

# EFEITOS ECONÔMICOS POTENCIAIS DE UMA REGRA TRIBUTÁRIA AMBIENTAL NO BRASIL: EVIDÊNCIAS DE UM MODELO DE EQUILÍBRIO GERAL<sup>1</sup>

**Rosimere Miranda Fortini**

Doutoranda em Economia Aplicada - PPGEA / Universidade Federal de Viçosa

**Raquel Pereira Pontes**

Doutoranda em Economia Aplicada - PPGEA / Universidade Federal de Viçosa

**Marcos Spínola Nazareth**

Pesquisador no PAEG/UFV (Projeto de Análise de Equilíbrio Geral da Economia Brasileira)

**Ian Michael Trotter**

Professor Efetivo da Universidade Federal de Viçosa

## ÁREA 2: TEORIA ECONÔMICA E ECONOMIA APLICADA

**Resumo:** O estudo analisou os impactos da implementação de uma regra tributária ambiental neutra na economia brasileira, considerando que esta favoreça o uso mais sustentável dos recursos ambientais. Para isso, utilizou-se o Modelo de Equilíbrio Geral, associado ao Projeto de Análise de Equilíbrio Geral da Economia Brasileira (PAEG) para a simulação de 4 cenários. Como resultado, na maioria dos cenários ocorreu ganhos de bem-estar e PIB para o Brasil, quanto as regiões, observa-se que Norte e Nordeste foram as que mais se beneficiaram. Conclui-se que a implementação de uma regra tributária ambiental neutra contribuiria para a diminuição da desigualdade regional.

**Palavras-chave:** Choque Tributário Ambiental Neutro; Modelo de Equilíbrio Geral; PAEG; Macrorregiões Brasileiras.

**Abstract:** The study analyzed the impacts of the implementation of a neutral environmental tax rule in the Brazilian economy, considering that this favors the more sustainable use of environmental resources. For this, the General Equilibrium Model was used, associated to the Project of Analysis of General Equilibrium of the Brazilian Economy (PAEG) for the simulation of 4 scenarios. As a result, in the majority of the scenarios, there were welfare gains and GDP for Brazil, as well as the regions, it can be observed that the North and Northeast were the ones that benefited the most. It was concluded that the implementation of a neutral environmental tax rule would contribute to the reduction of regional inequality.

**Keys-Word:** Neutral Environmental Tax Shock; Model of General Equilibrium; PAEG; Brazilian Macroregions.

---

<sup>1</sup> Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES.

## 1. Introdução

Em termos de extensão territorial, o Brasil encontra-se na quinta colocação comparado aos outros países do mundo (OCDE, 2015). Em função disso, dispõe de uma grande diversidade em termos de clima, fauna, flora, uso da terra, vegetação, etc. O país também possui muitas terras agricultáveis, fartos recursos hídricos e florestais, assim como minérios, reservas de petróleo e gás natural, dentre outros recursos naturais.

No entanto, apesar da disponibilidade de todos esses recursos, de acordo com Crist, Mora e Engelman (2017) a população, de um modo geral, tende a utilizar o planeta Terra de forma excessiva, tanto como fonte de recursos (para o cultivo da terra e pastagem, água doce, combustíveis fósseis, produtos de madeira, recursos não renováveis, etc.) quanto como “fossa” (ou seja, um depósito para todos os resíduos gerados). Isto é uma grande preocupação, tendo em vista que no Brasil, o crescimento econômico, a urbanização e a ascensão dos níveis de renda que levou ao atual padrão de produção e consumo, refletiram no aumento de pressões ambientais, aumento da poluição, da geração de resíduos e redução da biodiversidade.

Pacheco *et al.* (2018) alertam para os perigos de continuar considerando o crescimento econômico como um modelo para o desenvolvimento. Dessa forma, a gestão sustentável e equitativa de bens naturais, bem como o fato de desassociar do crescimento econômico como principal fator impulsionador ao desenvolvimento econômico é de fundamental importância para a diminuição da pressão sobre o meio ambiente. A conservação dos recursos naturais deve ser o novo paradigma para o desenvolvimento como a única alternativa para alcançarmos a sustentabilidade e, por conseguinte, um estado de desenvolvimento econômico (PACHECO *et al.*, 2018). Assim, há a necessidade de encontrar instrumentos que sejam capazes de minimizar esses problemas ambientais causados pelas atividades humanas.

Nesse sentido, a OCDE (2015) ao avaliar o desempenho ambiental do Brasil, sugeriu a introdução de “tributos verdes” e eliminar isenções fiscais para aqueles setores que são danosos ao meio ambiente. Ainda segundo a OCDE (2015), os tributos pertinentes ao meio ambiente, em 2013, respondiam por 0,7% do PIB brasileiro, proporção abaixo da média para a maioria dos países da OCDE. Ressalta-se que a maior parcela dessas receitas deriva de tributos sobre a propriedade de veículos automotores. No início de 2015, o governo aumentou a alíquota da contribuição federal sobre a gasolina e o diesel, que era mantida a zero desde 2012. Outro ponto, é que as cobranças pelo consumo da água e pela poluição, implementadas em alguns estados, são os únicos encargos sobre recursos naturais e poluição (OCDE, 2015).

De modo geral, segundo a OCDE (2015) o Brasil poderia se beneficiar com o uso de impostos ambientais e com a extinção de isenções prejudiciais, na conjuntura de uma reforma tributária mais ampla, o que auxiliaria no estímulo do uso mais eficiente dos recursos naturais. No entanto, segundo Leite *et al.* (2018) no Brasil uma Reforma Tributária Ambiental (RTA) é um desafio ainda a ser enfrentado. Isso porque, as propostas da agenda ambiental-tributária ainda estão em nível incipiente de implementação ao contrário de muitos países europeus (Finlândia, Dinamarca, Alemanha, Reino Unido, Suíça, Holanda, etc.) que se encontram na vanguarda da tributação ambiental. Além disso, há ainda uma baixa importância e pouca prioridade política dada a tributação ambiental além da ausência de um debate aprofundado em relação a viabilidade e necessidade de uma RTA adaptada à realidade brasileira (LEITE *et al.*, 2018).

A RTA, é uma tentativa de impedir que se continue a degradar o meio ambiente e evitar que a sociedade “empenhore” o seu futuro, para que todos tenham o acesso de forma igualitária aos recursos naturais. Assim, na RTA os impostos ambientais são ferramentas fiscais que têm como objetivo promover a adoção de hábitos de consumo mais sustentáveis, de forma a aumentar a eficiência na utilização de recursos naturais e incentivar a sociedade a alterar comportamentos que conduzem à degradação dos referidos recursos, dos ecossistemas e da biodiversidade.

A lógica por trás da utilização da RTA que se refere a impostos com uma orientação ambiental, é justamente a existência de externalidades ambientais negativas, na ausência de uma regulação econômica efetiva. Pois, sem uma regulação, os agentes econômicos usam estes recursos sem se dar conta do impacto que as suas ações tem sobre o meio ambiente e sobre os demais agentes, abrangendo as gerações futuras. Assim, este instrumento econômico pode ser empregado para garantir que os custos externos serão internalizados no processo de decisão desses agentes.

No Brasil, o Código Tributário Nacional permite que os impostos indiretos sobre a produção e o consumo possam ser empregados como instrumentos de tributação ambiental, através de um sistema de alíquotas, isenções e restituições considerando a natureza dos produtos, com a finalidade de ao mesmo tempo encorajar comportamentos ecologicamente admissíveis, busca-se desestimular a atividade poluidora (JURAS, 2009). No entanto, a incorporação de instrumentos econômicos na legislação ambiental brasileira ainda é pouco significativa de acordo com Juras (2009), e não vem sendo utilizada como indutora de mudança do padrão de uso e consumo dos recursos naturais. Assim, é necessário que eles passem a ser vistos como um dos caminhos para a melhoria da qualidade ambiental e das condições de vida da sociedade, além do estabelecimento de um meio ambiente ecologicamente equilibrado.

Por conseguinte, o objetivo deste estudo é investigar os efeitos econômicos potenciais da implementação de uma regra tributária ambiental neutra na economia brasileira, considerando que essa regra favorece o uso mais sustentável dos recursos ambientais.

Para tanto, optou-se por utilizar um modelo de equilíbrio geral computável (EGC), mais especificamente o PAEG - Projeto de Análise de Equilíbrio Geral da Economia Brasileira, modelo plenamente integrado com GTAP (*Global Trade Analysis Project*), que permite analisar os impactos setoriais e regionais na economia brasileira de mudanças na política fiscal.

Segundo Freire-González e Ho (2018), os modelos de EGC admitem que os pesquisadores avaliem o efeito em diversas variáveis macroeconômicas de impactos ou políticas externas, como transformações em um sistema de tributação. Estudos recentes que usaram métodos EGC para modelar os efeitos de uma Reforma Fiscal Ambiental foram: Freire-González e Ho (2018), Jorgenson *et al.* (2013), Ciaschini *et al.* (2012) e Fernández *et al.* (2011). De modo geral, estudaram o impacto distributivo do imposto sobre carbono e mostraram que as opções de reciclagem de receita analisadas fornecem benefícios econômicos e ambientais para os respectivos países analisados.

Assim, nota-se que na literatura internacional há muitos estudos relacionadas nessa temática. No entanto, na literatura nacional essa abordagem ainda é incipiente. Spagolla (2008), identificou o sentido ambiental atribuído às figuras tributárias já existentes, para desvendar sua fundamentação e viabilidade, e analisar a repercussão no âmbito jurídico, bem como demonstrar a possibilidade de criação de um imposto ambiental direto, com estrutura própria e validade formal e material. Para isso, a autora utilizou métodos científicos dedutivo e histórico, além de uma intensa pesquisa bibliográfica e jurisprudencial, que permitiu identificar as vantagens e desvantagens da aplicação desta tributação ambiental. Silva (2012), dedicou-se à análise da eficácia da tributação ambiental ativa enquanto instrumento de promoção das políticas de defesa dos recursos naturais.

Em 2013, foi realizado um estudo proposto pela Secretaria de Política Econômica do Ministério da Fazenda, em parceria com o Centro de Estudos em Sustentabilidade (GVces) da Fundação Getúlio Vargas (FGV), com o apoio da Embaixada do Reino Unido no Brasil e da *Climate Works Foundation*, intitulado “*Green Fiscal Policy in Brazil*”. O referido estudo delineou um panorama dos instrumentos de política fiscal utilizados no Brasil e que tem potencialidade para gerar uma economia verde além de listar uma série de recomendações ao governo. Entre elas, é que uma política tributária voltada para a economia verde fosse fiscal-neutra sendo que para cada acréscimo de tributação de uma atividade poluidora, exista um incentivo fiscal a uma atividade mais sustentável ou que ocasione benefícios sociais. Além disso, deve-se reduzir os subsídios do governo destinados às atividades que são notoriamente poluidoras (GVces, 2013). Embora esta tenha sido uma importante iniciativa, a proposta não foi adiante e as crises econômicas e políticas enfrentadas pelo país fizeram com que essa discussão saísse do foco do governo.

O Instituto Escolhas (2015), por sua vez, desenvolveu um estudo para analisar os impactos econômicos e sociais da tributação do carbono no Brasil. Por conseguinte, este o estudo simulou a introdução da taxa sobre o carbono emitido em setores fornecedores de combustíveis, com efeito neutro sobre a carga tributária mediante modificações na cobrança do PIS/Cofins – capaz de produzir impactos positivos para a economia, com crescimento de 0,5 % do PIB, criação de 556 mil postos de trabalho e uma emissão evitada de 4,2 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>e.

Assim, este estudo se diferencia dos demais ao utilizar um modelo EGC para avaliar os efeitos econômicos potenciais de implementação de uma regra tributária ambiental neutra na economia brasileira voltada para os setores de energia, água, transporte, químico e agropecuário no Brasil. Isto porque,

atualmente esses setores são considerados os mais poluidores. Em especial, no caso do setor agropecuário, entre 1970 e 2016, as emissões aumentaram 165%, colocando o Brasil como o terceiro maior emissor global por agropecuária, atrás apenas de China e Índia (SEEG, 2018).

Segundo a SEEG (2018), ao considerar os últimos dez anos, as emissões aumentaram cerca de 40% enquanto a produção agrícola aumentou cerca de 130% e a produção de carne bovina 180%. O setor de Energia foi responsável pela emissão de 423,5 milhões de toneladas de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2\text{e}$ ), o que correspondeu a 19% do total anual de emissões no Brasil no ano de 2016 (SEEG, 2018). Além disso, o segmento de Transportes é um dos grandes emissores entre os setores analisados, sendo responsável pela emissão de 204  $\text{MtCO}_2\text{e}$  em 2016 (39% do total) (SEEG, 2018).

Assim, acredita-se que esta análise é relevante, pois, segundo Dixon (2012), os modelos de EGC consideraram de forma abrangente os aspectos mais importantes de um sistema econômico. Por conseguinte, a contribuição deste estudo, encontra-se no auxílio aos formuladores de políticas públicas por meio das simulações, fornecendo *insights* sobre onde se deve concentrar os esforços para promover o desenvolvimento econômico aliado à sustentabilidade, garantindo que o meio ambiente esteja ecologicamente equilibrado para as presentes e futuras gerações.

## 2. Metodologia

### 2.1 Estratégia Empírica

Os modelos de EGC, são amplamente empregados para analisar os efeitos de choques externos ou de políticas econômicas sobre o sistema econômico ou na distribuição de bem-estar entre famílias, originando na análise da relevância das políticas que são implementadas.

Esses modelos tem como base teórica o modelo *walrasiano* de economia concorrencial, na qual há três agentes principais: firmas, famílias e governos que produzem, consomem bens, serviços e fatores de produção além de pagarem impostos, transacionando no mercado nacional e internacional.

Por conseguinte, utilizou-se neste estudo um modelo de EGC apropriado para analisar choques tributários: o Projeto de Análise de Equilíbrio Geral da Economia Brasileira – PAEG, que apresenta de forma desagregada as economias das cinco grandes regiões do Brasil.

#### 2.1.1 O Modelo PAEG: Características e Pressupostos<sup>2</sup>

O PAEG é um modelo estático, multirregional e multisetorial, construído com a finalidade de analisar a economia brasileira desagregada regionalmente, sendo cada uma das cinco grandes regiões constituída por uma estrutura de demanda intermediária e final, composta por setores selecionados e despesas públicas e privadas com bens e serviços (TEIXEIRA *et al.*, 2013).

Além disso, o PAEG está inteiramente interligado ao modelo e base de dados 9.0 do *Global Trade Analysis Project* -GTAP, que abarca os fluxos de transações econômicas globais pela compatibilização de matrizes de insumo-produto nacionais. Deste modo, o modelo em questão foi desenvolvido em *GTAPinGAMS* (RUTHERFORD e PALTSEV, 2000; e RUTHERFORD, 2005) com a base de dados do GTAP (Hertel, 1997) versão 9.0 com o cenário econômico para o ano de 2011. O modelo *GTAPinGAMS* foi elaborado como um problema de complementariedade não linear, em linguagem de programação GAMS - *General Algebraic Modeling System*.

O Código do modelo é escrito utilizando a sintaxe do algoritmo *Mathematical Programming System for General Equilibrium* - MPSGE (RUTHERFORD, 1999), em que o modelo de EGC é concebido por intermédio de blocos de funções de produção, de demanda e restrições específicas. Por conseguinte, esses blocos são transformados em equações algébricas e um problema de complementariedade mista é resolvido por intermédio do GAMS (BROOK, KENDRICK e MEERAUS; 1988).

Tem-se a possibilidade de alterar a estrutura original do modelo com o *GTAPinGAMS*. Dessa forma, o PAEG expande a economia brasileira em cinco grandes regiões: Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste

---

<sup>2</sup> A maioria das informações e demonstrações do Modelo PAEG foram retiradas dos trabalhos de Nazareth (2017) e Gurgel, Pereira e Teixeira (2011).

e Sul, conectadas à base de dados do GTAP. Além disso, a base de dados tem fluxos comerciais bilaterais entre nações e regiões.

Ademais, o modelo PAEG fundamenta-se nas pressuposições microeconômicas neoclássicas para o comportamento dos agentes econômicos: o consumidor representativo e o governo buscam otimizar o bem-estar sujeito a uma restrição orçamentária, e os setores produtivos combinam insumos intermediários e fatores primários de produção (trabalho qualificado, trabalho não qualificado, capital, terra e recursos naturais), de modo a minimizar os custos, dada a tecnologia. Por hipótese, as preferências são contínuas e convexas e derivam funções de demanda contínuas e homogêneas de grau zero em relação aos preços, isto é, somente os preços relativos podem ser determinados. Nas firmas, a tecnologia é constituída por uma função de produção com rendimentos constantes de escala, significando que no equilíbrio o lucro econômico é nulo, sob concorrência perfeita.

Assim, é consolidado três condições efetivas de consistências da base de dados: (i) equilíbrio dos mercados (oferta igual à demanda para todos os bens e fatores); (ii) balanço da renda (renda líquida igual à despesa líquida para cada agente econômico); (iii) a renda é exaurida pelas unidades produtivas (lucro econômico igual a zero).

No tocante ao fechamento macroeconômico do modelo, a demanda agregada da economia deve equiparar-se à renda (retorno dos fatores). Além disso, o fechamento determina que: (i) a oferta dos fatores de produção é fixa exogenamente; (ii) os fatores são perfeitamente móveis entre setores de uma mesma região (com exceção dos fatores terra e recursos naturais, que têm mobilidade limitada) e sem mobilidade entre as regiões; (iii) pleno emprego, ou seja, preços dos fatores são flexíveis; e (iv) investimentos (oferta de bens de capital) são fixos e dotação do capital é constante. Além disso, o consumo do governo pode alterar com mudança nos preços dos bens e arrecadação de impostos; a taxa de câmbio real entre os países se ajusta não afetando o saldo da conta corrente. Por fim, apesar dos valores das variáveis exógenas como, por exemplo, oferta de fatores, investimentos e saldo em conta corrente, os preços são endógenos. Sendo assim, seus valores podem, após um choque, ser alterados (GURGEL, 2017).

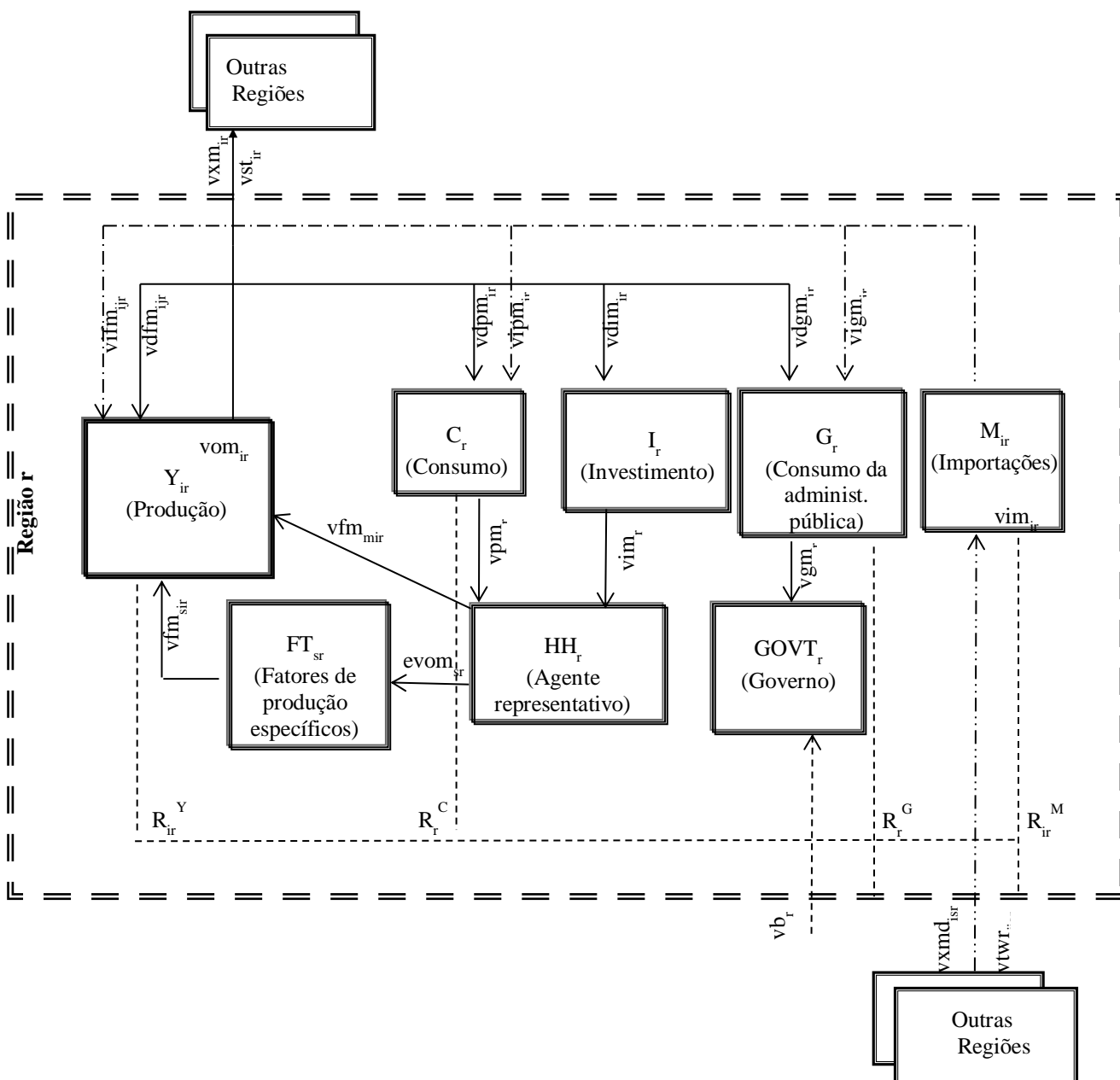
Deste modo, os pressupostos macroeconômicos robustecem a ideia de uma economia modelada pelo lado real e com equilíbrio estático de longo prazo. Indubitavelmente, como o investimento é fixo, não há acumulação de capital e também não há um fluxo endógeno de renda líquida de fatores externos pela conta financeira no balanço de pagamentos, portanto, não se faz inferências de trajetória de crescimento do PIB no modelo (NAZARETH, 2017).

### **2.1.2 Identidades Contábeis Macroeconômicas de funcionamento do PAEG**

A estrutura geral do modelo PAEG é apresentada na Figura 1. As variáveis do modelo econômico tem a seguinte notação:  $Y_{ir}$  - a produção do bem  $i$  na região  $r$ ;  $C_r$  - consumo privado;  $I_r$  - investimento;  $G_r$  - consumo público;  $M_{jr}$  - importações do bem  $j$  pela região  $r$ ;  $HH_r$  - agente consumidor representativo (ou domicílio);  $GOVT_r$  - setor público ou governo;  $FT_{sr}$  - atividade por meio da qual fatores de produção específicos são alocados para setores reservados.

Ressalta-se que na Figura 1, os fluxos nos mercados de fatores de produção e de bens são representados por linhas sólidas ou pontilhadas de forma irregular, e os pagamentos de impostos, por sua vez, são apresentados pela linha pontilhada regular. Mercados de bens domésticos e importados são representados por linhas verticais, no lado direito da figura.

Assim, para atender o objetivo deste estudo, foram feitas alterações nas equações do modelo econômico correspondente, com vistas a incorporar variáveis de transferência de renda nas equações de restrição orçamentária do agente privado e do governo. Desse modo, o próximo subtópico faz a descrição do modelo com suas principais equações e extensões implementadas para o caso das cinco regiões brasileiras, o que o torna uma variação do original PAEG.



**Figura 1:** Fluxos no PAEG

Fonte: Gurgel, Pereira e Teixeira (2011).

### 2.1.2.1 Funções de Identidade: equilíbrio no mercado de bens e fatores

A produção doméstica ( $vom_{ir}$ ) é representada pela soma de: exportações ( $vxmd_{irs}$ ), serviços de transporte internacional ( $vst_{ir}$ ), demanda intermediária ( $vdfm_{ijr}$ ), consumo das famílias ( $vdpm_{ir}$ ), investimento ( $vdim_{ir}$ ) e consumo do governo ( $vdgm_{ir}$ ). A identidade contábil na base de dados, representada pelas matrizes de contabilidade social, referente à produção doméstica é apresentada pela Equação (1).

$$vom_{ir} = \sum_s vxmd_{irs} + vst_{ir} + \sum_j vdfm_{ijr} + vdpm_{ir} + vdgm_{ir} + vdim_{ir} \quad (1)$$

A demanda por bens importados ( $vim_{ir}$ ) é obtida pelo somatório do: consumo intermediário ( $vifm_{ijr}$ ), no consumo privado ( $vipm_{ir}$ ) e no consumo do governo ( $vigm_{ir}$ ), representada pela Equação (2).

$$vim_{ir} = \sum_j vifm_{ijr} + vipm_{ir} + vigm_{ir} \quad (2)$$

Na produção de  $Y_{ir}$  incluem-se insumos intermediários (domésticos e importados), fatores de produção móveis ( $vfm_{fir}$ ,  $f \in m$ ) e consumo do agente público ( $vigm_{ir}$ ). A renda dos fatores de produção é distribuída ao agente representativo.

O equilíbrio nos mercados de fatores é por uma identidade que relaciona soma da demanda dos setores econômicos por fatores primários de produção com a renda que é destinada as famílias ( $evom_{fr}$ ) (Equação 3).

$$\sum_i vfm_{fir} = evom_{fr} \quad (3)$$

As condições de equilíbrio nos mercados internacionais, demandam que as exportações do bem  $i$  pela região  $r$  ( $vxm_{ir}$ ) sejam iguais às importações do mesmo bem por todos os parceiros comerciais ( $vxmd_{irs}$ ) (Equação 4).

$$vxm_{ir} = \sum_s vxmd_{irs} \quad (4)$$

Da mesma forma, condições de equilíbrio aplicam-se também aos serviços de transporte internacionais. A oferta agregada do serviço de transporte  $j$ ,  $vt_j$ , é igual ao valor dos serviços de transporte nas exportações (Equação 5).

$$vt_j = \sum_r vst_{jr} \quad (5)$$

O equilíbrio entre oferta e demanda, no mercado de serviços de transporte, iguala a oferta desses serviços à soma dos fluxos bilaterais de serviços de transporte adquiridos nas importações de bens ( $vtwr_{jisr}$ ), como na Equação (6).

$$vt_j = \sum_{isr} vtwr_{jisr} \quad (6)$$

Assim, fecha-se o equilíbrio entre oferta e demanda em todos os mercados de bens e fatores atendendo uma das condições para consistência de um modelo de equilíbrio geral aplicado com uma matriz de dados.

### 2.1.2.2 Equações de restrição orçamentária: balanço da renda

A nova restrição orçamentária do agente privado no modelo PAEG considerado neste estudo tem do lado esquerdo a renda dos fatores de produção ( $evom_{fr}$ ), descontada os pagamentos de impostos ( $R_r^{HH}$ ) e somados o recebimento de transferência de renda entre famílias e governos regionais ( $taug_r^G$ ) que poderá ser positiva ou negativa dependendo do choque simulado<sup>3</sup>. Do lado direito tem-se as despesas de consumo final ( $vpm_r$ ) e investimento ( $vim_r$ ):

$$\sum_f evom_{fr} - R_r^{HH} + taug_r^G = vpm_r + vim_r \quad (7)$$

Quanto restrição orçamentária do governo, tem-se agora também uma variação do modelo PAEG original. As receitas dos impostos e transferências, indicadas pela linha pontilhada, são representadas pela letra  $R$  (Figura 1). Assim, a despesa pública total ( $vgm_r$ ) tem que ser igual a arrecadação de impostos (representado pelo índice “ $R$ ”) indiretos na produção e exportação ( $R_{ir}^Y$ ), no consumo ( $R_r^C$ ), nas importações ( $(R_{ir}^M)$ ), na demanda do governo ( $R_r^G$ ). A renda dos governos também inclui impostos diretos ao agente representativo, representados por ( $R_r^{HH}$ ). No entanto, a modificação está em retirar a transferências do exterior ( $vb_r$ ) e incluir a transferência de renda entre famílias e governos regionais ( $taug_r^G$ ). Logo, a equação de restrição toma a seguinte forma, representada pela Equação (8).

$$vgm_r = \sum_i R_{ir}^Y + R_r^C + R_r^G + \sum_i R_{ir}^M + R_r^{HH} + taug_r^G \quad (8)$$

Considerando que a consistência do modelo exige que variações nas receitas dos agentes (despesas) devem ser compensadas por alterações equivalentes em suas despesas (receitas). Assim, ressalta-se que a inclusão da variável  $taug_r^G$  tanto na restrição das famílias quanto do governo é para que haja um orçamento equilibrado do governo. Em outras palavras, o que o governo ganharia a mais com o aumento da arrecadação dos impostos à produção em setores específicos aqui analisados, será passado para as famílias via transferência de modo que o orçamento do governo fique neutro após o choque tributário ambiental proposto por esse estudo.

<sup>3</sup> Mais detalhes sobre essa variável estão no Apêndice A.

Assim, atende-se, no modelo construído, a segunda condição para a consistência da base de dados, qual seja: o balanço da renda dos agentes.

### 2.1.2.3 Condições de lucro zero e estrutura de decisão

Das equações apresentadas anteriormente, visualizou-se dois tipos de condição para a consistência da base de dados contida nas MIP (Matriz de Insumo Produto) o equilíbrio de mercado (oferta igual à demanda para todos os bens e fatores de produção) e o balanço da renda (renda líquida igual à despesa líquida).

Por fim, há um terceiro conjunto de identidades que se relacionam aos lucros operacionais líquidos nos setores da economia. No modelo PAEG, assim como no GTAP, consideram-se competição perfeita e retornos constantes à escala, de forma que os custos com insumos intermediários e fatores de produção se igualem ao valor da produção, e os lucros econômicos, a zero. Tal condição se aplica a cada um dos setores produtivos e atividades, conforme as Equações (9) a (15).

$$Y_{ir}: \quad \sum_f vfm_{fir} + \sum_j (vifm_{jir} + vdfm_{jir}) + R_{ir}^Y = vom_{ir}; \quad (9)$$

$$M_{ir}: \quad \sum_s \left( vxmd_{isr} + \sum_j vtwr_{jisr} \right) + R_{ir}^M = vim_{ir}; \quad (10)$$

$$C_r: \quad \sum_i (vdpm_{ir} + vipm_{ir}) + R_{ir}^C = vpm_r; \quad (11)$$

$$G_r: \quad \sum_i (vdgm_{ir} + vigm_{ir}) + R_{ir}^G = vgm_r; \quad (12)$$

$$I_r: \quad \sum_i vdim_{ir} = vim_r; \quad (13)$$

$$FT_{ir}: \quad evom_{fr} = \sum_i vfm_{fir} \quad f \in s; e \quad (14)$$

$$YT_j: \quad \sum_r vst_{jr} = vt_j = \sum_{irs} vtwr_{jirs}. \quad (15)$$

Por conseguinte, as equações apresentadas indicam presença de equilíbrio de mercado para todos os bens e fatores, balanço da renda dos agentes econômicos e a existência das condições de lucro zero, conforme as pressuposições que definem o modelo.

### 2.1.3 Cálculo do Bem-estar e PIB

No modelo PAEG, a mensuração dos resultados é por meio de parâmetros e de cálculos dos impactos do cenário simulado. Assim, a *proxy* para examinar os ganhos de bem-estar em função das simulações realizadas neste estudo foi a medida de variação equivalente, que é frequentemente em modelos aplicados de equilíbrio geral, particularmente pelos trabalhos que usam o PAEG (a exemplo de GURGEL, 2002; PEREIRA, 2011; NAZARETH, 2017). As mudanças nos níveis de bem-estar devido ao conceito de variação equivalente podem ser representadas em termos percentual e monetário e conjectura as consequências de distintas alterações na produção, fluxos comerciais e preços relativos da economia. Por conseguinte, a mudança em bem-estar para cada região brasileira pode ser representada pela Equação 16:

$$VE = \frac{U^f - U^i}{U^i} RF^i \quad (16)$$

em que VE é a variação equivalente,  $U^f$  é o nível de utilidade final,  $U^i$  é o nível de utilidade inicial e  $RF^i$  é a renda das famílias no equilíbrio inicial. Assim, a Equação 16 a mudança no consumo necessário, a partir de um novo conjunto de preços, para que se mantenha o mesmo nível de utilidade das famílias, aos preços do equilíbrio inicial. Então, mensura-se utilidade em termos de consumo. Aumentos de bem-estar são representados por valores positivos e reduções, por valores negativos.

Em relação ao Produto Interno Bruto - PIB, o cálculo é realizado pelo lado da despesa, representado pela Equação 17:



$$Y = C + I + G + X - M \quad (17)$$

sendo que Y é o PIB, C refere-se ao consumo privado, I representa os investimentos, G são os gastos do governo, X são as exportações, e por fim, M representa as importações.

## 2.2 Dados

O modelo PAEG, utilizado neste estudo, faz uso de uma base de dados regionalizada para a economia brasileira compatível com o GTAP 9.0. A agregação do PAEG 4.0, a mais nova versão do banco de dados, é composta por 19 atividades, 12 regiões (incluindo as 5 grandes regiões brasileiras: Norte, Nordeste, Sudeste, Centro-Oeste e Sul) e 5 fatores primários (capital, trabalho qualificado, trabalho não qualificado, terra e recursos naturais), representando o ambiente econômico de 2011. Assim, no Quadro 1 é exposto a agregação regional e os setores do modelo em questão.

Observa-se que o setor primário está desagregado nos setores: arroz (pdr), milho e outros cereais em grão (gro), soja e outras sementes oleaginosas (osd), cana-de-açúcar, beterraba açucareira e indústria do açúcar (sgr), carnes e animais vivos (oap), leite e derivados (rmk), outros produtos agropecuários (agr).

Os setores industriais são: produtos alimentares (foo), indústria têxtil (tex), vestuário e calçados (wap), madeira e mobiliário (lum), papel, celulose e indústria gráfica (ppp), químico, indústria da borracha e plásticos (crp) e o restante dos manufaturados em um único setor (man). Por fim, o setor de serviços compreende: serviços industriais e utilidade pública (SIUP), construção civil (cns), comércio (trd), transporte (otn) e outros serviços e administração pública (ser).

Além das cinco grandes regiões brasileiras, a agregação das 12 regiões abarca os países do Mercosul (RMS: Argentina, Uruguai e Paraguai); os demais países da América Latina, denominada Resto da América (ROA); os Estados Unidos é uma única região e Canadá e México são tratados como a região resto do Nafta (NAF); na União Europeia (EUR), serão considerados 25 países-membros incluindo o Reino Unido (não considerando Bulgária, Romênia e Croácia); China é uma região (CHN), e os demais países contidos no banco de dados do GTAP estão reunidos no Resto do Mundo (ROW).

**Quadro 1:** Agregação dos setores, regiões e fatores de produção do modelo PAEG

| Setores   |     | Regiões                         |     |
|---|-----|---------------------------------|-----|
| 1. Arroz  | pdr | 1. Brasil – Região Norte        | NOR |
| 2. Milho e outros cereais                         | gro | 2. Brasil – Região Nordeste     | NDE |
| 3. Soja e outras oleaginosas                      | osd | 3. Brasil – Região Centro-Oeste | COE |
| 4. Cana de açúcar, beterraba, indústria de açúcar | c_b | 4. Brasil – Região Sudeste      | SDE |
| 5. Carnes e animais vivos                         | oap | 5. Brasil – Região Sul          | SUL |
| 6. Leite e derivados                              | rmk | 6. Estados Unidos               | EUA |
| 7. Outros produtos agropecuários                  | agr | 7. China                        | CHN |
| 8. Produtos alimentares                           | foo | 8. União Europeia               | EUR |
| 9. Indústria têxtil                               | tex | 9. Resto do Mercosul            | RMS |
| 10. Vestuário e calçados                          | wap | 10. Resto do NAFTA              | RNF |
| 11. Madeira e mobiliário                          | lum | 11. Resto das Américas          | ROA |
| 12. Papel, celulose e indústria gráfica           | ppp | 12. Resto do Mundo              | ROW |
| 13. Químicos, indústria da borracha e plástico    | crp | Fatores de Produção             |     |
| 14. Manufaturados                                 | man | Capital                         |     |
| 15. Eletricidade, gás, distribuição de água       | siu | Trabalho Qualificado            |     |
| 16. Construção                                    | cns | Trabalho Não Qualificado        |     |
| 17. Comércio                                      | trd | Terra                           |     |
| 18. Transporte                                    | otp | Recursos Naturais               |     |
| 19. Serviços e Administração Pública              | adm |                                 |     |

Fonte: Adaptado de Teixeira *et al.* (2013).

Para atender o objetivo proposto por este estudo utiliza-se os setores: eletricidade, gás, distribuição de água (siu); químicos, indústria da borracha e plástico (crp); transporte (otp); arroz (pdr); milho e outros cereais (gro); soja e outras oleaginosas (osd); cana de açúcar, beterraba, indústria de açúcar (c\_b); carnes e animais vivos (oap); leite e derivados (rmk); e outros produtos agropecuários (agr).

### **2.3 Cenários: Analisando o Choque Tributário Ambiental Neutro**

Para a realização deste estudo, criou-se uma transferência endógena, permitindo que fosse realizado um choque tributário ambiental neutro, criando transferências entre famílias e governo. Deste modo, o que se fez foi aplicar um choque tributário ambiental assumindo um aumento no imposto à produção doméstica ( $rto(i, r)$ ) em 25% nos setores de eletricidade, gás, distribuição de água (siu); químicos, indústria da borracha e plástico (crp); transporte (otp); e para os setores da área agrícola é retirado o subsídio e aplicado uma tarifa média. Assim, para manter o orçamento do governo equilibrado (semelhante a um duplo dividendo), o ganho a mais na receita com o aumento da arrecadação dos impostos à produção nos setores citados anteriormente, é repassado para as famílias via transferência de modo que o orçamento do governo fique neutro após o choque tributário ambiental.

A seguir é caracterizado cada cenário a ser simulado neste estudo:

#### **Cenário I – Choque Tributário Ambiental**

No primeiro cenário simula-se um choque tributário ambiental considerando um aumento de 25% do imposto à produção doméstica (rto) nos setores: eletricidade, gás, distribuição de água (siu); químicos, indústria da borracha e plástico (crp); e transporte (otp) para todo o Brasil.

Assim, tem-se o interesse de avaliar os resultados para as grandes regiões brasileiras no caso em que os setores industriais que mais poluem ou mais usufruem dos recursos naturais enfrentam maiores impostos à produção. Ressalta-se, que este cenário tem apenas a finalidade de verificar os potenciais custos e benefícios de taxar a mais esses setores, sem considerar o orçamento equilibrado do governo.

#### **Cenário II – Choque tributário ambiental neutro**

Neste cenário simula-se um choque tributário ambiental considerando um aumento de 25% do imposto à produção doméstica (rto) nos setores: eletricidade, gás, distribuição de água (siu); químicos, indústria da borracha e plástico (crp); e transporte (otp) para todo o Brasil. No entanto, diferentemente do primeiro cenário, agora considera-se que haja um orçamento equilibrado do governo. Em outras palavras, o que o governo ganharia a mais com o aumento da arrecadação dos impostos à produção nos setores citados anteriormente, será passado para as famílias via transferência de modo que o seu orçamento fique neutro após o choque tributário ambiental.

De tal modo que a intenção é analisar os resultados para as grandes regiões brasileiras no caso em que os setores industriais que mais poluem ou que mais usufruem dos recursos naturais enfrentam impostos maiores à produção. A finalidade, é conferir os potenciais custos e benefícios de taxar esses setores, considerando o orçamento equilibrado do governo.

#### **Cenário III – Choque Tributário Ambiental Neutro Considerando as Mudanças Climáticas em Regiões Mais Vulneráveis**

O segundo cenário considera-se a simulação de um choque tributário ambiental considerando um aumento de 25% do imposto à produção doméstica (rto) nos setores: eletricidade, gás, distribuição de água (siu); químicos, indústria da borracha e plástico (crp); e transporte (otp). No entanto, diferentemente dos cenários anteriores, apesar de ainda considerar que o orçamento do governo esteja equilibrado, os aumentos dos impostos ocorrem para os três setores (siu, otp e crp) para cada região brasileira. Com exceção das regiões Norte e Nordeste em que não receberam o choque tributário ambiental e a região Centro-Oeste que terá um choque parcial com o aumento de 12,5% do imposto à produção doméstica (rto) ao invés de 25%. A especificação das regiões que ficam isentas ao choque ou pelo menos parcialmente, é motivado pelo fato dessas regiões brasileiras serem consideradas as mais vulneráveis às mudanças climáticas. Essa suposição é confirmada pelo estudo de Féres, Reis e Speranza (2010) que avaliaram o impacto esperado das mudanças climáticas sobre o padrão de uso da terra nos estabelecimentos agrícolas brasileiros. Como resultado identificaram que as regiões Norte, Nordeste e parte da região Centro-Oeste são as mais vulneráveis aos efeitos das mudanças climáticas, ao contrário da região Sul que poderá se beneficiar com as temperaturas mais elevadas projetadas pelos modelos climatológicos (FÉRES, REIS e SPERANZA, 2010).

Deste modo, a intenção é analisar os resultados para as regiões brasileiras no caso em que os setores industriais que mais poluem ou mais usufruem dos recursos naturais enfrentam impostos maiores à produção. O intuito, é conferir os potenciais custos e benefícios de taxar esses setores apenas naquelas regiões em que supõe que se beneficiarão com as mudanças climáticas.

## Cenário IV – Choque Tributário Ambiental Neutro Considerando as Mudanças Climáticas em Regiões Mais Vulneráveis: Tarifando Setores Poluentes e Tirando e Subsídio dos Setores Agrícolas

No terceiro cenário considera-se a simulação de um choque tributário ambiental considerando um aumento de 25% do imposto à produção doméstica (rto) nos setores: eletricidade, gás, distribuição de água (siu); químicos, indústria da borracha e plástico (crp); transporte (otp). E para o setor agrícola, deve-se tirar os subsídios e colocar uma tarifa média<sup>4</sup>. Ressaltando que este setor no PAEG está desagregado nos seguintes setores: arroz (pdr); milho e outros cereais (gro); soja e outras oleaginosas (osd); cana de açúcar, beterraba, indústria de açúcar (c\_b); carnes e animais vivos (oap); leite e derivados (rmk); e outros produtos agropecuários (agr).

Assim, diferentemente dos cenários anteriores, apesar de ainda considerar que o orçamento do governo esteja equilibrado, os aumentos dos impostos ocorrem para os três setores (siu, otp e crp) e retirou-se os subsídios para aqueles setores considerados agrícolas para todas as regiões brasileiras. Deste modo, o objetivo é conferir os potenciais custos e benefícios de taxar ou tirar os subsídios dos setores que são considerados no Brasil como os mais poluentes ou que usufruem demasiadamente os recursos naturais.

### 3. Resultados e Discussões

Nesta seção apresenta-se os resultados das simulações dos quatro cenários explicados anteriormente, permitindo analisar a variação percentual do PIB de um choque tributário ambiental em cada um deles.

#### 3.1 Análise das Simulações dos Cenários

No Cenário I simulou-se um choque tributário ambiental considerando um aumento de 25% do imposto à produção doméstica (rto) nos setores: eletricidade, gás, distribuição de água (siu); químicos, indústria da borracha e plástico (crp); e transporte (otp) para todo o Brasil. Por conseguinte, os resultados deste cenário, em termos de variações percentuais e no valor em bilhões de dólares por ano no bem-estar e no PIB para as regiões brasileiras, estão expostos na Tabela 1.

**Tabela 1:** Variações no bem-estar e PIB das regiões brasileiras, Cenário I

| Regiões      | Bem-Estar |              | PIB    |              |
|--------------|-----------|--------------|--------|--------------|
|              | %         | Bilhões US\$ | %      | Bilhões US\$ |
| Norte        | 0,609     | 0,361        | 0,633  | 0,596        |
| Nordeste     | -0,023    | -0,035       | 0,115  | 0,245        |
| Centro-Oeste | -0,199    | -0,195       | 0,010  | 0,016        |
| Sudeste      | -0,472    | -2,760       | -0,149 | -1,354       |
| Sul          | -0,325    | -0,534       | -0,031 | -0,081       |
| Brasil Total | -0,410    | -3,163       | 0,578  | -0,578       |

Fonte: Resultados da Pesquisa.

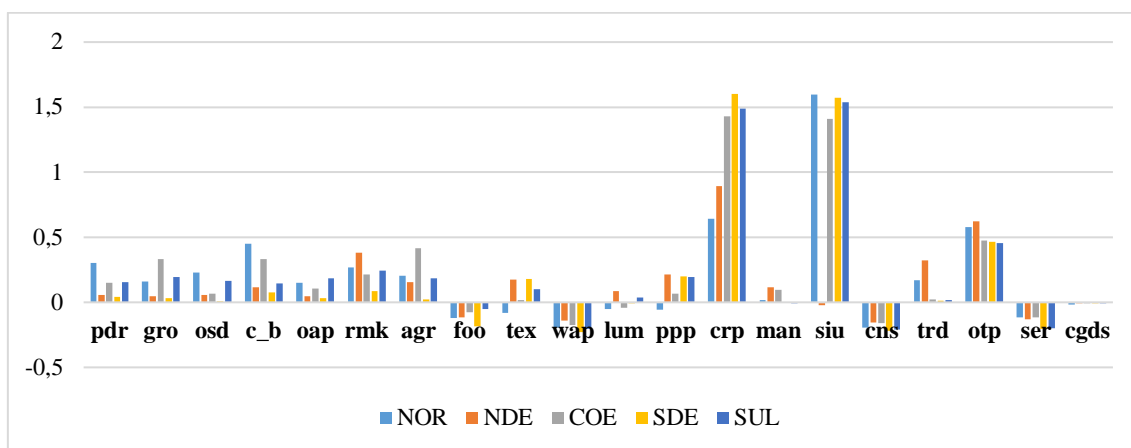
Nota-se que ao taxar em 25% a produção doméstica dos setores (siu, otp e crp), sem considerar o orçamento equilibrado do governo (Cenário I), somente a região Norte obterá um ganho de bem-estar da ordem de US\$ 0,361 bilhão de dólares ano, equivalente a 0,609%. As demais regiões como Nordeste (-0,023%), Centro-Oeste (-0,199%), Sudeste (-0,472%) e Sul (-0,325%), perderiam bem-estar e, considerando o Brasil em sua totalidade, teria uma perda de 0,41% também em termos de bem-estar chegando a US\$ 3,163 bilhão de dólares ano.

Em termos de PIB, ainda sob o Cenário I, observa-se que nas regiões Sul e Sudeste ocorreria uma perda de 0,149% (equivalente a uma perda de US\$ 1,354 bilhões ano) e 0,031% (equivalente a uma perda de US\$ 0,081 bilhões ano), respectivamente. Para as outras regiões brasileiras (Norte: 0,633%; Nordeste: 0,115%; e Centro-Oeste: 0,010%) incidiria um aumento no PIB.

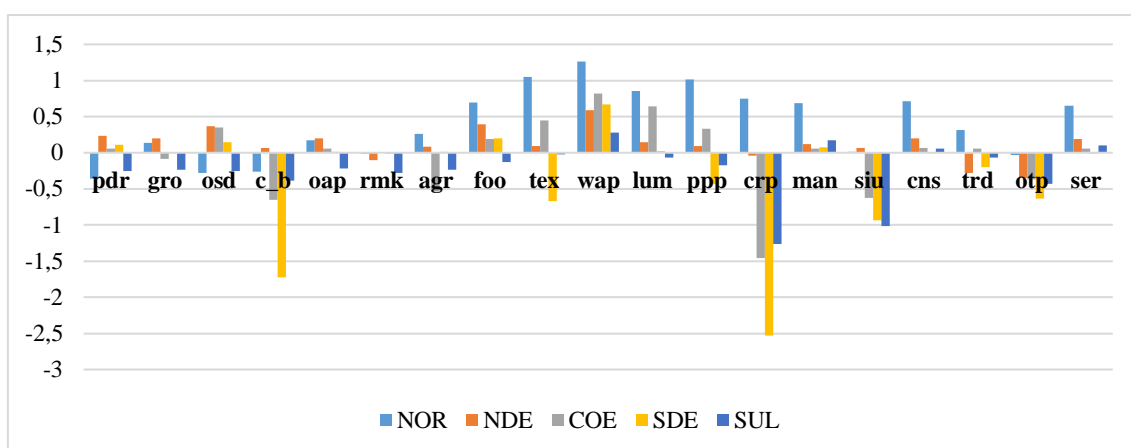
Estes resultados podem ser justificados pelo fato de que as perdas de bem-estar e PIB provenientes do choque tributário ambiental estão relacionadas às mudanças nos preços dos bens e na produção dos setores que foram taxados a mais. Dessa forma, tem-se uma perda de bem-estar para os consumidores de cada região (Nordeste, Sudeste, Centro-Oeste e Sul) pela menor oferta (Figura 3) e maior preço de bens

<sup>4</sup> A tarifa média é obtida da seguinte forma: primeiramente faz-se o cálculo da média do imposto “rto” de cada setor e depois obtém-se a média total (de todos os setores). Por conseguinte, tira-se o subsídio do setor agrícola e coloca-se o valor médio do imposto “rto” obtido com o procedimento anterior.

(Figura 2) produzidos pelos setores - químicos, indústria da borracha e plástico (crp); eletricidade, gás, distribuição de água (siu); e transporte (otp) - após o choque tributário ambiental. No entanto, especificamente para a região Norte em que ocorreu um ganho de bem-estar, observa-se pelas Figuras 2 e 3, que a incidência do choque tributário sobre os setores (crp, siu e otp) levou ao aumento no preço, no entanto, a produção dos setores de químicos, indústria da borracha e plástico (crp) além da eletricidade, gás, distribuição de água (siu), ocorreram um aumento na produção e para o setor de transporte (otp) manteve-se o mesmo.



**Figura 2:** Mudança nos preços dos produtos de cada setor considerado no PAEG, para as cinco regiões brasileiras, sob o Cenário I  
 Fonte: Resultados da pesquisa.



**Figura 3:** Mudança percentual na produção de cada setor considerado no PAEG, para as cinco regiões brasileiras, sob o Cenário I  
 Fonte: Resultados da pesquisa.

Quanto ao Cenário II simulou-se o mesmo choque tributário ambiental apresentado no Cenário I, mas considerando que o orçamento do governo esteja equilibrado. Ou seja, o ganho adicional com o aumento da arrecadação dos impostos à produção nos setores citados anteriormente, será repassado para as famílias via transferência, de modo que o orçamento do governo fique neutro após o choque tributário ambiental. Por conseguinte, os resultados deste cenário, em termos de variações percentuais e no valor em bilhões de dólares por ano no bem-estar e no PIB para as regiões brasileiras, estão expostos na Tabela 2.

**Tabela 2:** Variações no Bem-estar e PIB das regiões brasileiras, Cenário II

| Regiões      | Bem-Estar |              | PIB    |              |
|--------------|-----------|--------------|--------|--------------|
|              | %         | Bilhões US\$ | %      | Bilhões US\$ |
| Norte        | 0,940     | 0,556        | 0,648  | 0,611        |
| Nordeste     | 0,151     | 0,227        | 0,127  | 0,272        |
| Centro-Oeste | -0,036    | -0,035       | 0,026  | 0,039        |
| Sudeste      | -0,189    | -1,106       | -0,142 | -1,297       |
| Sul          | -0,086    | -0,140       | -0,005 | -0,014       |
| Brasil Total | 0,780     | -0,498       | 0,654  | -0,389       |

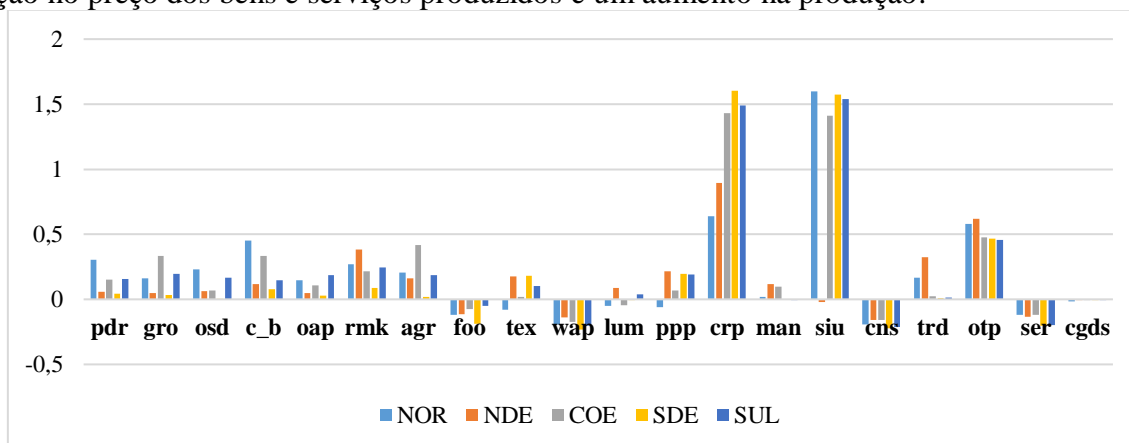
Fonte: Resultados da Pesquisa.

Nota-se que ao taxar em 25% a mais a produção doméstica dos setores (siu, otp e crp), considerando o orçamento equilibrado do governo (Cenário II), além da região Norte (0,940% equivalente a US\$ 0,556 dólares ano), a região Nordeste passa também a obter um ganho de bem-estar da ordem de US\$ 0,227 bilhão de dólares ano, equivalente a 0,151%. As demais regiões como Centro-Oeste (-0,036%), Sudeste (-0,189%) e Sul (-0,086%), continuariam com a perda de bem-estar porém, muito pouco expressivas se comparadas com o cenário anterior, ou seja, a perda de bem-estar foi menor no Cenário II, o que é refletido nos resultados encontrados para o Brasil em sua totalidade.

Em relação ao PIB, ainda sob o Cenário II, observa-se que nas regiões Sul e Sudeste ainda ocorreria uma perda do PIB de 0,142% (equivalente a uma perda de US\$ 1,297 dólares ano) e 0,005% (equivalente a uma perda de US\$ 0,014 dólares ano), respectivamente, como no Cenário I, no entanto, são perdas com valores percentuais menores nessa comparação (principalmente para a região Sul). Para as outras regiões brasileiras (Norte – 0,648%; Nordeste – 0,127%; e Centro-Oeste – 0,026%) incidiria um aumento percentual no PIB maior quando comparado ao Cenário I.

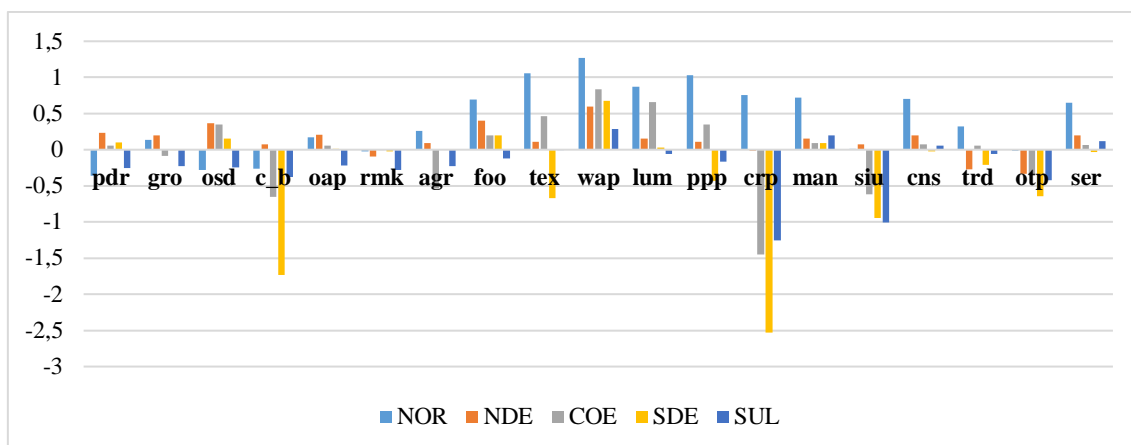
Os resultados encontrados com a simulação do Cenário II podem ser justificados pelo fato de que as perdas de bem-estar e PIB provenientes do choque tributário ambiental neutro estão relacionadas às mudanças em preços dos bens e na produção dos setores que foram taxados a mais. Dessa forma, tem-se uma perda de bem-estar para os consumidores de cada região (Sudeste, Centro-Oeste e Sul) pela menor oferta (Figura 5) e maior preço de bens (Figura 4) produzidos pelos setores - químicos, indústria da borracha e plástico (crp); eletricidade, gás, distribuição de água (siu); e transporte (otp) - após o choque tributário ambiental.

No entanto, para as regiões em que ocorreu um ganho de bem-estar, observa-se nas Figuras 4 e 5, especificamente para a região Norte, que a incidência do choque tributário aumentou o preço dos bens produzidos nos setores - crp, siu e otp. Considerando a produção ainda para a região Norte, nota-se que ocorreu um aumento no setor químicos, indústria da borracha e plástico, uma diminuição no setor de transporte e no que se refere ao setor de eletricidade, gás, distribuição de água a produção não se alterou. No entanto, para a região Nordeste, apesar do aumento nos preços dos bens produzidos, ocorreu uma diminuição na produção dos setores: químicos, indústria da borracha e plástico (cpr) e transporte (otp). Quanto ao setor de eletricidade, gás, distribuição de água (siu) para a região Nordeste sucedeu-se uma diminuição no preço dos bens e serviços produzidos e um aumento na produção.



**Figura 4:** Mudança nos preços dos produtos de cada setor considerado no PAEG, para as cinco regiões brasileiras, sob o Cenário II

Fonte: Resultados da pesquisa.



**Figura 5:** Mudança percentual na produção de cada setor considerado no PAEG, para as cinco regiões brasileiras, sob o Cenário II

Fonte: Resultados da pesquisa.

Em relação ao Cenário III, diferentemente dos cenários anteriores, apesar de considerar que o orçamento do governo esteja equilibrado, os aumentos de 25% do imposto à produção (rto) ocorrem para os três setores (eletricidade, gás, distribuição de água (siu); químicos, indústria da borracha e plástico (crp); e transporte (otp)) apenas para as regiões Sudeste e Sul. A regiões Norte e Nordeste, por sua vez, não receberam o choque tributário ambiental e na região Centro-Oeste houve um choque parcial com o aumento de 12,5% do imposto à produção doméstica (rto) ao invés de 25%. Assim, os resultados deste cenário, em termos de variações percentuais e no valor em bilhões de dólares por ano no bem-estar e no PIB para as regiões brasileiras, estão expostos na Tabela 3.

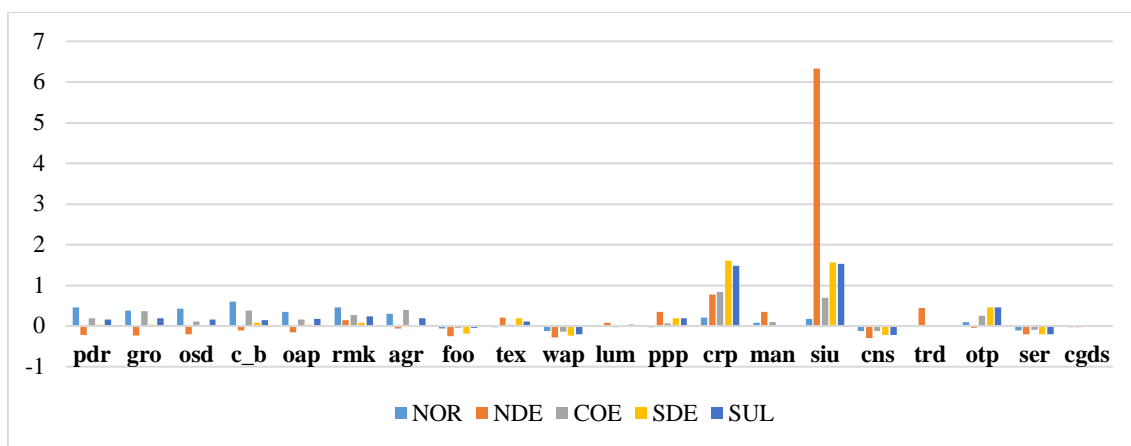
**Tabela 3:** Variações no Bem-estar e PIB das regiões brasileiras, Cenário III

| Regiões      | Bem-Estar |              | PIB    |              |
|--------------|-----------|--------------|--------|--------------|
|              | %         | Bilhões US\$ | %      | Bilhões US\$ |
| Norte        | 1,743     | 1,031        | 1,172  | 1,104        |
| Nordeste     | -0,700    | -1,055       | -0,492 | -1,051       |
| Centro-Oeste | 0,638     | 0,624        | 0,477  | 0,722        |
| Sudeste      | -0,177    | -1,035       | -0,133 | -1,208       |
| Sul          | -0,065    | -0,107       | 0,009  | 0,023        |
| Brasil Total | 1,439     | -0,542       | 1,033  | -0,410       |

Fonte: Resultados da pesquisa.

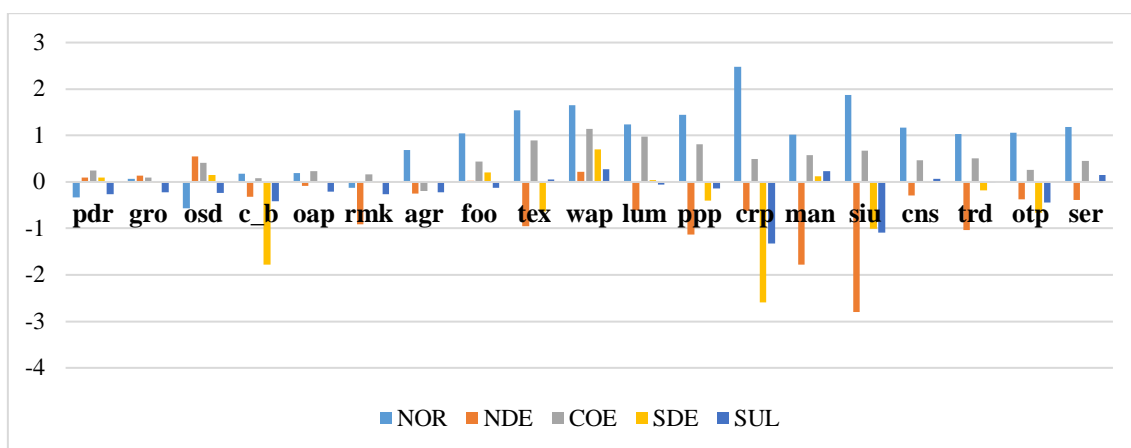
Após a simulação deste cenário, observa-se que as regiões Norte e Centro-Oeste se beneficiaram com esse novo cenário ao aumentarem o bem-estar em 1,743% e 0,638%, respectivamente. Além disso, em termos de PIB para estas mesmas duas regiões ocorre um aumento percentual de 1,172% para a região Norte (o que equivale a US\$1,104 bilhões de dólares ano) e de 0,477% para o Centro-Oeste (o que equivale a US\$0,722 bilhões de dólares ano). No entanto, a região Nordeste não teve o mesmo desempenho, sendo que ocorreu tanto perda de bem-estar (-0,7% o que equivale a - US\$ 1,055 bilhões de dólares ano), quanto perda do PIB (-0,492% equivalente a - US\$ 1,051 bilhões de dólares ano). Sudeste também foi outra região em que ocorreu perda de bem-estar (-0,177%) e PIB (-0,133%). A região Sul, apesar de ter tido perda de bem-estar (-0,065% equivalente a - US\$ 0,107 bilhões de dólares ano), entretanto em relação ao PIB ocorreu uma melhora de 0,009% o que é análogo a US\$ 0,023 bilhões de dólares ano.

Os resultados relacionados ao PIB e bem-estar, encontrados com a simulação do Cenário III podem estar relacionadas às mudanças em preços dos bens e na produção dos setores das regiões que foram taxados a mais. Na Figura 6, nota-se que para as cinco regiões brasileiras, ocorre o aumento de preço nos setores - químicos, indústria da borracha e plástico (crp); eletricidade, gás, distribuição de água (siu); e transporte (otp). Com exceção apenas do setor de transporte na região Nordeste em que há uma diminuição no preço. Em termos de mudança percentual na produção de cada setor, por meio da Figura 7 observa-se que as regiões Sudeste, Nordeste e Sul diminuem a produção percentualmente nos três setores analisados (químicos, indústria da borracha e plástico; eletricidade, gás, distribuição de água; e transporte). No entanto, nas regiões Norte e Centro-Oeste ocorreu um aumento no percentual de produção desses mesmos três setores.



**Figura 6:** Mudança nos preços dos produtos de cada setor considerado no PAEG, para as cinco regiões brasileiras, sob o Cenário III

Fonte: Resultados da pesquisa.



**Figura 7:** Mudança percentual na produção de cada setor considerado no PAEG, para as cinco regiões brasileiras, sob o Cenário III

Fonte: Resultados da pesquisa.

No tocante ao Cenário IV a simulação concentrou-se em um choque tributário ambiental neutro considerando um aumento de 25% do imposto à produção doméstica (rto) nos setores que já vem sendo analisados (eletricidade, gás, distribuição de água; químicos, indústria da borracha e plástico; transporte). Além disso, considera-se também o setor agrícola, no entanto retirou os subsídios e colocou uma tarifa média do imposto à produção. Ressaltando que este setor está no PAEG desagregado nos seguintes setores: arroz (pdr); milho e outros cereais (gro); soja e outras oleaginosas (osd); cana de açúcar, beterraba, indústria de açúcar (c\_b); carnes e animais vivos (oap); leite e derivados (rmk); e outros produtos agropecuários (agr). Por conseguinte, na Tabela 4 são exibidos os resultados deste cenário, em termos de variações percentuais e no valor em bilhões de dólares por ano no bem-estar e no PIB para as regiões brasileiras.

**Tabela 4:** Variações no Bem-estar e PIB das regiões brasileiras, Cenário IV

| Regiões      | Bem-Estar |              | PIB    |              |
|--------------|-----------|--------------|--------|--------------|
|              | %         | Bilhões US\$ | %      | Bilhões US\$ |
| Norte        | 2,506     | 1,483        | 1,542  | 1,453        |
| Nordeste     | 1,387     | 2,089        | 1,021  | 2,182        |
| Centro-Oeste | -0,416    | -0,407       | -0,522 | -0,791       |
| Sudeste      | -0,379    | -2,216       | -0,172 | -1,569       |
| Sul          | -0,711    | -1,168       | -0,696 | -1,830       |
| Brasil Total | 2,387     | -0,219       | 1,173  | -0,555       |

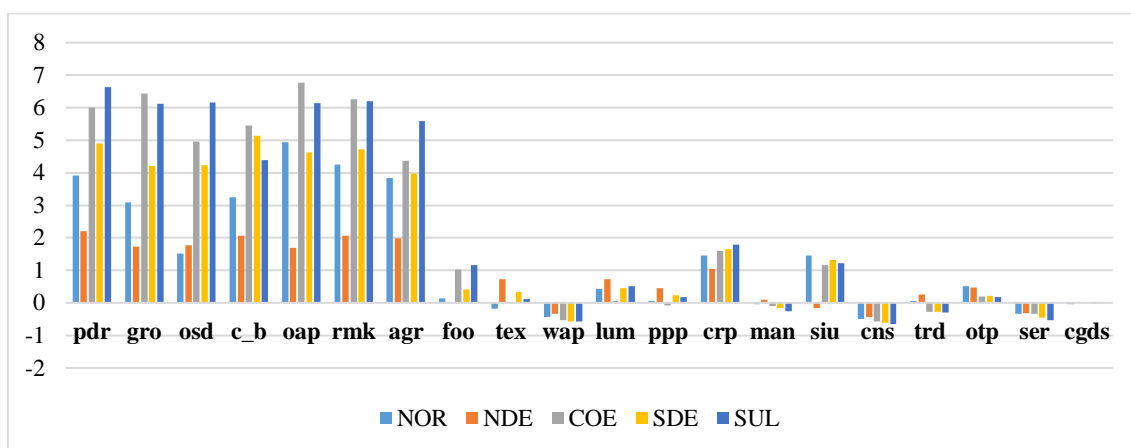
Fonte: Resultados da pesquisa.

Após a simulação deste cenário, observa-se que as regiões Norte e Nordeste se beneficiaram com esse novo cenário ao aumentarem o bem-estar em 2,506% (o que equivale a US\$ 1,483 bilhões de dólares ano) e 1,387% (o que equivale a US\$ 2,089 bilhões de dólares ano), respectivamente. Além disso, em

termos de PIB para estas mesmas duas regiões ocorre um aumento percentual de 1,542% para a região Norte (o que equivale a US\$1,453 bilhões de dólares ano) e de 1,021% para o Nordeste (o que equivale a US\$2,182 bilhões de dólares ano). No entanto, para as regiões Centro-Oeste, Sul e Sudeste houve tanto perda de bem-estar (-0,416%; -0,379%; e -0,711%, respectivamente), quanto perda do PIB (-0,522%; -0,172%; e -0,696, respectivamente).

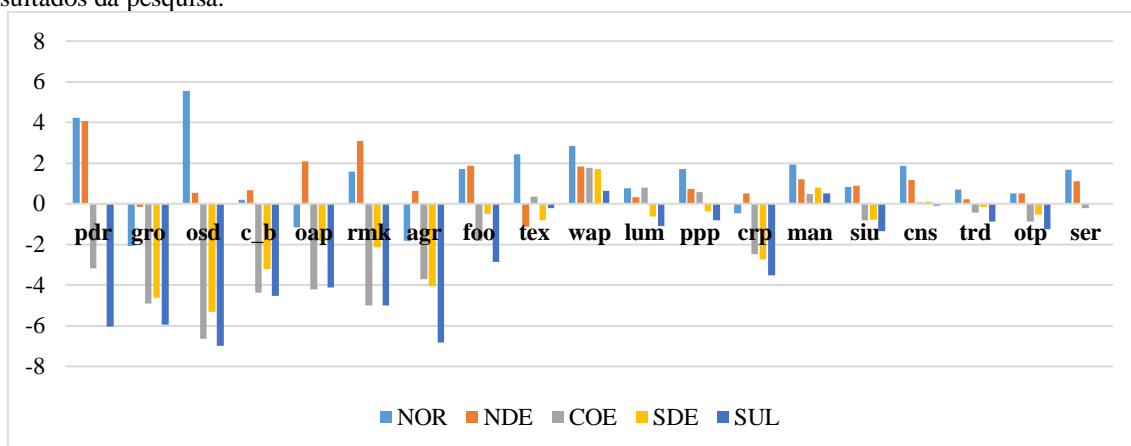
Os resultados relacionados ao PIB e bem-estar, encontrados com a simulação do Cenário IV podem estar relacionadas às mudanças em preços dos bens e na produção dos setores das regiões que foram taxados a mais. Na Figura 8, nota-se que para as cinco regiões brasileiras, ocorre o aumento de preço em todos os setores para os quais foram realizados os choques - químicos, indústria da borracha e plástico (crp); eletricidade, gás, distribuição de água (siu); transporte (otp), arroz (pdr), milho e outros cereais (gro), soja e outras oleaginosas (osd), cana de açúcar, beterraba, indústria de açúcar (c\_b), carnes e animais vivos (oap), leite e derivados (rmk), e outros produtos agropecuários (agr). Com exceção apenas do setor de eletricidade, gás, distribuição de água na região Nordeste em que há uma diminuição no preço.

Em relação a mudança percentual na produção de cada setor, por meio da Figura 9 observa-se, de um modo geral que as regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul diminuem a produção percentualmente em todos os setores analisados. No entanto, na região Norte ocorreu um aumento no percentual de produção dos setores: arroz; soja e outras oleaginosas; cana de açúcar, beterraba, indústria de açúcar; leite e derivados; eletricidade, gás, distribuição de água; e transporte; e nos demais setores ocorreu uma diminuição de produção. Para a região Nordeste, somente houve diminuição na produção do setor milho e outros cereais, sendo que nos demais setores ocorreu um aumento da produção.



**Figura 8:** Mudança nos preços dos produtos de cada setor considerado no PAEG, para as cinco regiões brasileiras, sob o Cenário IV

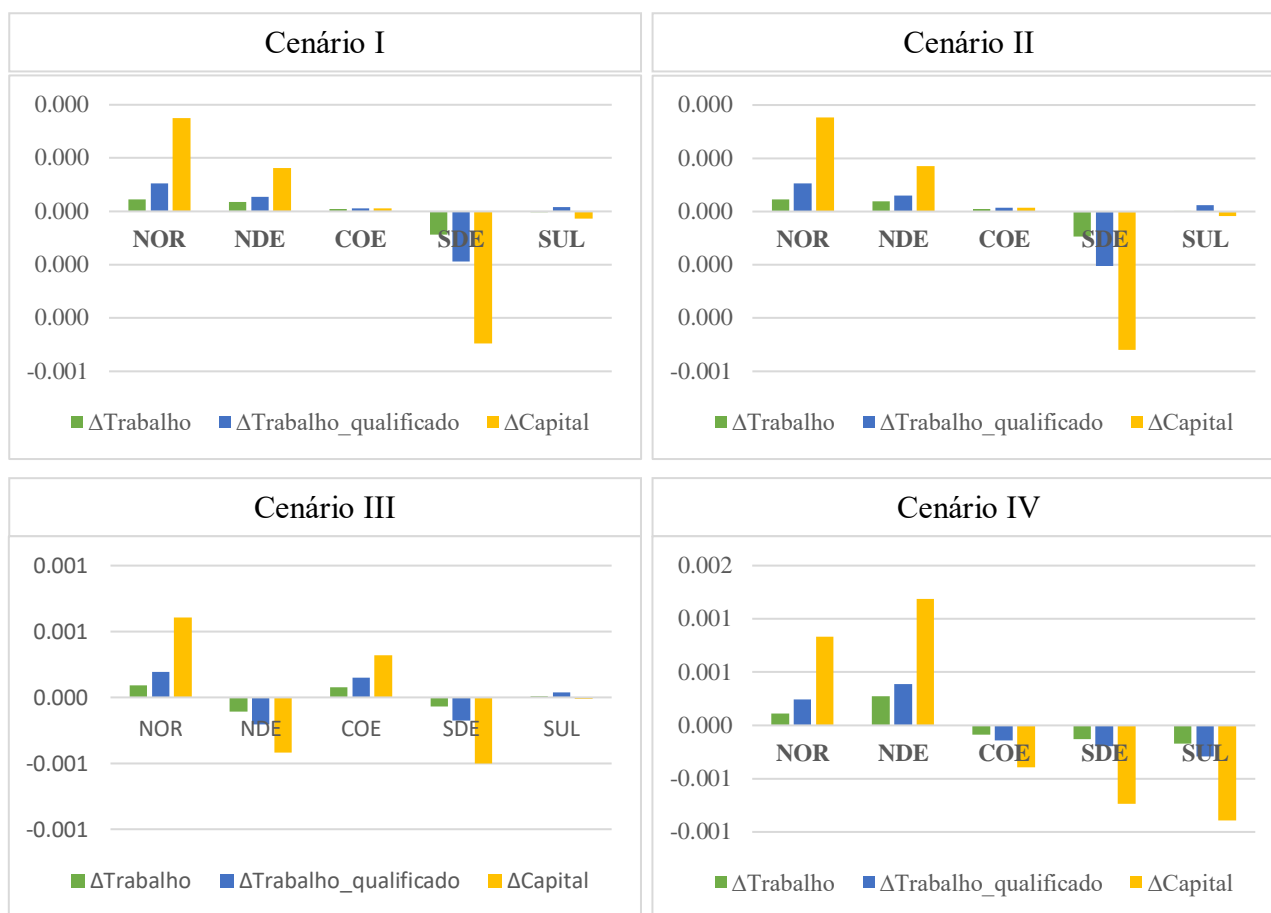
Fonte: Resultados da pesquisa.



**Figura 9:** Mudança percentual na produção de cada setor considerado no PAEG, para as cinco regiões brasileiras, sob o Cenário IV

Fonte: Resultados da pesquisa.





**Figura 10:** Realocação dos Fatores de produção em cada região do Brasil, para cada cenário

Fonte: Resultados da pesquisa.

Um choque tributário ambiental neutro, também afeta a realocação dos fatores produtivos da economia, neste caso capital, trabalho e trabalho qualificado. Dado a mobilidade dos fatores<sup>5</sup>, os mesmos podem ser realocados entre as regiões buscando melhores oportunidades e retornos. A Figura 10, demonstra a realocação dos fatores nas regiões brasileiras, para cada cenário analisado por este estudo.

O destaque é para o Cenário IV em que ao retirar o subsídio do setor agrícola do imposto à produção e sob mobilidade imperfeita dos fatores, observa-se uma redistribuição dos fatores produtivos entre as regiões, de forma que a rentabilidade nominal dos fatores primárias fosse igualada entre as regiões brasileiras. Assim, observa-se que parte do estoque dos fatores produtivos (capital, trabalho e trabalho qualificado) das regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul poderia ser deslocada para outras regiões mais atraentes como o Norte e Nordeste, passando a contribuir para a formação da renda dos agentes representativos dessas regiões receptoras dos fatores. Assim, essa transferência de fatores produtivos entre essas regiões aconteceria até que a rentabilidade nominal dos fatores seja igual entre todas as regiões brasileiras.

Fazendo um link com os resultados dos cenários anteriormente apresentados, em termos de PIB e bem-estar, observa-se que o Norte e Nordeste se beneficiam na maioria deles. Acredita-se que aqui está a explicação do motivo pelo qual isso acontece. Especificamente para o Norte, nota-se que esta região consegue usar mais trabalho e capital. Isso acontece pelo fato de que na região Norte a produção de borracha é bastante expressiva, quando o preço se eleva como consequência do choque tributário ambiental, pode ser que seja um incentivo para produzir ainda mais, já que nas outras regiões a tendência é diminuir a produção.

<sup>5</sup> Neste estudo, optou-se pela mobilidade imperfeita entre as regiões (equalização na renda nominal dos fatores entre as regiões brasileiras)

#### 4. Conclusão

O objetivo deste estudo foi investigar os efeitos econômicos da implementação de uma regra tributária ambiental neutra na economia brasileira, considerando que essa regra favorece o uso mais sustentável dos recursos ambientais, a partir das simulações de quatro cenários distintos, usando um modelo de equilíbrio geral computável, o PAEG.

De modo geral, com as simulações dos primeiros três cenários, observou-se que o choque tributário ambiental neutro fez com que ocorresse um aumento nos preços dos bens e serviços dos setores de eletricidade, gás, distribuição de água, químicos, indústria da borracha e plástico e transporte dado a elevação no custo da produção devido ao aumento de 25% no imposto produtivo. Assim, a elevação do preço fez com que a demanda geral por cada produto e serviços desses setores diminuísse levando a consequente redução no percentual produzido. Em outras palavras, à medida que os impostos aumentam em 25%, os custos e os preços aumentam e a produção diminui. Isso é particularmente pronunciado em setores cujos os impostos são diretamente arrecadados, mas também ocorre em outros setores relacionados que compram insumos deles. Esse padrão é observado nos dois primeiros cenários, com pequenas diferenças.

No quarto cenário, observa-se que ao retirar o subsídio da produção dos setores que pertencem ao setor agrícola, as regiões que mais sofreram foram as regiões Centro-Oeste, Sul e Sudeste, coincidentemente são aquelas que mais dependem do setor agrícola como propulsor da economia regional. Por conseguinte, tirar o subsídio do setor agrícola de um modo geral, talvez não seja uma boa forma de estimulá-lo a reduzir o impacto ao meio ambiente, tendo em vista que prejudicaria tanto em termos de PIB quanto em termos de bem-estar. Mas, há outros procedimentos como a adoção de práticas agrícolas conservacionistas (a exemplo de terraços, rotação de culturas, uso de lavouras para recuperação de pastagens, fixação biológica de nitrogênio, etc.), que contribuem para a sustentabilidade ambiental por meio do controle das perdas de partículas do solo, de nutrientes, de matéria orgânica e de água em terras utilizadas para fins agrícolas. Quanto à contribuição à sustentabilidade econômica, estas práticas conservacionistas, possibilitam rendimentos maiores e estáveis, a racionalização do uso dos insumos produtivos, a manutenção e/ou expansão da capacidade produtiva bem como a adaptação e mitigação das alterações climáticas.

De modo geral, os resultados destas simulações mostram que além de ser plausível a realização de um choque tributário ambiental neutro nos setores que mais poluem ou usufruem dos recursos naturais de forma demasiada (eletricidade, gás, distribuição de água, químicos, indústria da borracha e plástico e transporte), é também uma boa opção que proporciona parcialmente benefícios econômicos e ambientais, para o caso brasileiro.

Além disso, por meio dos resultados deste estudo, constata-se que esquemas tributários bem planejados conciliados com a reciclagem da receita são importantes na elaboração de uma política tributária ambiental. Por conseguinte, podem auxiliar a reduzir os custos enfrentados pela sociedade em termos de redução do bem-estar e do PIB devido ao aumento percentual do imposto sobre os setores aqui analisados (indústria da borracha e plástico; eletricidade, gás, distribuição de água; e transporte). Desta forma, estes poderiam ser elementos substanciais e socialmente aceitáveis dentro de um conjunto de políticas para alcançar as metas de emissão de GEE, uma vez que, aumentam o nível de preços e reduzem a produção dos setores mais intensivos em emissões. Isto é um indicativo de que se pode esperar alterações na economia que vai no sentido de aumentar ainda mais a redução de emissões de GEE.

Isto é um ponto importante, tendo em vista que os piores efeitos das mudanças climáticas incidirão sobre as regiões mais vulneráveis economicamente, já que estas são as mais suscetíveis a eventos climáticos extremos e têm menor capacidade de adaptação. Assim, os impactos mais graves serão sentidos nas regiões Norte e Nordeste, justamente as mais pobres do país, o que contribuiria para o agravamento das disparidades sociais. Assim, uma importante conclusão deste estudo é que a implementação de uma regra tributária ambiental neutra na economia brasileira resultaria na diminuição da desigualdade regional, visto que as regiões Norte e Nordeste se beneficiaram na maioria dos cenários simulados por este estudo.

Como sugestão para futuras pesquisas seria examinar uma Reforma Tributária Ambiental (RTA) ao realizar uma transição de um sistema de tributação para um sistema baseado na tributação ambiental aliado a não tributação de capital, trabalho ou consumo. Em outras palavras, a sugestão aqui é de simular um aumento nos impostos e uma redução nos subsídios para os setores da economia que mais prejudicam

o meio ambiente, e ao mesmo tempo, usar as novas receitas obtidas para reduzir os impostos sobre a mão-de-obra, o capital e o consumo, que são considerados distorcivos, para assim, poder averiguar se a hipótese do “duplo dividendo” pode ser alcançada em um país como o Brasil.

Por conseguinte, esta sugestão de análise complementar a deste estudo, na medida em que poderão ser confrontadas as opções de reciclagem de receita para verificar quais delas fornecem mais benefícios econômicos e ambientais. Ou seja, o intuito seria analisar a opção mais eficiente para “reciclar” as receitas geradas pelos impostos ambientais se é através da redução de impostos distorcivos (sobre a mão-de-obra, o capital e o consumo) ou se é por meio da devolução de transferências de quantia fixa para famílias ou outros agentes econômicos, que é o que foi analisado por este estudo.

## Referências

- BROOK, A., *et al.* GAMS: A User's a Guide. GAMS Development Corporation, 1998.
- CIASCHINI, M.; PRETAROLI, R.; SEVERINI, F.; SOCCI, C. **Regional double dividend from environmental tax reform: An application for the Italian economy.** Res. Econ. 2012, 66, 273–283.
- CRIST, E.; MORA, C.; ENGELMAN, R. The interaction of human population, food production, and biodiversity protection. **Science**, v.356, p. 260–264, April 2017.
- DIXON, P. B.; JORGENSON, D. W. **Handbook of Computable General Equilibrium Modeling.** Newnes: Boston, MA, EUA, 2012.
- FERES, J. G.; REIS, E. J.; SPERANZA, J. S. **Mudanças climáticas globais e seus impactos sobre os padrões de uso do solo no Brasil.** In: VIII Congresso Latino americano de Sociologia Rural, 2010, Porto de Galinhas. América Latina: Realineamientos Políticos y Proyectos en Disputa, 2010.
- Fernández, E.; Pérez, R.; Ruiz, J. Optimal green tax reforms yielding double dividend. **Energy Policy**, 2011, 39, 4253–4263.
- FREIRE-GONZÁLEZ, J.; e HO, M. S. Environmental Fiscal Reform and the Double Dividend: Evidence from a Dynamic General Equilibrium Model. **Sustainability**, v. 10, Issue 2, p. 501, 2018. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/2071-1050/10/2/501/htm>> Acesso em: 24 de abril de 2018.
- GURGEL, A. C. **Impactos econômicos e distributivos de mudanças nas relações comerciais da economia brasileira na presença de economias de escala.** 2002. 198 f. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.
- GURGEL, A.C.; PEREIRA, M.W.G.; TEIXEIRA, E.C. **A estrutura do PAEG.** PAEG Technical Paper No.1. Viçosa: DER/UFV. 2011.
- GURGEL, A.C. **PAEG “Hands On”.** PAEG Technical Paper N. 5. Viçosa: DER/UFV. 2017.
- GVces. Centro de Estudos em Sustentabilidade da FGV (Funadaç o Getúlio Vargas) **Política Fiscal Verde no Brasil.** São Paulo: FGV, 2013. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/15348/Po1%C3%ADtica%20Fiscal%20Verde%20no%20Brasil.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 18 de abril de 2019.
- HERTEL, T. W. **Global trade analysis: modeling and applications.** New York: Cambridge University Press, 1997. 397 p.
- INSTITUTO ESCOLHAS. Impactos Econ micos e Sociais da Tributac o de Carbono no Brasil. São Paulo, Novembro, 2015. Disponível em: <<http://escolhas.org/wp-content/uploads/2016/09/impactos-economicos-e-sociais-da-tributacao-de-carbono-no-brasil.pdf>>. Acesso em: 18 de abril de 2019.
- JORGENSON, D.W.; GOETTLE, R.J.; HO, M.S.; WILCOXEN, P.J. **Double Dividend: Environmental Taxes and Fiscal Reform in the United States.** MIT Press: Cambridge, MA, USA, 2013.
- JURAS, I. A. G. M. **Uso de instrumentos econômicos para a gestão ambiental: países da OCDE e América Latina.** Câmara dos Deputados, Consultoria Legislativa, Maio/2009.
- LEITE, A. Z.; CARDOSO, A.; DAVID, G.; MENDONÇA, K. V.; e SIQUEIRA, M. L. Reforma Tributária Ambiental: Perspectivas para o Sistema Tributário Nacional. Texto para Discussão. Plataforma Política Social. Fevereiro de 2018. Disponível em: <[http://plataformapoliticasocial.com.br/wp-content/uploads/2018/02/TD\\_18.pdf](http://plataformapoliticasocial.com.br/wp-content/uploads/2018/02/TD_18.pdf)>. Acesso em: 18 de abril de 2019.

NAZARETH, M. S. **Federalismo fiscal *market-preserving***: uma análise de equilíbrio geral computável para o Brasil. 2017. 90 f. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

OECD - **Environmental Performance Reviews: Brazil 2015**. OECD Publishing, 56p., Paris, 2015. <<http://dx.doi.org/10.1787/9789264240094-en>>.

PACHECO, L. F.; ALTRICHTER, M.; BECK, H.; BUCHORI, D.; OWUSU, E. H. Economic Growth as a Major Cause of Environmental Crisis: Comment to Ripple et al., **BioScience**, 2018. Disponível em: <<https://academic.oup.com/bioscience/advance-article/doi/10.1093/biosci/biy006/4913794>>. Acesso em: 24 de abril de 2018.

PEREIRA, M. W. G. **Efeitos de políticas tributárias e de liberalização comercial sobre a competitividade setorial das macrorregiões brasileiras**. 2011. 148 f. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

RUTHERFORD, T. Applied general equilibrium modeling with MPSGE as a GAMS subsystem: an overview of the modeling framework and syntax. **Computational Economics**, v. 14, n. 1, p.1-46, Oct. 1999. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1023/A:1008655831209>>. Acesso em: 04 Julho de 2018.

RUTHERFORD, T. F. GTAP6inGAMS: **The dataset and static model**. 42 p., 2005, mimeo. (<http://www.mpsge.org/gtap6/gtap6gams.pdf>).

RUTHERFORD, T. F. GTAP7inGAMS. **Center for Energy Policy and Economics**, Working Paper, 2010.

RUTHERFORD, T. F., PALTSEV, S. V. GTAPinGAMS and GTAP-EG: global datasets for economic research and illustrative models. Boulder: Department of Economics - University of Colorado, 2000.

SEEG- Sistema de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa **Análise de emissões de GEE no Brasil (1970-2016)**. 2018. Disponível em: <<http://seeg.eco.br/analise-de-emissoes-de-gee-no-brasil-1970-2016/>>

SILVA, D. A. **Tributos verdes: proteção ambiental ou uma nova roupagem para antigas finalidades?** RIDB, Ano 1 (2012), nº 8. Disponível em: <[https://www.cidp.pt/publicacoes/revistas/ridb/2012/08/2012\\_08\\_4993\\_5023.pdf](https://www.cidp.pt/publicacoes/revistas/ridb/2012/08/2012_08_4993_5023.pdf)> Acesso em: 26 de abril de 2018. Acesso em: 04 Julho de 2018.

SPAGOLLA, V. S. M. **Tributação ambiental: proposta para instituição de um imposto ambiental no direito brasileiro**. [Dissertação] Programa de Mestrado em Direito da Universidade de Marília, 177f., 2008.

TEIXEIRA, E. C.; PEREIRA, M. W. G.; GURGEL, A. C. **A Estrutura do PAEG**. Campo Grande: Life Editora. 198 p. 2013.