118636	7984	95898
EUA	-387283	-966749	-551553	1793208
Row	-2602775	1437490	827121	1512933

Fonte: Elaborado pelo autor baseado em WIOD (2016).

ANEXO B - Variações das emissões de CH₄ por países

Tabela 17 - Comportamento das Variações de CH₄ nos Países no período de 1995 - 2009.

Países	Intensidade	Tecnologia	Estrutura da Demanda	Variação da Demanda
Austrália	-2043619	-310252	326121	2058507
Áustria	-103999	-13621	-81621	115437
Bélgica	-174662	-48055	-82297	142548
Bulgária	-391218	80692	-119647	191483
Brasil	-3724293	981702	373527	5516428
Canadá	-1943073	337620	202537	1696058
China	-24417427	1061228	29413042	17738971
Chipre	-5466	3161	-6934	18452
República Checa	-38267	-206422	-58555	217658
Alemanha	-1839124	-414304	-746622	1144653
Dinamarca	-41161	5443	-65669	100590
Espanha	-90997	-93446	13816	602542
Estônia	-27890	-4963	7939	29479
Finlândia	-135605	3749	-21661	92268
França	-1531045	214024	-355505	1005317
Reino Unido	-2395712	-491037	-360171	1190017
Grécia	-167174	-97447	35288	157042
Hungria	-191015	48952	-75100	168276
Indonésia	-927812	1018932	139444	2308178
Índia	-3634024	-4079480	3940997	8289325
Irlanda	-108072	-243771	-16409	243777
Itália	-460800	-123057	-439060	742639
Japão	-345956	-26594	-505719	457590
Coréia	-573634	246750	-141225	449252
Lituânia	-65970	-13657	19348	57878
Luxemburgo	-18172	429	-3372	4435
Letônia	-30210	-3690	5534	31948
México	-527597	-230508	-125086	1241957
Malta	-15810	4626	7144	3969
Holanda	-566477	-71713	-48853	350173
Polônia	-267173	-705068	12626	685276
Portugal	-18419	-34523	-84119	212582
Romênia	-716620	-183592	121079	474121
Rússia	-1968411	-4615962	-1561514	8403636
Eslováquia	-117914	-35773	-16331	82769
Eslovênia	-10824	-6164	-21909	37168
Suécia	-39190	10646	-52697	106454
Turquia	445653	463898	-44608	920379
Taiwan	-1346971	37899	-17969	103248
EUA	2169821	-6855773	-341568	11818727
Row	39596	-510181	-6474745	27281526

Fonte: Elaborado pelo autor baseado em WIOD (2016)

ANEXO C - Variações das emissões de N₂O por países

Tabela 18 - Comportamento das Variações de N₂O nos Países no período de 1995 - 2009.

Países	Intensidade	Tecnologia	Estrutura da Demanda	Variação da Demanda
Austrália	11074	-76405	32560	125754
Áustria	-18052	9723	-6598	19202
Bélgica	-27969	-9272	-11137	38779
Bulgária	-48194	7923	6036	18784
Brasil	6200	-14490	-976	85451
Canadá	-157539	22372	4186	171267
China	-3256622	1889639	3487283	1367562
Chipre	-2474	2559	56	2293
República Checa	-24728	-22242	-3603	40709
Alemanha	-269031	55371	-147533	271879
Dinamarca	-12754	3920	-5494	28549
Espanha	-106683	36772	2281	94718
Estônia	1799	-10192	-367	6010
Finlândia	-13240	-5942	-2090	23119
França	-123770	8491	-20730	111961
Reino Unido	-71971	-82157	-51679	176435
Grécia	-24362	6062	3113	33559
Hungria	-4598	-12036	-8492	18421
Indonésia	-22428	58648	25859	96127
Índia	-180610	-35872	635717	361794
Irlanda	-26109	8126	8014	11897
Itália	-48236	-27840	-99247	144092
Japão	3417	-137147	-345773	407409
Coréia	-131387	95957	25614	169593
Lituânia	-5898	-1834	1149	4889
Luxemburgo	-6290	957	441	1570
Letônia	-5153	40	665	2927
México	-43468	7253	3882	123555
Malta	-713	623	-103	810
Holanda	-24538	-6518	-19174	62579
Polônia	-169243	-36421	53363	112963
Portugal	-16420	6518	-5564	21146
Romênia	-64903	-25521	8907	37679
Rússia	-267705	-311034	36474	538953
Eslováquia	-15507	-11275	5664	14414
Eslovênia	-1350	-453	-594	4557
Suécia	-6117	-6356	-5764	18995
Turquia	-74269	101178	2863	71186
Taiwan	-106500	118636	7984	95898
EUA	-387283	-966749	-551553	1793208
Row	-2602775	1437490	827121	1512933

Fonte: Elaborado pelo autor baseado em WIOD (2016)

ANEXO D - Variações das emissões de NO_x por países

Tabela 19 - Comportamento das Variações de NO_x nos Países no período de 1995 - 2009.

Países	Intensidade	Tecnologia	Estrutura da Demanda	Variação da Demanda
Austrália	11074	-76405	32560	125754
Áustria	-18052	9723	-6598	19202
Bélgica	-27969	-9272	-11137	38779
Bulgária	-48194	7923	6036	18784
Brasil	6200	-14490	-976	85451
Canadá	-157539	22372	4186	171267
China	-3256622	1889639	3487283	1367562
Chipre	-2474	2559	56	2293
República Checa	-24728	-22242	-3603	40709
Alemanha	-269031	55371	-147533	271879
Dinamarca	-12754	3920	-5494	28549
Espanha	-106683	36772	2281	94718
Estônia	1799	-10192	-367	6010
Finlândia	-13240	-5942	-2090	23119
França	-123770	8491	-20730	111961
Reino Unido	-71971	-82157	-51679	176435
Grécia	-24362	6062	3113	33559
Hungria	-4598	-12036	-8492	18421
Indonésia	-22428	58648	25859	96127
Índia	-180610	-35872	635717	361794
Irlanda	-26109	8126	8014	11897
Itália	-48236	-27840	-99247	144092
Japão	3417	-137147	-345773	407409
Coréia	-131387	95957	25614	169593
Lituânia	-5898	-1834	1149	4889
Luxemburgo	-6290	957	441	1570
Letônia	-5153	40	665	2927
México	-43468	7253	3882	123555
Malta	-713	623	-103	810
Holanda	-24538	-6518	-19174	62579
Polônia	-169243	-36421	53363	112963
Portugal	-16420	6518	-5564	21146
Romênia	-64903	-25521	8907	37679
Rússia	-267705	-311034	36474	538953
Eslováquia	-15507	-11275	5664	14414
Eslovênia	-1350	-453	-594	4557
Suécia	-6117	-6356	-5764	18995
Turquia	-74269	101178	2863	71186
Taiwan	-106500	118636	7984	95898
EUA	-387283	-966749	-551553	1793208
Row	-2602775	1437490	827121	1512933

Fonte: Elaborado pelo autor baseado em WIOD (2016)

ANEXO E - Variações das emissões de SO_x por países

Tabela 20 - Comportamento das Variações de SO_x por Países no período de 1995 - 2009.

Países	Intensidade	Tecnologia	Estrutura da Demanda	Varição da Demanda
Austrália	11074	-76405	32560	125754
Áustria	-18052	9723	-6598	19202
Bélgica	-27969	-9272	-11137	38779
Bulgária	-48194	7923	6036	18784
Brasil	6200	-14490	-976	85451
Canadá	-157539	22372	4186	171267
China	-3256622	1889639	3487283	1367562
Chipre	-2474	2559	56	2293
República Checa	-24728	-22242	-3603	40709
Alemanha	-269031	55371	-147533	271879
Dinamarca	-12754	3920	-5494	28549
Espanha	-106683	36772	2281	94718
Estônia	1799	-10192	-367	6010
Finlândia	-13240	-5942	-2090	23119
França	-123770	8491	-20730	111961
Reino Unido	-71971	-82157	-51679	176435
Grécia	-24362	6062	3113	33559
Hungria	-4598	-12036	-8492	18421
Indonésia	-22428	58648	25859	96127
Índia	-180610	-35872	635717	361794
Irlanda	-26109	8126	8014	11897
Itália	-48236	-27840	-99247	144092
Japão	3417	-137147	-345773	407409
Coréia	-131387	95957	25614	169593
Lituânia	-5898	-1834	1149	4889
Luxemburgo	-6290	957	441	1570
Letônia	-5153	40	665	2927
México	-43468	7253	3882	123555
Malta	-713	623	-103	810
Holanda	-24538	-6518	-19174	62579
Polônia	-169243	-36421	53363	112963
Portugal	-16420	6518	-5564	21146
Romênia	-64903	-25521	8907	37679
Rússia	-267705	-311034	36474	538953
Eslováquia	-15507	-11275	5664	14414
Eslovênia	-1350	-453	-594	4557
Suécia	-6117	-6356	-5764	18995
Turquia	-74269	101178	2863	71186
Taiwan	-106500	118636	7984	95898
EUA	-387283	-966749	-551553	1793208
Row	-2602775	1437490	827121	1512933

Fonte: Elaborado pelo autor baseado em WIOD (2016)

ANEXO F - Variações das emissões de CO por países

Tabela 21 - Comportamento das Variações de CO nos Países no período de 1995 - 2009.

Países	Intensidade	Tecnologia	Estrutura da Demanda	Variação da Demanda
Austrália	11074	-76405	32560	125754
Áustria	-18052	9723	-6598	19202
Bélgica	-27969	-9272	-11137	38779
Bulgária	-48194	7923	6036	18784
Brasil	6200	-14490	-976	85451
Canadá	-157539	22372	4186	171267
China	-3256622	1889639	3487283	1367562
Chipre	-2474	2559	56	2293
República Checa	-24728	-22242	-3603	40709
Alemanha	-269031	55371	-147533	271879
Dinamarca	-12754	3920	-5494	28549
Espanha	-106683	36772	2281	94718
Estônia	1799	-10192	-367	6010
Finlândia	-13240	-5942	-2090	23119
França	-123770	8491	-20730	111961
Reino Unido	-71971	-82157	-51679	176435
Grécia	-24362	6062	3113	33559
Hungria	-4598	-12036	-8492	18421
Indonésia	-22428	58648	25859	96127
Índia	-180610	-35872	635717	361794
Irlanda	-26109	8126	8014	11897
Itália	-48236	-27840	-99247	144092
Japão	3417	-137147	-345773	407409
Coréia	-131387	95957	25614	169593
Lituânia	-5898	-1834	1149	4889
Luxemburgo	-6290	957	441	1570
Letônia	-5153	40	665	2927
México	-43468	7253	3882	123555
Malta	-713	623	-103	810
Holanda	-24538	-6518	-19174	62579
Polônia	-169243	-36421	53363	112963
Portugal	-16420	6518	-5564	21146
Romênia	-64903	-25521	8907	37679
Rússia	-267705	-311034	36474	538953
Eslováquia	-15507	-11275	5664	14414
Eslovênia	-1350	-453	-594	4557
Suécia	-6117	-6356	-5764	18995
Turquia	-74269	101178	2863	71186
Taiwan	-106500	118636	7984	95898
EUA	-387283	-966749	-551553	1793208
Row	-2602775	1437490	827121	1512933

Fonte: Elaborado pelo autor baseado em WIOD (2016)

ANEXO G - Variações das emissões de NMVOC por países

Tabela 22 - Comportamento das Variações de NMVOC nos Países no período de 1995 - 2009.

Países	Intensidade	Tecnologia	Estrutura da Demanda	Variação da Demanda
Austrália	11074	-76405	32560	125754
Áustria	-18052	9723	-6598	19202
Bélgica	-27969	-9272	-11137	38779
Bulgária	-48194	7923	6036	18784
Brasil	6200	-14490	-976	85451
Canadá	-157539	22372	4186	171267
China	-3256622	1889639	3487283	1367562
Chipre	-2474	2559	56	2293
República Checa	-24728	-22242	-3603	40709
Alemanha	-269031	55371	-147533	271879
Dinamarca	-12754	3920	-5494	28549
Espanha	-106683	36772	2281	94718
Estônia	1799	-10192	-367	6010
Finlândia	-13240	-5942	-2090	23119
França	-123770	8491	-20730	111961
Reino Unido	-71971	-82157	-51679	176435
Grécia	-24362	6062	3113	33559
Hungria	-4598	-12036	-8492	18421
Indonésia	-22428	58648	25859	96127
Índia	-180610	-35872	635717	361794
Irlanda	-26109	8126	8014	11897
Itália	-48236	-27840	-99247	144092
Japão	3417	-137147	-345773	407409
Coréia	-131387	95957	25614	169593
Lituânia	-5898	-1834	1149	4889
Luxemburgo	-6290	957	441	1570
Letônia	-5153	40	665	2927
México	-43468	7253	3882	123555
Malta	-713	623	-103	810
Holanda	-24538	-6518	-19174	62579
Polônia	-169243	-36421	53363	112963
Portugal	-16420	6518	-5564	21146
Romênia	-64903	-25521	8907	37679
Rússia	-267705	-311034	36474	538953
Eslováquia	-15507	-11275	5664	14414
Eslovênia	-1350	-453	-594	4557
Suécia	-6117	-6356	-5764	18995
Turquia	-74269	101178	2863	71186
Taiwan	-106500	118636	7984	95898
EUA	-387283	-966749	-551553	1793208
Row	-2602775	1437490	827121	1512933

Fonte: Elaborado pelo autor baseado em WIOD (2016)

ANEXO H - Variações das emissões de NH₃ por países

Tabela 23 - Comportamento das Variações de NH₃ nos Países no período de 1995 - 2009.

Países	Intensidade	Tecnologia	Estrutura da Demanda	Variação da Demanda
Austrália	11074	-76405	32560	125754
Áustria	-18052	9723	-6598	19202
Bélgica	-27969	-9272	-11137	38779
Bulgária	-48194	7923	6036	18784
Brasil	6200	-14490	-976	85451
Canadá	-157539	22372	4186	171267
China	-3256622	1889639	3487283	1367562
Chipre	-2474	2559	56	2293
República Checa	-24728	-22242	-3603	40709
Alemanha	-269031	55371	-147533	271879
Dinamarca	-12754	3920	-5494	28549
Espanha	-106683	36772	2281	94718
Estônia	1799	-10192	-367	6010
Finlândia	-13240	-5942	-2090	23119
França	-123770	8491	-20730	111961
Reino Unido	-71971	-82157	-51679	176435
Grécia	-24362	6062	3113	33559
Hungria	-4598	-12036	-8492	18421
Indonésia	-22428	58648	25859	96127
Índia	-180610	-35872	635717	361794
Irlanda	-26109	8126	8014	11897
Itália	-48236	-27840	-99247	144092
Japão	3417	-137147	-345773	407409
Coréia	-131387	95957	25614	169593
Lituânia	-5898	-1834	1149	4889
Luxemburgo	-6290	957	441	1570
Letônia	-5153	40	665	2927
México	-43468	7253	3882	123555
Malta	-713	623	-103	810
Holanda	-24538	-6518	-19174	62579
Polônia	-169243	-36421	53363	112963
Portugal	-16420	6518	-5564	21146
Romênia	-64903	-25521	8907	37679
Rússia	-267705	-311034	36474	538953
Eslováquia	-15507	-11275	5664	14414
Eslovênia	-1350	-453	-594	4557
Suécia	-6117	-6356	-5764	18995
Turquia	-74269	101178	2863	71186
Taiwan	-106500	118636	7984	95898
EUA	-387283	-966749	-551553	1793208
Row	-2602775	1437490	827121	1512933

Fonte: Elaborado pelo autor baseado em WIOD (2016)