

# TRIBUTAÇÃO SOBRE GASES DE EFEITO ESTUFA NO BRASIL: UMA ABORDAGEM DE EQUILÍBRIO GERAL COMPUTÁVEL

**Autor(es):** Ana Carolina Borges Marques Ribeiro; Paulo Henrique de Oliveira Hoeckel; Gustavo Inácio de Moraes

**Filiação:** Doutoranda do PPGE/PUCRS; Doutorando do PPGE/PUCRS; Professor do PPGE/PUCRS

**E-mail:** carolbmribeiro@hotmail.com; ph.hoeckel@gmail.com; gustavo.moraes@puers.br

**Sessão temática:** Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

## Resumo

Entre 2005 e 2010 houve um aumento de mais de 12% na emissão de gases de efeito estufa oriundos de atividades industriais e agropecuárias. Para simular o efeito de uma tributação sobre a emissão destes gases foi utilizado um modelo de equilíbrio geral estático com o objetivo de analisar os principais impactos econômicos, tanto em nível macroeconômico como setorial, de uma política ambiental que vise à redução de emissões de gases efeito estufa na economia brasileira. Os resultados sugerem uma diminuição de mais de 7% no PIB real devido a um aumento de 3% na alíquota. A análise setorial da Produção mostrou que Outros Serviços e Indústria da Transformação seriam os setores com maior impacto negativo. Já a Agropecuária, maior setor poluente, teria um pequeno impacto devido a esta política. Os resultados também sugerem uma diminuição no custo unitário de produção para a maioria dos setores relacionados a serviços.

**Palavras-chave:** Meio Ambiente, gases de efeito estufa, tributação.

## Abstract

*Between 2005 and 2010 there was an increase of over 12% in the emission of greenhouse effect arising from agricultural activities and industrial gases. To simulate the effect of a tax on the emission of greenhouse gases a model of static general equilibrium was used in order to analyze the main economic impacts, both at the macro level and sector, an environmental policy aimed at reducing greenhouse gas emissions in the Brazilian economy. The results suggest a decrease of over 7% in real GDP due to a rate of \$ 3.00. A sectoral analysis showed that production of other services and manufacturing industry were the sectors with the greatest negative impact. Agriculture now, most polluting sector, would have little impact because of this policy. The results also suggest a decrease in unit cost of production for most of the sectors related services.*

**Key words:** *Environment, The greenhouse gases, taxation.*

## 1. INTRODUÇÃO

A aplicação de modelos de Equilíbrio Geral Computável (EGC) é proveniente da estrutura de equilíbrio geral Walrasiana, sendo iniciada na década de 1950 por Kenneth Arrow, Gerard Debreu, entre outros. A ideia inicial era utilizar modelos hipotéticos de uma determinada economia cujo objetivo era avaliar os impactos que determinadas políticas resultariam na economia real (TOURINHO, MOTTA e ALVES, 2003).

Nas últimas décadas, conforme Perobelli et al. (2009), os modelos de equilíbrio geral computável tem se tornado um campo estabelecido de estudo da economia aplicada. Os modelos de EGC têm sido amplamente utilizados para analisar uma variedade de questões colocadas pelos planejadores econômicos e pelos formuladores de política econômica. Dentre as questões tratadas pelos modelos de EGC é possível elencar as relativas à: formação de blocos de comércio; emissões de CO<sub>2</sub>; degradação do meio ambiente; impostos; tarifas; e questões energéticas.

Um modelo de EGC sistematiza o conjunto de relações de interdependência entre os mercados de um sistema econômico, o qual se originará de um equilíbrio referencial. A partir desta premissa torna-se possível analisar os impactos decorrentes da variação das variáveis exógenas nas variáveis endógenas.

Sadoulet e De Janvry (1995) descrevem as aplicações deste tipo de modelagem no exame dos efeitos diretos e indiretos advindos de alterações nas políticas públicas, como choques tarifários, modificações nas alíquotas de impostos e, ou, subsídios e mesmo alterações de natureza tecnológica. Desde a década de 1990, tal modelagem vem sendo utilizada também para análises de políticas ambientais e de alocação de recursos naturais.

O aquecimento global, provocado pela emissão de gases de efeito estufa, está atingindo, em escala mundial, proporções cada vez maiores. A literatura acerca do tema ainda não alcançou consenso quanto as reais implicações que tais níveis de emissões de gases trarão para as condições de vida na terra, entretanto, são grandes as preocupações referentes a seus impactos negativos. Em paralelo, a adoção de políticas ambientais restritivas poderá afetar o grau de competitividade dos países através da alteração do padrão de comércio, sendo este decorrente da variação dos preços relativos. Isto poderá ser verificado, visto que, as empresas ao internalizarem os custos relativos à redução de emissão de gases de efeito estufa, obrigatoriamente, repassaram seus custos adicionais para os preços de seus respectivos produtos (FEIJÓ e JÚNIOR, 2009).

Considerando que políticas restritivas quanto à emissão de gases de efeito estufa tendem a alterar o bem-estar econômico relativo, este artigo tem por objetivo, criar cenários alternativos via simulação, para avaliar o possível impacto em variáveis macroeconômicas, decorrentes da aplicação de uma alíquota tributária setorial de 1% e 3%, levando em consideração a quantidade bruta setorial emitida de gases de efeito estufa.

Portanto, a presente pesquisa se propõe a investigar efeitos de uma possível política de criação de uma tarifa sobre a emissão de gases de efeito estufa a partir de um modelo econômico quantitativo. Escolheu-se a modelagem computável de EGC, que utiliza a teoria

econômica de equilíbrio geral como uma ferramenta operacional em análises de orientação empírica sobre questões relacionadas a economias de mercado, como alocação de recursos, fluxos comerciais, mudança tecnológica, distribuição de renda, entre outras.

Buscando alcançar tais objetivos o presente estudo está organizado em seis seções, além desta introdução. A segunda seção apresenta a contextualização histórica referente ao debate acerca da emissão de gases de efeito estufa. Na terceira seção são apresentadas as estatísticas descritivas dos dados utilizados no estudo. Posteriormente, na quarta seção, apresenta-se a metodologia de trabalho utilizada. A quinta seção apresenta os resultados alcançados, e por fim, na última seção, são feitas as considerações finais.

## **2. CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA**

O alto desenvolvimento tecnológico verificado na economia mundial nas últimas décadas impulsionou o crescimento econômico de diversas nações. Entretanto, ao mesmo tempo em que houve avanços significativos em termos de geração de renda, melhorias na qualidade de vida e na área de ciência e tecnologia, verificou-se impactos ambientais diversos, como, por exemplo, uma significativa alteração da estrutura climática do planeta. Tais alterações, acarretadas pelo aquecimento global vêm impactando fortemente o bem estar das pessoas. Em virtude destas considerações, especialistas das mais distintas áreas, buscam uma maneira de os países continuarem seu desenvolvimento econômico de forma equilibrada com questões ambientais (COUTINHO, 2009).

No início da década de 90, a Confederação das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, a qual foi realizada na cidade do Rio de Janeiro, debateu acerca das mudanças climáticas que vinham acontecendo no mundo até então. Na mesma linha, na Assembleia Geral da Organização das Nações Unidas (ONU) foi apresentado, para adesão e assinatura dos respectivos países membros da organização, as bases da convenção sobre mudança do clima (UNFCCC – *United Nations Framework Convention on Climal Change*) (CEBDS, 2002a).

A convenção teve como meta propor a redução, ou pelo menos a estabilização, da emissão de gases de efeito estufa. No ano de 1997 foi realizada a terceira conferência das partes, a qual, com a adesão de 39 países desenvolvidos, foi celebrada a assinatura do Protocolo de Kioto. A partir deste, os países signatários comprometeram-se em reduzir, entre os anos de 2008 e 2012, a emissão de gases de efeito estufa. Com o objetivo de que eles se tornassem, em média, 5,2% inferiores aos níveis alcançados no ano de 1990.

Entretanto, no ano de 2002, o presidente americano Jorge Bush rejeitou o protocolo assinado, com a alegação de que o mesmo oferecia sérios riscos para a economia mundial. O então presidente americano alegou que o crescimento econômico não é causa e sim a solução para problemas ambientais.

O Brasil instituiu a Política Nacional sobre Mudança do Clima, por meio de lei em 2009, definindo o compromisso nacional voluntário de adoção de ações de mitigação com vistas a reduzir suas emissões de gases de efeito estufa entre 36,1% e 38,9% em relação às emissões projetadas até 2020.

Questões relativas a mudanças climáticas remontam as eras glaciais. Não se sabe exatamente qual a real contribuição das atividades humanas no sistema climático da Terra. Entretanto, diversos cientistas conceituados alegam a existência de evidências da ação do homem, com a emissão de CO<sub>2</sub>, bem como de demais gases de efeito estufa, em grandes quantidades na atmosfera, como sendo a principal causa das variações climáticas verificadas nos últimos anos. Alguns dados empíricos ajudam a validar tal conclusão, como por exemplo, um aumento de 0,5°C da temperatura na superfície do globo terrestre nos últimos cem anos e as concentrações atmosféricas de gases de efeito estufa terem aumentado 30° nos últimos duzentos anos (TOURINHO, MOTTA e ALVES, 2003).

O entendimento ou a análise dos possíveis desdobramentos que a adoção de determinado acordo que vise à redução de emissão de gases de efeito estufa é de suma importância para que seja minimizada a incerteza econômica acerca do mesmo. Neste contexto a próxima seção tem por objetivo mostrar a estatística descritiva utilizada no presente trabalho.

### **3. ESTATÍSTICA DESCRITIVA**

Os dados da emissão de gases efeito estufa foram extraídos da Estimativa Anual de Emissão de Gases de Efeito Estufa para o ano de 2013, elaborado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Fazem parte do relatório de estimativas todos os gases de efeito estufa<sup>1</sup>. Para compará-los e somá-los, foi utilizada a métrica usual do Potencial de Aquecimento Global (Global Warming Potential – GWP) atualmente utilizada para inventários nacionais como fator de ponderação, para se chegar à unidade comum, o equivalente de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub> eq).

---

<sup>1</sup> Não são estimados os gases de efeito estufa indireto.

No inventário os setores são divididos em Energia, Processos Industriais, Agropecuária, Mudança de Uso da Terra e Florestas e Tratamento de Resíduos. Para compatibilizá-los com setores da Matriz insumo-produto obedeceu-se à lógica de aproximá-los por afinidade, no entanto não foram contabilizadas as emissões do setor Mudança de Uso da Terra e Florestas, pois o intuito deste estudo é analisar o efeito de uma tributação nas atividades econômicas que emitem gases de efeito estufa ao longo do seu processo produtivo. A tabela 6, que está disponível no apêndice explicita como foram realizadas as agregações entre os setores disponíveis no Inventário com os doze setores da matriz insumo-produto 2005.

Este artigo tem uma contribuição de utilizar valores estimados conforme métrica aceita internacionalmente e não somente como fator de poluição setorial, os volumes aqui utilizados são estimados independentes de coeficiente em relação ao produto de cada setor.

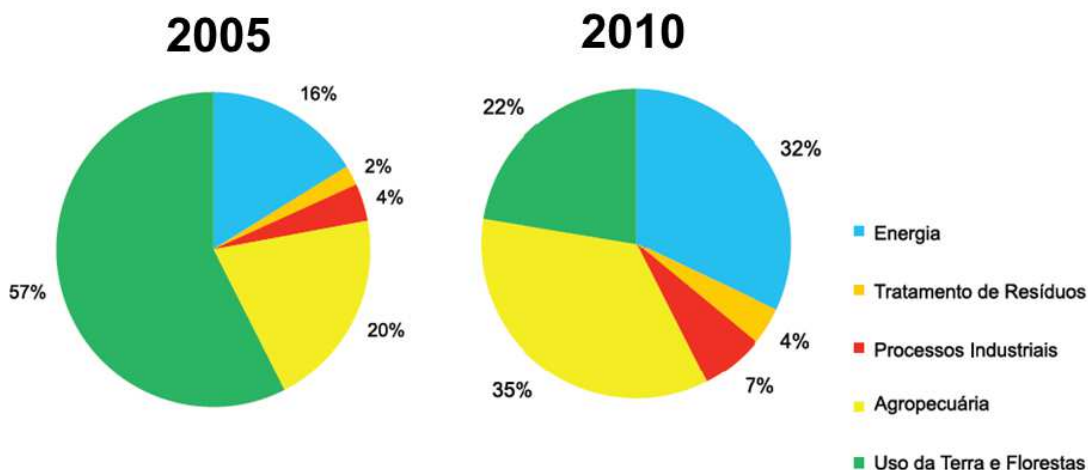
Abaixo segue tabela 1 que compara as estimativas calculadas no relatório e as estimativas utilizadas para o modelo de simulação de tributação. Como se pode observar menos de 3% das estimativas não foram contabilizadas devido à falta de informação do setor poluente.

**Tabela 1.** Valores das estimativas utilizadas no modelo de efeito estufa no Brasil -2013.

	Volume Gg CO2 eq
Relatório (sem Florestas)	967.303,03
Valores utilizados	939.288,22
Diferença	28.014,81
% não utilizado	2,9%

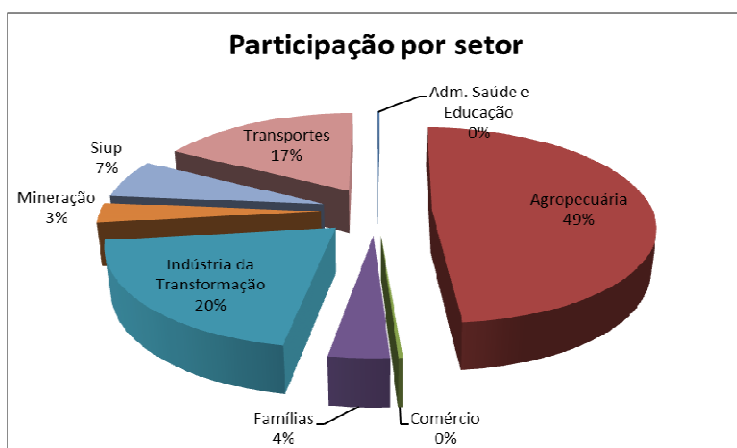
Fonte: Elaboração própria

Através da figura 1, que apresenta a participação de cada setor conforme divisão feita no Relatório Anual pode-se verificar que as emissões em CO<sup>2</sup> equivalente dos setores Processos Industriais e Agropecuária tiveram um aumento de 2005 para 2010.



**Figura 1.** Comparação de emissões entre 2005 e 2010 por setor

Conforme dito anteriormente, as emissões do setor Uso da Terra e Florestas não serão utilizadas para efeito de simulação e uma tributação. Abaixo segue a Figura 2 que apresenta o percentual de emissões de gases para cada setor da matriz insumo-produto.



**Figura 2.** Participação de cada setor na simulação de tributação.

Diferentemente da literatura existente, em que eram contabilizados somente emissão de gases efeito estufa oriundos de combustíveis fósseis, no presente artigo são utilizadas as estimativas de emissões de gases de efeito estufa do setor agropecuário, isso é importante, pois esse setor tem uma participação expressiva na emissão de gases efeito estufa principalmente devido à fermentação entérica de gado e seria muito útil fazermos simulações de impacto de tributação neste setor.

#### 4. METODOLOGIA

Com o objetivo de avaliar os efeitos de uma tributação sobre emissão de gases de efeito estufa na economia brasileira no ano de 2010 foi utilizado um modelo de equilíbrio geral estático MINIMAL, originariamente construído por Hodridge (2001). O MINIMAL, entretanto foi adaptado para a economia brasileira, denominado MINIBR. Para construção do cenário-base ele foi alimentado com dados da Matriz insumo-produto de 2005 e atualizada com os dados do ano de 2010<sup>2</sup>.

No modelo utilizado foram feitos dois choques, prevendo um aumento de 1% e de 3% na alíquota de impostos, considerando o volume total de CO2 equivalente emitido por cada setor. Além disso, foi testada uma mudança tecnológica prevendo um aumento de produtividade.

Os modelos de equilíbrio geral caracterizam a economia de uma forma simplificada considerando o comportamento dos agentes e mercados. Os modelos de equilíbrio geral mostram ser uma ferramenta analítica poderosa, a qual pode ajudar a obter uma melhor compreensão das questões econômicas do mundo real (BURFISHER, 2011).

O MINIMAL baseia-se em um conjunto de equações que representam as condições de equilíbrio de mercado para produtos e fatores primários, demandas dos produtores por insumos e por fatores primários, as demandas finais, a relação entre os preços, custo de produção e impostos e algumas variáveis macroeconômicas. O modelo MINIBR não distingue modalidades de impostos considerando apenas dois (um sobre a produção, outro sobre a importação) e sua estrutura de produção é dada inicialmente por uma função Leontief entre as diferentes matérias primas necessárias à produção de cada setor e os fatores primários, que no modelo são apenas trabalho e capital. Num segundo nível as matérias primas podem ser formadas por dotações importadas e domésticas em uma relação de elasticidade substituição constante (CES), bem como essa relação de elasticidade de substituição constante é observada nos fatores primários de produção, ou seja, entre trabalho e capital.

Os modelos de equilíbrio geral computável fazem uso extensivo de três tipos principais de funções:

- Funções CES;
- Funções COBB-DOUGLAS;
- Funções LEONTIEF (ou a coeficientes fixos).

---

<sup>2</sup> Para mais informações acerca de equações e aprofundamento metodológico do modelo MINIBR ver Horridge (2008).

Neste artigo foram utilizadas as funções CES e LEONTIEF que contém Elasticidade de Substituição Constante, Retornos Constantes à Escala, as elasticidades de ARMINGTON para produtos domésticos e importados.

No caso da função Leontief a taxa de substituição é fixa, o que permite que o modelo utilizado observe os efeitos das mudanças dos impostos sob a produção nos setores da economia.

Para a demanda de famílias o modelo considera unidades maximizadoras, cuja estrutura de demanda comporta-se como uma função Cobb-Douglas entre os diferentes produtos demandados pelas famílias. Em um segundo nível há uma elasticidade de substituição constante entre a demanda em particular de cada produto para produto importado ou doméstico. Ademais, o modelo supõe uma estrutura de mercado em competição perfeita, com as famílias consumindo toda a renda obtida e do lado da produção o custo do produto corresponde ao seu preço.

Para dados de elasticidade de fatores primários, elasticidades de Armigton e elasticidades de demanda por exportações foram utilizadas estimações disponibilizadas por Horridge (2008) através do trabalho MINIBR. Para setores de Mineração, Indústria da Transformação e Outros Serviços foram feitos cálculos da média simples entre outros setores que são correlatos com os descritos acima. Segue a seguir tabela 2 com elasticidades utilizadas.

**Tabela 2.** Elasticidades

Setor	Elasticidade de substituição doméstico/ (Armigton)	Elasticidade de substituição importado entre fatores primários (capital/trabalho)
1 Agropecuária	1,91	0,24
2 Mineração	0,8	0,2
3 Indústria da Transformação	1,82	1,26
4 Siup	1,9	1,26
5 Construção Civil	1,9	1,4
6 Comércio	1,9	1,68
7 Transportes	1,9	1,68
8 Serviços de Informação	1,9	1,26
9 Intermediação Financeira	1,9	1,26
10 Outros Serviços	1,9	1,26
11 Atividades Imobiliárias	1,9	1,26
12 Adm. Saúde e Educação	1,9	1,26

Fonte: Elaboração própria tendo como base elasticidades do MINIBR.



## **5. ANÁLISE DOS RESULTADOS**

O cenário-base utilizado no estudo é baseado na matriz insumo-produto brasileira do ano de 2005, sendo esta atualizada para o ano de 2010. Foram então feitos choques no longo prazo com a inclusão de uma alíquota tributária de 1% e 3% devido à emissão de gases efeito estufa com o objetivo de analisar os principais impactos econômicos, tanto em nível macroeconômico como setorial, de uma política ambiental que vise à redução de emissões de gases efeito estufa na economia brasileira.

### **5.1 Resultados macroeconômicos**

Os resultados mostram grandes variações nas variáveis macroeconômicas, como era esperado. Os resultados, com o uso de uma alíquota de 1% sobre a emissão de gases de efeito estufa, sugerem uma diminuição de 7% no PIB real devido a tributação de 3% sobre emissão de gases efeito estufa, conforme apresentado na tabela 3. O índice de preços teve um aumento de 2,08% e o consumo total das famílias teve uma redução de 7,52%, o que pode ser explicado pela redução do salário real da economia.

Pode-se observar que um aumento de tributos gerou um aumento do custo de produção para setores poluentes, porém o setor Outros serviços sofreria o maior aumento, com uma variação de 0,62%.

Foram feitos cenários prevendo um avanço tecnológico, para isso a produtividade dos fatores primários foi aumentada. Os resultados demonstram que há uma maior eficiência, porém para haver neutralidade do efeito negativo da tributação seria necessário um grande avanço tecnológico.

No cenário da aplicação de uma alíquota de 5% sobre a emissão de gases de efeito estufa, as variações macroeconômicas se tornar ainda mais expressivas, devido a sua magnitude, em especial em relação ao consumo real das famílias que tem uma redução de aproximadamente 22%, com mudança tecnológica esse efeito é amenizado, passando para uma queda de cerca de 7,5%.

**Tabela 3.** Resultados macroeconômicos de LP (Variações %)

Variável	Descrição	Alíquota de 1%		Alíquota de 3%	
		Sem mudança tecnológica	Mudança tecnológica	Sem mudança tecnológica	Mudança tecnológica
p3tot	Índice de preços ao Consumidor	0,66	0,15	2,08	0,46
w3tot	Consumo total das famílias	-7,12	-2,36	-20,9	-7,04
p4tot	Índice de preços as Exportações	1,23	0,53	3,81	1,6
x0cif_c	Índice de volume da importações	-1,6	-0,43	-4,56	-1,27
x0gdpexp	PIB real pelo lado da despesa	-2,58	-0,85	-7,52	-2,53
x3tot	Consumo real das famílias	-7,73	-2,51	-22,52	-7,47
x4tot	Índice de volume das exportações	-2,86	-1,03	-8,26	-3,05

Fonte: Elaboração própria com resultados extraídos do Gempack.

## 5.2 Resultado setorial

O resultado na Produção Setorial, apresentado na tabela 4, mostra que setores relacionados a serviços seriam aqueles com maior variação negativa, este resultado é interessante pois é contra intuitivo uma vez que setores como Agropecuária e Indústria da Transformação que são setores mais poluentes não apresentaram os maiores impactos. Quando são incluídas mudanças tecnológicas, observa-se que o impacto é suavizado, porém somente um grande avanço tecnológico poderia neutralizar o efeito de uma tributação sobre emissão de gases de efeito estufa.

**Tabela 4.** Resultados na Produção por setor para a alíquota de 1%

Setor	Variação %	
	Sem mudança tecnológica	Mudança tecnológica
1 Agropecuária	-1,72	-0,52
2 Mineração	-2,49	-0,94
3 Indústria da Transformação	-3,06	-1,14
4 Siup	-2,75	-0,87
5 Construção Civil	-0,23	-0,07
6 Comércio	-1,89	-0,31
7 Transportes	-2,2	-0,68
8 Serviços de Informação	-2,83	-0,8
9 Intermediação Financeira	-2,79	-0,76
10 Outros Serviços	-3,62	-1,16
11 Atividades Imobiliárias	-2,95	-0,75
12 Adm. Saúde e Educação	0	0

Fonte: Elaboração própria com resultados extraídos do Gempack.

Analisando os resultados setoriais, apresentados na tabela 5, pode-se observar que se prevermos um avanço tecnológico a demanda total pelo bem, o impacto é suavizado, porém

não anula o efeito de tributação. Como era de se esperar uma alíquota mais alta gera maiores impactos na demanda dos setores.

**Tabela 5.** Resultados na Demanda por setor (Variações %)

Setor	Alíquota de 1%				Alíquota de 3%			
	Sem mudança tecnológica		Mudança tecnológica		Sem mudança tecnológica		Mudança tecnológica	
	Doméstico	Importado	Doméstico	Importado	Doméstico	Importado	Doméstico	Importado
1 Agropecuária	-1,72	-2,34	-0,52	-1,11	-4,88	-6,75	-1,55	-3,28
2 Mineração	-2,49	-2,23	-0,94	-0,81	-7,25	-6,46	-2,76	-2,41
3 Indústria da Transformação	-3,06	-0,7	-1,14	0,07	-8,84	-1,9	-3,36	0,21
4 Siup	-2,75	-0,63	-0,87	-0,49	-7,97	-1,7	-2,57	-1,51
5 Construção Civil	-0,23	0,39	-0,07	-0,14	-0,67	1,36	-0,21	-0,41
6 Comércio	-1,89	-1,5	-0,31	-1,05	-5,52	-4,31	-0,87	-3,14
7 Transportes	-2,2	-9,01	-0,68	-3,02	-6,35	-26,9	-2,02	-9,07
8 Serviços de Informação	-2,83	-2,99	-0,8	-1,4	-8,34	-8,68	-2,39	-4,18
9 Intermediação Financeira	-2,79	-3,24	-0,76	-1,82	-8,25	-9,26	-2,29	-5,37
10 Outros Serviços	-3,62	-2,19	-1,16	-0,76	-10,55	-6,37	-3,45	-2,25
11 Atividades Imobiliárias	-2,95	-5,11	-0,75	-2,25	-8,76	-14,76	-2,25	-6,64
12 Adm. Saúde e Educação	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Elaboração própria com resultados extraídos do Gempack.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo mostrou os efeitos de uma tributação sobre a emissão de gases efeito estufa, permitindo uma análise do impacto de uma política que vise à redução de poluição no Brasil. Em termos macroeconômicos os cenários simulados mostraram que a imposição de uma alíquota de tributação resulta em variações majoritariamente negativas, com reduções importantes nas variáveis de consumo das famílias.

A análise setorial da Produção mostrou que Outros Serviços e Indústria da Transformação seriam os setores com maior impacto negativo. Já a Agropecuária, maior setor poluente, teria um pequeno impacto devido a esta política. Os resultados também sugerem uma diminuição no custo unitário de produção para a maioria dos setores relacionados a serviços.

Ao avaliar os resultados em relação a produção por setor, é possível verificar que a alíquota traz um resultado negativo a todos os setores, mesmo havendo uma mudança tecnológica. Isso remete a questão de que é preciso não só haver uma alíquota que tribute a emissão de gases de efeito estufa, mas também que essa sirva como um fator inibidor de tais

emissões, no sentido de amenizar o possível resultado que esta traria para o bem estar social da economia.

Em trabalhos futuros pretende-se construir cenários com outras elasticidades de substituição dos produtos primários melhores ajustadas para o longo prazo, para que se possa obter outros cenários, com isso espera-se construir uma análise mais ampla e fidedigna sobre políticas de redução de poluição.

## REFERÊNCIAS

BURFISHER, M. E. Introduction to Computable General Equilibrium Models. New York: Cambridge University Press, 2011.

COUTINHO, L. A capa de gases de efeito estufa sobre o planeta constitui na verdade, uma falha maciça de mercado. O que os economistas pensam sobre sustentabilidade. São Paulo: Ed. 34, 2010. 288 p.

FEIJÓ, F. T.; JÚNIOR, S. P. O Protocolo de Quioto e o bem-estar econômico no Brasil – uma análise utilizando equilíbrio geral computável. Revista Análise Econômica, Porto Alegre, ano 27, n.51, p. 127-154, março de 2009.

HORRIDGE, M. 2008. **MINIBR: Um modelo simplificado de equilíbrio geral para a economia brasileira.** São Paulo, Editora da USP, 88p.

HORRIDGE, M. Computing Guide for MINIMAL using Customized RunGEM. Cops-Impact, Austrália, 2001.

HORRIDGE, M.; POWELL, A. MINIMAL, A Simplified General Equilibrium Model. Cops-Impact, Austrália, 2001.

PEROBELLI, F. S. et al. **Variações na produtividade e impactos sobre o setor de energia: uma análise de Equilíbrio Geral.** TD. 003/2009. Programa de Pos-Graduação em Economia Aplicada - FE/UFJF, 2009.

SADOULET, Elisabeth; DE JANVRY, Alain. **Quantitative development policy analysis.** Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1995.

TOURINHO, O. A. F.; MOTTA, R. S.; ALVES, Y. L. B. Uma aplicação ambiental de um modelo de equilíbrio geral. Texto para discussão n° 976, IPEA, Rio de Janeiro, agosto, 2003.

## APÊNDICE

Tabela 6 : Estimativas de gases de efeito estufa para Brasil no ano de 2010.

Macrosetor	Setor	Microsetor	Setor Matriz Insumo-produto	Volume Gg CO2 eq para choque
Energia	Queima de Combustíveis	Centrais elétricas de serviço público	Snip	20846
Energia	Queima de Combustíveis	Centrais elétricas autoprodutoras	Snip	10349
Energia	Queima de Combustíveis	Subsetor Industrial	Indústria da Transformação	100196
Energia	Queima de Combustíveis	Mineração	Mineração	8710
Energia	Queima de Combustíveis	Subsetor Transporte	Transportes	160180
Energia	Queima de Combustíveis	Subsetor Residencial	Familias	18589
Energia	Queima de Combustíveis	Subsetor Agricultura	Agropecuária	17778
Energia	Queima de Combustíveis	Subsetor Comercial	Comércio	2346
Energia	Queima de Combustíveis	Subsetor Público	Adm. Saúde e Educação	2088
Energia	Emissões Fugitivas	Mineração e Carrão	Mineração	1341
Energia	Emissões Fugitivas	Extração e transp petróleo e gás	Mineração	13126
Energia	Queima de Combustíveis	Centrais elétricas de serviço público	Snip	26,46
Energia	Queima de Combustíveis	Centrais elétricas autoprodutoras	Snip	0,88
Energia	Queima de Combustíveis	Carvoarias	Mineração	3864
Energia	Queima de Combustíveis	Subsetor Industrial	Indústria da Transformação	1819,23
Energia	Queima de Combustíveis	Mineração	Mineração	2,94
Energia	Queima de Combustíveis	Subsetor Transporte	Transportes	259,119
Energia	Queima de Combustíveis	Subsetor Residencial	Familias	1944,6
Energia	Queima de Combustíveis	Subsetor Agricultura	Agropecuária	449,4
Energia	Queima de Combustíveis	Subsetor Comercial	Comércio	33,81
Energia	Queima de Combustíveis	Subsetor Público	Adm. Saúde e Educação	1,092
Energia	Emissões Fugitivas	Mineração e Carrão	Mineração	1014,3
Energia	Emissões Fugitivas	Extração e transp petróleo e gás	Mineração	2415
Energia	Queima de Combustíveis	Centrais elétricas de serviço público	Snip	0
Energia	Queima de Combustíveis	Centrais elétricas autoprodutoras	Snip	0
Energia	Queima de Combustíveis	Carvoarias	Mineração	0
Energia	Queima de Combustíveis	Subsetor Industrial	Indústria da Transformação	2028,33
Energia	Queima de Combustíveis	Mineração	Mineração	0
Energia	Queima de Combustíveis	Subsetor Transporte	Transportes	1074,15
Energia	Queima de Combustíveis	Subsetor Residencial	Familias	527
Energia	Queima de Combustíveis	Subsetor Agricultura	Agropecuária	186
Energia	Queima de Combustíveis	Subsetor Comercial	Comércio	15,5
Energia	Queima de Combustíveis	Subsetor Público	Adm. Saúde e Educação	3,41
Energia	Emissões Fugitivas	Mineração e Carrão	Mineração	0
Energia	Emissões Fugitivas	Extração e transp petróleo e gás	Mineração	62
Processos industriais	Processos industriais	Processos industriais	Indústria da Transformação	82048
Agropecuária	Agropecuária	Fermentação etélica	Agropecuária	246569
Agropecuária	Agropecuária	Manejo e Desejos de animais	Agropecuária	21284
Agropecuária	Agropecuária	Solos agrícolas	Agropecuária	154091
Agropecuária	Agropecuária	Cultura do arroz	Agropecuária	8788
Agropecuária	Agropecuária	Queima de cana e algodão	Agropecuária	6495
Tratamento de resíduos	Tratamento de resíduos	Lixo	Snip	29336
Tratamento de resíduos	Tratamento de resíduos	Esgoto industrial	Indústria da Transformação	5779
Tratamento de resíduos	Tratamento de resíduos	Esgoto doméstico	Familias	13622

Fonte: Elaboração própria com dados da Estimativas de emissões de gases de efeito estufa no Brasil -2013.