

Impactos Econômicos de Políticas Climáticas Europeias e Americanas Sobre a Economia Brasileira

FRANKLIN FRANÇA*

ANGELO COSTA GURGEL†

Sumário: 1. Introdução; 2. Metodologia; 3. Dados utilizados; 4. Cenários simulados; 5. Resultados; 6. Conclusões; Apêndice. Tarifas compensatórias.

Palavras-chave: Gases de Efeito Estufa, Política Climática, Tarifas de Carbono, Brasil.

Códigos JEL: Q54, Q56, F18, C68.

Este trabalho procura mensurar os efeitos que a adoção de políticas climáticas pelos países desenvolvidos (EUA e UE) poderiam ter sobre a economia brasileira e também a possibilidade da aplicação por aqueles países de uma tarifa de compensação ao conteúdo de carbono dos produtos importados, com o intuito de reduzir a perda de competitividade e os vazamentos de emissões. Os resultados indicam que O Brasil sofreria perdas máximas de cerca de 0,2% em bem-estar, no ano de 2025, sendo pouco afetado por políticas climáticas adotadas pelos países desenvolvidos.

We aim to measure the impacts of the adoption of climate policies in developed countries (USA and EU) on the Brazilian economy. We also consider the possible adoption by those countries of compensatory board tariffs based on the carbon content of imported products, aiming to reduce the loss of competitiveness and the leakage in emissions. The results indicate that Brazil welfare losses will not be larger than 0.2%, in 2025, what means it will suffer few effects from climate policies in the developed countries.

1. INTRODUÇÃO

Desde a década de noventa e principalmente no início do século XXI vem se intensificando o debate a respeito do papel das emissões de gases do efeito estufa pelo homem. O chamado fenômeno do efeito estufa é natural e consiste na acumulação de gases na atmosfera do nosso planeta. Esses gases mantêm o calor na terra e graças a eles foi possível que se desenvolvessem todas as formas de vida conhecidas. As mudanças climáticas são um fato histórico, tendo ocorrido em diversos períodos da história do nosso planeta (vide a era glacial, por exemplo).

Dessa forma, a acumulação excessiva desses gases “aprisiona” a luz solar em demasia e bloqueia a saída de radiação, provocando um aumento da temperatura global com conseqüências diversas nas diferentes regiões do mundo. Os cientistas que afirmam que a atividade humana é responsável por uma parcela importante do acúmulo de gases causadores do efeito estufa na atmosfera, encontram

*Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto – FEARP/USP. Rua Peixoto Gomide, 281, apt 34, Jardim Paulista, São Paulo, SP, Brasil. CEP 01409-001.

†FEARP/USP. Rua Itapeva, 474, 6º andar, GVAgro Bela Vista, Sao Paulo, SP, Brasil. CEP 01332-000.



na evolução da temperatura da superfície do globo terrestre em 0,5 °C ao longo dos últimos 100 anos, período que coincide com o início da revolução industrial, uma confirmação na relação de causa e efeito entre emissões e aumento da temperatura.

Com base nas evidências de que as atividades humanas sejam responsáveis por boa parte do aquecimento global, e considerando os possíveis resultados negativos e até mesmo catastróficos para a economia de muitos países que este aumento acarretaria, o mundo já começou a se movimentar em direção a um futuro com maior utilização de energias limpas

O evento mais importante a respeito do comprometimento do mundo na redução das emissões de gases causadores do efeito estufa foi a terceira conferência das partes (COP), realizada em Kyoto, no Japão, onde foi adotado o protocolo de mesmo nome, que entrou em vigor em 2005. Este protocolo estabeleceu que os países industrializados reduzissem as emissões de gases de efeito estufa (GEE) com relação aos níveis de 1990 em 5,2%, em média, entre os anos de 2008 e 2012.

Em 2007 o G8 propôs uma meta de redução de 50% nas emissões mundiais dos países desenvolvidos e em desenvolvimento até 2050. Esta meta, apresentada em 2007 durante um encontro entre países participantes do protocolo de Kyoto, prevê que os países em desenvolvimento devem se comprometer a reduzir entre 10% e 30% até 2020, e os desenvolvidos entre 25% e 40% no mesmo período (Intergovernmental Panel On Climate Change – IPCC, 2007). Em 2050 todos devem atingir a meta de 50% nas reduções de poluentes atmosféricos (G-8 Hokkaido Summit, 2008).

Entretanto o percentual de redução de emissão de poluentes desejável, de acordo com os cientistas é de 70%. Este valor seria suficiente para que o aquecimento fosse reduzido quase pela metade, evitando o derretimento das geleiras do Ártico e permitindo a preservação da pesca e da fauna (Washington et al., 2009).

O Brasil, em 2009, era responsável por 5% das emissões mundiais de gases do efeito estufa (Viola, 2009), e de acordo com estimativas para 2004, tem cerca 75% de suas emissões oriundas das mudanças no uso da terra e da agricultura e pecuária (Yu, 2004). No entanto, o Brasil tem vantagens para explorar nesse cenário, pois o país pode vir a se tornar um grande exportador de créditos de carbono através dos programas de Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL), bem como através do programa de Redução de Emissões de Desmatamento (REDD), além de possuir um programa de biocombustíveis bem sucedido.

As políticas ambientais mais discutidas são os mercados de créditos de carbono (*cap-and-trade*) e os impostos às emissões. Alguns países desenvolvidos encontram-se em processo avançado de discussão ou mesmo implementação dessas políticas. A União Europeia (UE) iniciou em 2005 um esquema de mercados de carbono (Reinaud, 2004). O *European Union Greenhouse Gas Emission Trading System* (EU ETS), o qual inclui a maioria dos países do bloco. Nos EUA a proposta do *American Clean Energy and Security Act* apresentada à câmara dos deputados foi aprovada e um mercado de créditos de carbono semelhante ao modelo europeu deve ser implementado no país. O projeto pretende reduzir as emissões de gases do efeito estufa em 80% até 2020, e em 58% até 2030 em relação aos níveis de 2005. A partir de 2030 a redução deve ser de 17% ao ano até 2050 (Paltsev, Reilly, Jacoby & Morris, 2009).

A adoção dessas políticas por alguns países devem repercutir em efeitos que se propagam para outras nações. M. Babiker & Jacoby (1999) discutem que a restrição em emissões nos países desenvolvidos aumenta o custo de manufaturados exportados aos países em desenvolvimento, por encarecer as tecnologias intensivas em combustíveis fósseis, bem como devem diminuir a demanda mundial por tais combustíveis, reduzindo seus preços internacionais. O controle de emissões tende ainda a deprimir a atividade econômica em países sujeitos à restrição, diminuindo a sua demanda por importações, o que afeta as vendas internacionais dos países em desenvolvimento. Essa combinação de mudanças nos preços e volumes comerciais podem favorecer algumas economias e prejudicar outras.

Dois aspectos importantes relacionados à adoção unilateral de políticas climáticas dizem respeito à mudança relativa no padrão de vantagem comparativa desses países e na possibilidade de vazamentos

em emissões, que compromete a meta desejada de controle. Países que adotarem tais políticas tendem a perder competitividade e reduzirem suas participações nos mercados internacionais frente aos países que não adotam restrições às emissões, por conta do encarecimento da produção local. Ainda, indústrias mais intensivas em emissões podem decidir migrar suas plantas de produção para países que não possuem política climática, reduzindo assim a eficácia da política em controlar as mudanças climáticas, uma vez que tais mudanças dependem da concentração mundial de gases de efeito estufa. Tais aspectos têm sido considerados na formulação de políticas, como no caso do *American Clean Energy Act of 2009*, que prevê a cobrança pelas emissões embutidas nas importações realizadas pelos Estados Unidos ([US Congress, Senate, 2009](#)). Isso significaria a adoção de impostos compensatórios baseados no conteúdo de carbono (*board carbon tax adjustment*), que teriam o potencial de impedir a perda de competitividade pelas indústrias dos países que combatem as mudanças climáticas e reduzi os vazamentos de emissões pelo deslocamento da produção de países que controlam suas emissões para países sem tais padrões ([Dissou & Eyland, 2011](#)).

Considerando as políticas climáticas em implementação na UE e em discussão nos EUA, o objetivo do presente trabalho é avaliar os impactos que tais políticas ambientais de controle de emissão de gases causadores do efeito estufa naqueles países possam ter sobre a economia brasileira, incluindo a possibilidade de cobrança pelos países desenvolvidos de tarifas compensatórias com base no conteúdo de carbono.

Para atingir o objetivo proposto, este trabalho irá verificar e aprimorar as informações da economia brasileira e dos países do Anexo I e não Anexo I em um modelo previamente construído de equilíbrio geral, o modelo EPPA (*Emissions Prediction and Policy Analysis*), que será apresentado na seção de metodologia. Neste modelo serão implementados dois conjuntos de cenários possíveis que a EU tem vem implementando e os EUA tem discutido. Dessa forma, espera-se mensurar para a economia brasileira os possíveis impactos de políticas climáticas unilaterais nos países desenvolvidos, no que diz respeito a aspectos como crescimento econômico, consumo agregado, produção setorial, entre outros.

A respeito de trabalhos anteriores sobre o tema de políticas climáticas, diversos estudos procuram mensurar os impactos nos próprios países implementando as políticas, como [Reilly & Paltsev \(2006\)](#), [Kasahara, Paltsev, Reilly, Jacoby & Ellerman \(2007\)](#) e [Paltsev et al. \(2008\)](#). Quanto aos efeitos de tarifas compensatórias de carbono, sobre terceiros países, pode-se destacar estudos como os de [M. H. Babiker & Rutherford \(2005\)](#) e [Fischer & Fox \(2007\)](#). No caso de estudos específicos sobre a economia brasileira, [Tourinho, Motta & Alves \(2003\)](#), bem como [Silva \(2010\)](#) estudaram o efeito da taxa de carbono no país. Já [Feijó & Porto \(2009\)](#) mensuraram os impactos para o bem estar da economia brasileira da implantação do Protocolo de Kyoto, analisando os efeitos quando outras 78 nações implementam-no. [Moreira & Giometti \(2008\)](#) avaliaram os projetos de MDL a serem implantados nos países em desenvolvimento, enquanto [Diaz & Schwartzman \(2005\)](#) trataram das políticas de REDD, que são propostas para evitar o desmatamento e promover o reflorestamento. [Lima \(2011\)](#), por sua vez, estudou os impactos que políticas climáticas adotadas nos países desenvolvidos teriam sobre o Brasil, contudo, sem abordar a questão dos possíveis efeitos de tarifas compensatórias de carbono (TCC). Dessa forma, o presente trabalho busca acrescentar a essa literatura a mensuração dos impactos de políticas climáticas em países desenvolvidos sobre a economia brasileira, considerando a possibilidade de que barreiras comerciais sejam adotadas por tais países para compensar a perda de competitividade de suas empresas e evitar os vazamentos de carbono.

2. METODOLOGIA

Nesta seção será detalhada a metodologia utilizada para mensurar os impactos de políticas climáticas internacionais sobre a economia brasileira. Para atingir os objetivos da pesquisa, é necessário utilizar uma abordagem capaz de representar os diversos setores da economia responsáveis pelas emissões



de gases de efeito estufa, bem como as relações entre esses setores e as interações entre os países através dos mercados mundiais. Modelos computáveis de equilíbrio geral são capazes de atender a essas necessidades, sendo uma ferramenta comum em estudos econômicos de políticas de amplo alcance na economia.

Dessa forma, utilizar-se-á o modelo EPPA (*Emissions Prediction and Policy Analysis*). O EPPA é um modelo de equilíbrio geral para a economia mundial, que leva em conta dezesseis países e regiões, sendo desenvolvido no Programa Conjunto de Ciência e Política de Mudança Global do MIT (Paltsev et al., 2005). O modelo foi construído de forma a estimar as emissões de gases causadores do efeito estufa de origem antropogênica e estimar os impactos econômicos de políticas climáticas.

Os modelos de equilíbrio geral são representados por interações entre diversos agentes que tem como objetivo a otimização de suas preferências e lucros. Assim sendo, estes interagem através dos mercados de bens e fatores de produção. Para obter o equilíbrio em um modelo de equilíbrio geral é preciso que todas as variáveis endógenas (preços e quantidades) ajustem-se de forma que os indivíduos, dadas suas restrições, não possam mais melhorar sua situação alterando seu comportamento. Shoven & Whalley (1998) e Sadoulet & De Janvry (1995), apresentam maiores detalhes sobre essa classe de modelos.

2.1. O modelo EPPA

O EPPA é um modelo de equilíbrio geral dinâmico recursivo, resolvido de 5 em 5 anos para a economia mundial, entre 2005 e 2100. Em cada período, funções de produção para cada setor da economia descrevem as combinações de capital, trabalho, terra, energia e insumos intermediários para gerar os bens e serviços. O consumo é modelado pela presença de um indivíduo representativo que busca a maximização da utilidade pelo consumo de bens e serviços.

No modelo EPPA os setores de produção e consumo são representados por uma função de produção aninhada de elasticidade de substituição constante (CES) ou funções Leontieff e Cobb-Douglas, que são casos particulares da CES, onde a escolha de cada uma delas dependerá das particularidades de cada setor (e.g., Paltsev et al., 2005; Paltsev et al., 2008).

A agregação de setores e fatores primários do modelo procura representar os mercados de energia, incluindo o uso de recursos e tecnologias alternativas aos combustíveis fósseis. O modelo gera como resultados medidas de evolução e mudanças em variáveis econômicas como: produto interno bruto, consumo agregado, nível de bem-estar, produção setorial, fluxo comercial, emissões de gases de efeito estufa e índices de preços em geral. Portanto, o modelo é uma ferramenta importante para a análise econômica dos efeitos das políticas climáticas. A Tabela 1 apresenta os países e regiões, setores e fatores primários de produção explicitamente representados no modelo.

2.2. Estrutura de equilíbrio do modelo

O EPPA foi formulado como um problema de complementaridade mista onde as seguintes desigualdades precisam ser satisfeitas: Lucro zero, equilíbrio dos mercados e equilíbrio da renda.

1. *Condição de lucro zero*: A primeira restrição requer que em equilíbrio nenhum produtor obtenha lucro excessivo. Da forma vista a seguir, em equilíbrio, o custo unitário não deve ser menor do que o preço do produto:

$$-\Pi_{j(p)} = C_{j(p)} - R_{j(p)}, \quad (1)$$

onde $-\Pi_{j(p)}$ é a função lucro por unidade, que mede a diferença entre custo unitário e receita unitária.

Tabela 1. Países, regiões e setores do modelo EPPA.

País ou Região	Setores	Fatores
Desenvolvidos	Não-Energéticos	Capital
Estados Unidos	Agricultura - Culturas	Trabalho
Canadá	Agricultura - Pecuária	Recursos de petróleo bruto
Japão	Agricultura - Silvicultura	Recursos de Gás natural
União Europeia	Alimentos	Recursos de carvão
Austrália e Nova Zelândia	Serviços	Recursos de petróleo mineral
Federação Russa	Produtos intensivos em energia	Recursos nucleares
Leste Europeu	Outros produtos industriais	Recursos hidroelétricos
	Transporte industrial	Recursos eólicos e solares
	Transporte urbano	Terra
Em Desenvolvimento	De Energia	
Índia	Carvão	
China	Petróleo bruto	
Brasil	Petróleo refinado	
Leste Asiático com maior renda	Gás natural	
México	Elétrica: fóssil	
América Latina	Elétrica: hidro	
Oriente Médio	Elétrica: nuclear	
África	Elétrica: solar e eólica	
Resto da Ásia	Elétrica: biomassa	
	Elétrica: CCGN*	
	Elétrica: carvão com SCC**	
	Elétrica: gás com SCC	
	Elétrica: petróleo mineral	
	Gás sintético	
	Líquidos da Biomassa	
	Etanol de cana-de-açúcar ^a	

Notas: * CCGN: Ciclo combinado de gás natural. ** SCC: Sequestro e captura de carbono. ^a Apenas na região Brasil.

2. *Condição de equilíbrio dos mercados de bens:* Em equilíbrio, preços e níveis de atividade devem ser maiores ou iguais que a demanda dos consumidores:

$$\sum_j y_j \frac{\partial \Pi_j(p)}{\partial p_i} + \sum_h w_{ih} \geq \sum_h d_{ih}(p, M_h), \quad (2)$$

onde w é a dotação inicial das famílias; d_{ih} a demanda do bem i pelas famílias; o primeiro somatório, calculado via lema de Shepard, representa a oferta líquida do bem i , considerando-se retornos constantes de escala nos setores produtores; o segundo somatório representa a dotação inicial do bem i pelas famílias; e o último somatório representa a demanda final do bem i pelas famílias, a qual é derivada a partir da maximização da função utilidade com restrição orçamentária:

$$d_{ih}(p, M_h) = \arg \max \left\{ U_h(x) \mid \sum_i p_i x_i = M_h \right\}, \quad (3)$$

onde U é a função utilidade, M a renda e d a demanda final.



3. *Equilíbrio da Renda nas famílias*: Renda das famílias em equilíbrio deve igualar o valor das dotações de fatores:

$$M_h = \sum_f p_i w_{ih}. \quad (4)$$

Como se trata de funções de utilidade que exibem não-saciedade, a lei de Walras deve sempre ser válida:

$$\sum_i p_i d_{ih} = M_h = \sum_i p_i w_{ih}. \quad (5)$$

Agregando as condições de equilíbrio dos mercados e utilizando, condição de lucro zero, preços e níveis de atividade de equilíbrio temos que, para todo j ,

$$\sum_j y_j \prod_j(p) = 0 \quad \text{ou} \quad y_j \prod_j(p) = 0.$$

Com isso, podemos dizer que

$$p_i \left(\sum_j y_j \frac{\partial \prod_j(p)}{\partial p_i} + \sum_h w_{ih} - \sum_h d_{ih}(p, M_h) \right) = 0, \quad \forall j. \quad (6)$$

Esta equação significa que, em equilíbrio, qualquer atividade tem lucro zero, e toda a atividade com lucro negativo fica inativa. Desta forma, a inatividade complementar é uma peça importante para a alocação de equilíbrio mesmo que não seja imposta como condição *per se* para o mesmo.

O modelo EPPA pode ser explicado de maneira simplificada como uma otimização do comportamento das firmas e das famílias. Para as firmas a solução deste problema se dá quando estas escolhem um nível de produto e insumos a fim de maximizar seus lucros sujeitos às suas restrições tecnológicas. No modelo EPPA assume-se que a produção é representada por tecnologias com elasticidade de substituição constante (CES), que por apresentarem retornos constantes de escala simplificam o problema da firma.

Para solucionar o problema das famílias o modelo considera, em cada região, que um agente representativo possui uma dotação inicial de fatores de produção e serviços, os quais podem ser vendidos ou alugados às firmas. Em cada período, este agente representativo escolhe seus níveis de consumo e poupança que maximizam sua função de bem estar sujeita à sua restrição orçamentária.

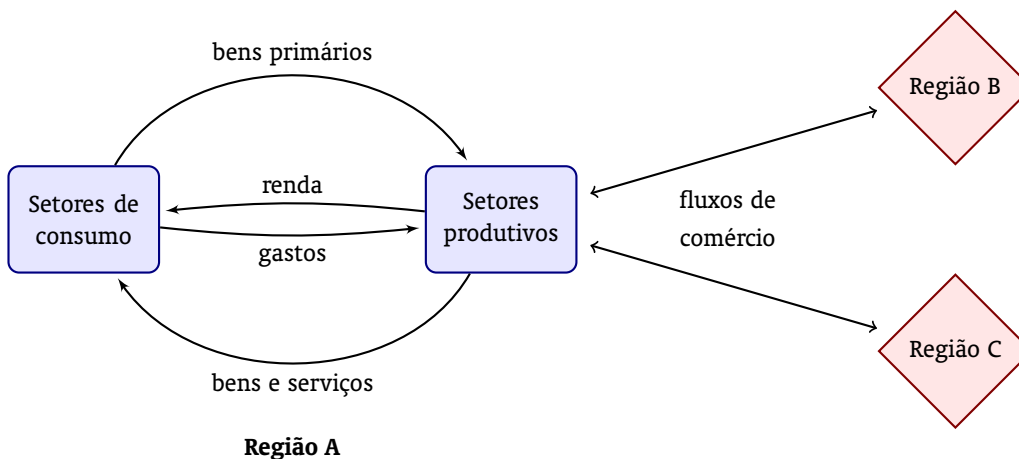
2.3. Implementações de políticas

O modelo EPPA possui uma variedade de opções para a especificação de políticas de controle de emissões. Impostos e insumos sobre combustíveis podem ser representados, bem como as alíquotas dos mesmos podem ser fixadas para representar a composição de carbono dos diferentes tipos de combustíveis. Dessa forma, restrições sobre as emissões podem ser solucionadas pelo modelo, o qual possui flexibilidade para representar estas restrições por região, setor e por gases do efeito estufa. Exportações e importações de licenças de emissões são contabilizadas juntamente com os demais fluxos comerciais, e o comércio destas permissões entra como parte da balança comercial.

A [Figura 1](#) demonstra o fluxo circular de bens e serviços do modelo. Nele estão relacionados todo o sistema de trocas domésticas além do mercado externo. A figura também relaciona uma série de políticas de mitigação e todas as ferramentas que fazem parte do EPPA5.

O EPPA possibilita fixar restrições separadas para cada setor e gases do efeito estufa e então encontrar a solução para um setor e/ou preço específico destes gases. Controles de preço resultantes da solução do modelo com restrições sobre esses gases são reportados por toneladas de gás relevante (em contraposição a um preço equivalente de carbono). Quando o comércio de gases é permitido, uma taxa de troca entre gases deve ser especificada. Com esta opção, o preço equivalente de carbono é o preço reportado para a restrição de carbono.

Figura 1. Representação simples dos fluxos econômicos no EPPA, ferramentas e políticas.



Ferramentas do modelo:

1. Inclusão de todos os gases do efeito estufa.
2. Flexibilidade entre regiões e setores produtivos.
3. Detalhamento do setor energético
4. Mensuração do bem-estar das políticas.

Políticas de mitigação:

1. Limites de emissões.
2. Taxação de carbono.
3. Taxas de energia.
4. Permissões negociáveis.
5. Regulação da tecnologia.

2.4. Produção

No EPPA5 as tecnologias de produção são representadas por funções CES aninhadas e incorporam desagregação entre setores o que possibilita maiores possibilidades de substituição entre fontes de energia. A estrutura aninhada foi desenvolvida para permitir maior flexibilidade na calibragem de elasticidades, particularmente para os setores onde o custo de abatimento das emissões é mais sensível. Dessa forma, o modelo permite fazer análise de sensibilidades dos cenários, o que é uma ferramenta importante para a avaliação dos resultados das políticas ambientais. A [Figura 2](#) exemplifica a estrutura aninhada dos setores de serviços, transportes, intensivos em energia e outros.

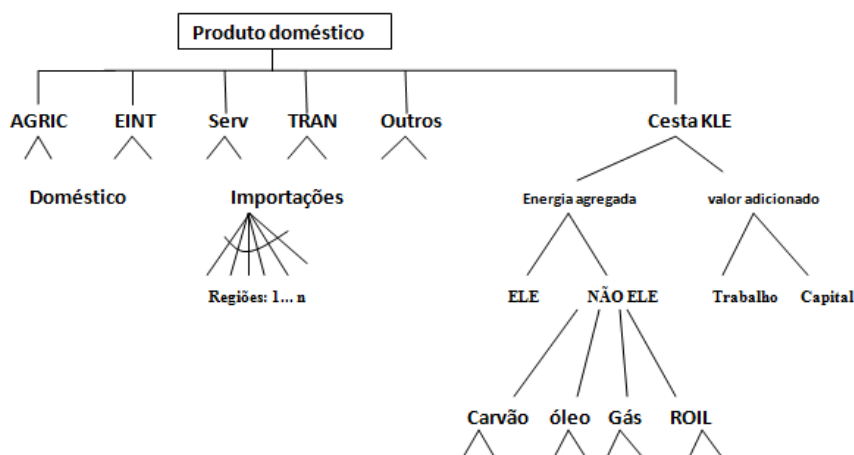
3. DADOS UTILIZADOS

Os dados utilizados neste trabalho para alimentar e calibrar o EPPA são oriundos do Global Trade Analysis Project (GTAP), que é um banco de dados que considera matrizes de insumo-produto para todos os países e regiões do mundo, consumo macroeconômico regional, produção e fluxos de comércio bilateral. Da Agência de Energia Internacional (IEA) são obtidos os dados a respeito da oferta e consumo de energia dos países e regiões que fazem parte do modelo.

Os dados relativos aos gases que provocam o efeito estufa serão obtidos da agência de proteção ambiental americana, enquanto os dados relativos aos poluentes urbanos podem ser encontrados no banco de dados EDGAR (Olivier & Berdowski, 2001). Em relação ao Brasil, além dos dados do país nas fontes mencionados acima, serão consultadas a base de dados do IBGE, do IPEA e do Ministério de Minas e Energia.



Figura 2. Estrutura aninhada dos setores de serviços, transporte, intensivos em energia e outros.



Fonte: Paltsev et al. (2005).

4. CENÁRIOS SIMULADOS

Este trabalho utilizou o modelo EPPA5 para simular 3 cenários para a economia mundial: Um de referência, onde nenhuma política é adotada, e dois onde Europa e Estados Unidos utilizam políticas ambientais (pol) para controlar as emissões de gases causadores do efeito estufa. Ambos os cenários onde existem restrições às emissões de poluentes partem do princípio de uma política de redução gradual a partir de 2015.

O cenário de políticas climáticas considera a implementação da terceira fase da política na União Europeia (redução de 14% ao decênio em relação às emissões observadas em 2005) e política de redução de 14% ao decênio nos EUA em relação às emissões observadas em 2005. Os cenários de políticas serão simulados no modelo EPPA como um mercado amplo de créditos de carbono na região implementadora, com os limites em emissões impostos sobre todos os gases de efeito estufa. Será considerada a possibilidade de comercialização de créditos entre diferentes setores e tipos de gases, de forma a obter um preço único em termos de dólares por unidade de CO₂ equivalente em toda a região. Os limites em emissões aplicam-se às emissões provenientes do uso de energia e de atividade dos setores (emissões fugitivas), incluindo as provenientes das atividades agropecuárias e produção de cimento, contudo, excluindo as provenientes de mudanças no uso da terra e desmatamento.

A diferença entre os dois cenários de políticas diz respeito a uma tarifa de compensação de carbono (TCC). Esta tarifa tem o objetivo de compensar o aumento nos custos que os produtos europeus e americanos enfrentam com a adoção da política climática, particularmente os intensivos em energia, e evitar que haja uma perda de competitividade. A idéia é evitar que as indústrias transfiram sua produção para países onde as políticas não vigoram, o que poderia anular os esforços de redução de emissões. As tarifas de compensação de carbono são impostas às importações de bens e serviços de todos os parceiros comerciais que não adotam políticas climáticas, e são calculadas com base no conteúdo de emissões de gases de efeito estufa associados à produção no país exportador no ano base do modelo. O [Apêndice](#) apresenta o nível das tarifas impostas pelos EUA no cenário TCC para dois períodos distintos.¹

¹Por limitação de espaço optou-se por não apresentar as tarifas compensatórias para a UE, que são similares e seguem padrão setorial parecido com dos EUA, bem como escolheu-se apenas os períodos de 2015 e 2030. Como a política climática impõe

Neste trabalho serão analisadas as mudanças em algumas variáveis mais importantes com relação ao cenário de referência: emissões, produto, bem-estar, produção e exportações. Os países a serem analisados serão EUA, Europa e Brasil. O objetivo é verificar como se comportam as economias dos países que implementam as políticas e como reagiria a economia brasileira às políticas ambientais praticadas no resto do mundo.

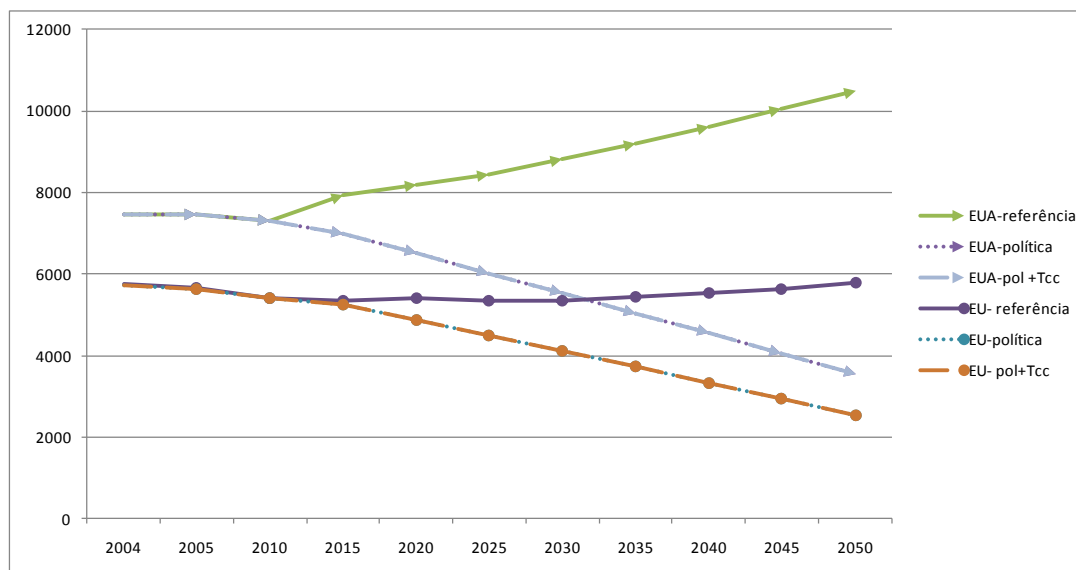
5. RESULTADOS

As figuras 3 e 4 apresentam evolução das emissões para EUA e Europa e do mundo, respectivamente, comparando o cenário de referência com os de políticas climáticas. O Gráfico 5 permite observar como os cenários de políticas climáticas simulados afetam as economias. Fica nítido a partir desse gráfico o maior esforço de redução de emissões feito pelos EUA diante do cenário simulado, apesar dos cortes percentuais similares aos implementados para a UE. A redução absoluta em emissões menos pronunciada na UE é consequência da taxa de crescimento econômico menor no cenário de referência, que resulta em um crescimento menos acentuado na trajetória de emissões na ausência de políticas climáticas.

A trajetória de emissões mundiais de gases de efeito estufa é pouco afetada pelos cenários de políticas (Figura 4). De uma forma geral, é importante ressaltar que as políticas aplicadas apenas por um conjunto restrito de países desenvolvidos diminuem a taxa de crescimento das emissões de gases do efeito estufa, porém, devido ao pronunciado crescimento econômico e em emissões esperados para os países desenvolvidos, essas mesmas políticas não são capazes de reduzir consideravelmente as emissões de gases de efeito estufa, sugerindo a necessidade de uma participação ativa de mais países para solução do problema climático

A Figura 5 apresenta a variação da taxa de crescimento anualizada do produto para os EUA, UE e Brasil. As políticas ambientais aplicada nos dois primeiros praticamente não afetam a taxa de crescimento da economia brasileira, no entanto, é possível perceber que há uma redução no ritmo de

Figura 3. Emissões totais, EUA e Europa, em Milhões de Ton de CO₂-eq.



reduções em emissões mais pronunciadas com o tempo, o preço do carbono aumenta progressivamente, o que reflete em maiores tarifas compensatórias ao carbono para períodos mais distantes no futuro.



Figura 4. Emissões mundiais, em Milhões de Ton de CO₂-eq.

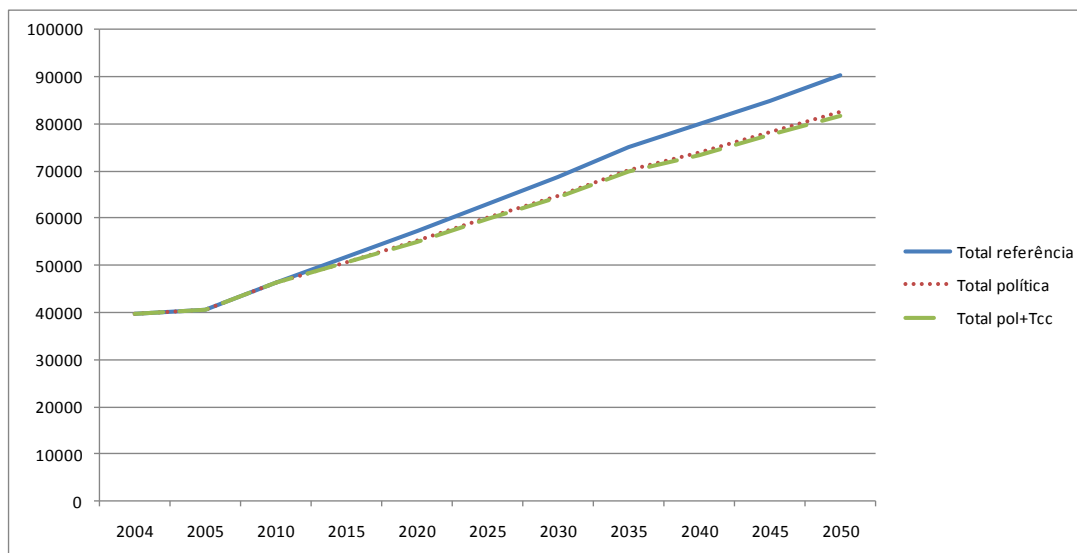
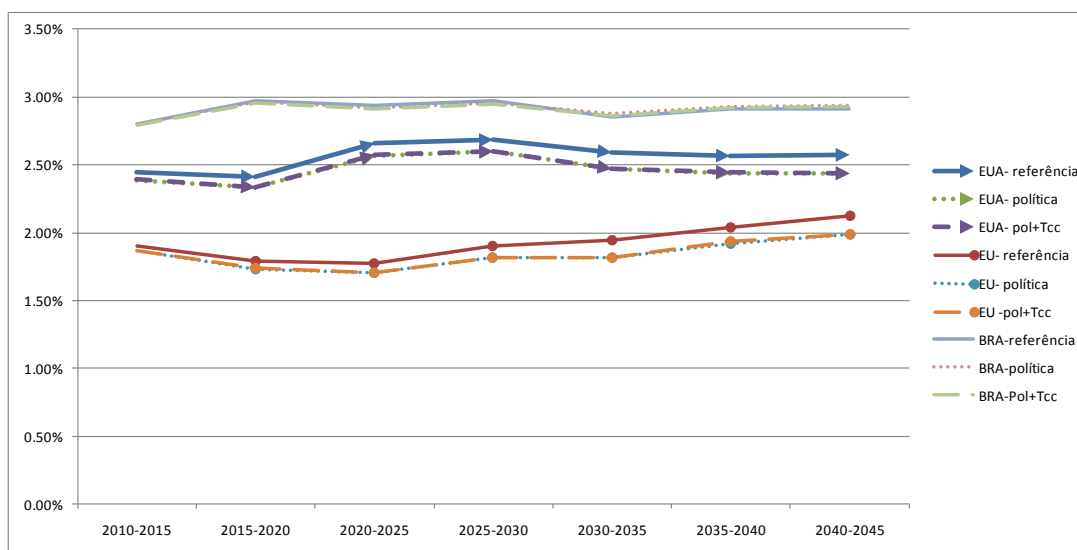


Figura 5. PIB, EUA, UE e Brasil, variação % anual.



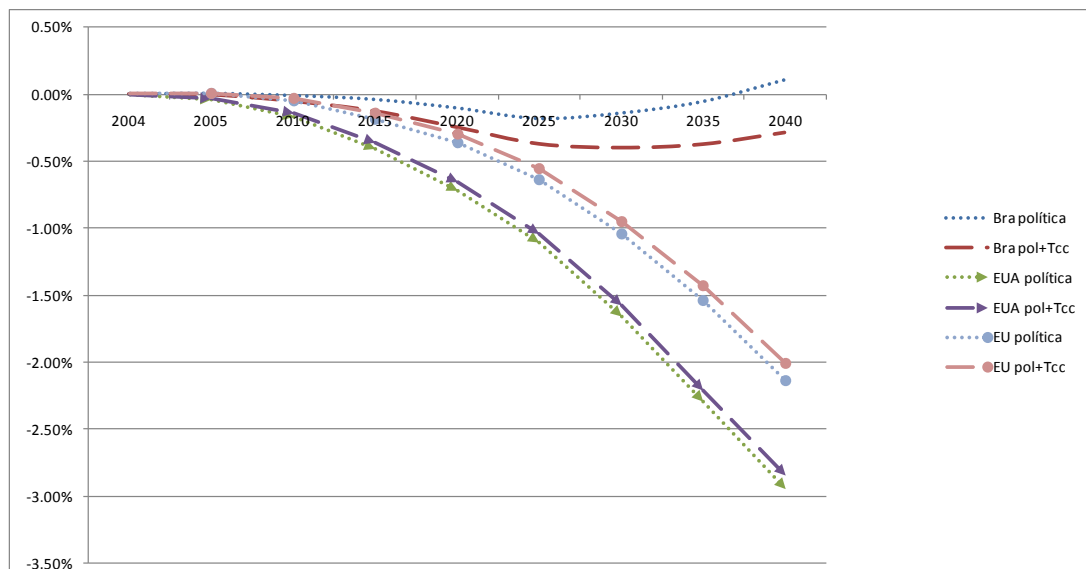
crescimento nos EUA e na Europa. Ainda, a tarifa de compensação de carbono não muda essa situação. De fato, as linhas que representam a evolução do PIB com as políticas ambientais praticamente se sobrepõem.

A **Figura 6** mostra as mudanças em bem estar, em relação ao cenário de referência, para as duas políticas ambientais consideradas. É importante observar que a taxa de compensação de carbono (Pol+Tcc) melhora um pouco a situação dos países que aplicam a política ambiental uma vez que a perda de bem estar é menor. No entanto, o mais interessante é observar o comportamento da economia brasileira. Nos primeiros períodos, há uma perda de bem estar mais acentuada que passa a ter um viés de melhora conforme se aproximam os anos de 2030 e 2035.

Esse resultado sugere que a redução mais pronunciada no crescimento e no bem-estar dos EUA e da UE inicialmente se refletem em menor demanda mundial pelos produtos brasileiros, bem como encarecimento das importações vindas daquelas regiões, mas que posteriormente o Brasil consegue explorar mercados internacionais perdidos pelos países desenvolvidos. Por outro lado, a tarifa de compensação de carbono tem um efeito pronunciado no caso do Brasil, já que observa-se um acréscimo na perda de bem estar durante todo o período analisado. Esse resultado indica que as tarifas compensatórias ao conteúdo de carbono possuem efeito quase nulo para a economia que as impõe, contudo, afetam em grau bem maior parceiros comerciais como o Brasil, que precisam se adequar a essa nova barreira comercial.

As Tabelas 2, 3 e 4 contêm os dados da produção dos setores: culturas, pecuária, silvicultura, alimentos, produtos intensivos em energia (EINT), outros produtos e o setor de transportes, para Brasil, EUA e Europa, respectivamente. Os resultados setoriais são consequência de diversos fatores, como a participação do país nas exportações para os EUA e UE, conteúdo de carbono na produção dos bens e nível da tarifa compensatória de carbono, competição por fatores primários com outros setores afetados, entre outros.

Figura 6. Bem-Estar (comparação com cenário de referência).



**Tabela 2.** Valor da Produção, Brasil, em US\$10 bilhões.

		Brasil							
		2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Culturas	Referência	5,31	5,93	6,52	7,16	8,40	9,90	11,91	14,61
	Políticas	5,32	5,96	6,56	7,23	8,54	10,18	12,43	15,55
	Pol.+Tcc	5,31	5,91	6,46	7,09	8,36	9,90	12,05	15,05
Pecuária	Referência	2,16	2,38	2,64	2,92	3,29	3,69	4,17	4,73
	Políticas	2,16	2,38	2,64	2,93	3,31	3,71	4,21	4,80
	Pol.+Tcc	2,16	2,37	2,63	2,91	3,28	3,68	4,18	4,76
Silvicultura	Referência	0,09	0,09	0,10	0,12	0,13	0,15	0,18	0,20
	Políticas	0,09	0,09	0,10	0,12	0,13	0,15	0,18	0,21
	Pol.+Tcc	0,09	0,09	0,10	0,12	0,13	0,15	0,18	0,21
Alimentos	Referência	11,87	12,97	14,36	15,88	17,76	19,73	22,09	24,77
	Políticas	11,88	12,98	14,37	15,88	17,75	19,72	22,10	24,80
	Pol.+Tcc	11,88	12,99	14,39	15,91	17,79	19,78	22,16	24,90
EINT	Referência	20,70	23,44	27,01	31,00	35,83	40,98	46,96	53,60
	Políticas	20,75	23,58	27,30	31,44	36,20	41,67	47,77	54,50
	Pol.+Tcc	20,74	23,59	27,30	31,43	36,18	41,63	47,70	54,37
Outros	Referência	43,61	49,13	55,87	63,25	71,90	81,81	93,48	106,75
	Políticas	43,59	49,08	55,75	63,08	71,62	81,38	92,94	106,01
	Pol.+Tcc	43,61	49,13	55,86	63,24	71,84	81,68	93,31	106,47
Transportes	Referência	5,40	6,16	7,19	8,36	9,70	11,18	12,88	14,78
	Políticas	5,42	6,22	7,32	8,59	10,03	11,68	13,56	15,68
	Pol.+Tcc	5,42	6,20	7,26	8,47	9,83	11,35	13,11	15,09

Tabela 3. Valor da Produção, EUA, em US\$10 bilhões.

		EUA							
		2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Culturas	Referência	20,14	22,07	23,61	25,50	29,32	33,57	38,81	45,23
	Políticas	19,87	21,33	22,38	23,06	24,23	25,21	27,01	28,03
	Pol.+Tcc	19,96	21,59	22,78	23,65	24,86	25,95	28,04	29,18
Pecuária	Referência	12,79	13,78	14,73	15,96	18,04	20,26	23,00	26,57
	Políticas	12,69	13,51	14,25	15,09	16,27	17,39	18,92	20,48
	Pol.+Tcc	12,70	13,53	14,28	15,11	16,25	17,34	18,87	20,30
Silvicultura	Referência	2,16	2,35	2,55	2,80	3,13	3,51	3,95	4,44
	Políticas	2,17	2,35	2,56	2,80	3,08	3,37	3,69	4,09
	Pol.+Tcc	2,17	2,35	2,55	2,79	3,07	3,36	3,68	4,08
Alimentos	Referência	70,49	73,50	76,86	81,75	88,00	94,51	102,05	111,02
	Políticas	70,27	72,90	75,78	79,79	84,48	89,12	94,83	101,18
	Pol.+Tcc	70,21	72,72	75,44	79,22	83,64	87,99	93,48	99,21
EINT	Referência	241,25	270,10	303,47	345,72	393,04	443,68	500,69	565,12
	Políticas	239,56	265,56	294,83	331,60	372,86	416,02	464,07	517,73
	Pol.+Tcc	239,66	265,93	295,62	333,01	374,74	418,61	467,37	521,88
Outros	Referência	668,30	738,24	818,06	918,84	1.035,75	1.165,91	1.314,98	1.485,52
	Políticas	669,10	739,90	820,12	919,47	1.031,51	1.153,88	1.290,87	1.449,78
	Pol.+Tcc	668,84	739,12	818,68	916,98	1.028,47	1.150,08	1.286,11	1.444,69
Transportes	Referência	100,56	112,87	126,62	143,88	163,44	184,76	208,47	235,21
	Políticas	98,93	108,71	119,14	132,56	148,57	165,42	183,92	203,55
	Pol.+Tcc	98,98	108,93	119,62	133,55	149,85	167,16	186,17	206,34

Tabela 4. Valor da Produção, Europa, em US\$10 bilhões.

		Europa							
		2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Culturas	Referência	26,62	28,41	30,14	32,09	34,54	37,50	41,41	45,77
	Políticas	26,63	28,35	29,93	31,71	33,94	36,48	38,71	40,93
	Pol.+Tcc	26,63	28,56	30,49	32,69	35,48	39,05	41,95	45,03
Pecuária	Referência	19,45	20,36	21,17	22,11	24,06	26,40	29,73	34,41
	Políticas	19,46	20,32	21,05	21,91	23,72	25,78	28,54	32,22
	Pol.+Tcc	19,46	20,33	21,06	21,92	23,70	25,76	28,32	31,70
Silvicultura	Referência	4,17	4,54	4,91	5,33	5,84	6,41	7,08	7,84
	Políticas	4,17	4,53	4,90	5,30	5,80	6,33	6,89	7,41
	Pol.+Tcc	4,17	4,53	4,89	5,29	5,78	6,31	6,78	7,30
Alimentos	Referência	121,65	120,07	118,37	117,53	118,94	121,31	125,69	132,06
	Políticas	121,67	120,02	118,18	117,16	118,36	120,31	123,85	129,12
	Pol.+Tcc	121,66	119,90	117,89	116,68	117,60	119,29	122,43	127,20
EINT	Referência	308,34	338,28	369,60	403,68	442,76	484,80	533,53	589,72
	Políticas	308,58	337,70	367,37	399,11	434,49	471,28	513,98	563,03
	Pol.+Tcc	308,66	337,90	367,74	399,67	435,33	472,50	515,90	565,66
Outros	Referência	589,33	649,73	712,32	781,57	860,97	946,98	1.046,17	1.160,17
	Políticas	588,95	648,68	710,17	778,07	856,02	939,62	1.033,62	1.140,37
	Pol.+Tcc	588,88	648,09	708,69	775,55	852,06	933,58	1.026,04	1.130,98
Transportes	Referência	139,50	153,17	167,21	182,69	201,25	221,76	245,56	273,19
	Políticas	139,88	152,75	165,20	178,49	193,54	209,22	228,72	250,92
	Pol.+Tcc	139,90	152,77	165,23	178,51	193,66	209,58	229,62	252,01

Em relação ao Brasil, as mudanças no valor da produção são, em geral, pouco expressivas, uma vez que devem refletir as mudanças em exportações, que por sua vez não são o principal destino da produção da maioria dos setores brasileiros. Em geral, A produção setorial cresce com a imposição da política climática nos EUA e UE, devido à perda de competitividade desses países, com exceção para o setor de outras indústrias (Outros). A leve redução no valor da produção desse setor é consequência da competição por fatores primários com os demais setores em expansão, e provavelmente uma menor capacidade competitiva do Brasil nessa indústria frente a outros competidores internacionais, também beneficiados com a política climática nos EUA e UE, como a China e a Índia.

Com a imposição das tarifas ao conteúdo de carbono, a produção brasileira dos setores de culturas e pecuária passa a ser menor que no cenário de referência. Tal resultado revela que a imposição das tarifas compensatórias ao carbono distorce os mercados desses bens para o Brasil em maior grau do que a perda de competitividade quando da adoção das políticas climáticas. Vale ressaltar que o Brasil acaba sofrendo a imposição de tarifas compensatórias mais elevadas que de outros países nesses setores, devido às emissões relativamente maiores oriundas de uma agricultura intensiva no uso de fertilizantes nitrogenados e com participação de rebanho bovino, o que leva à perda de mercado para outros países com menor conteúdo de carbono em suas exportações agropecuárias.²

Já o setor de silvicultura brasileiro passa a ser levemente beneficiado com aumentos de produção quando da imposição das tarifas ao carbono, uma vez que se aproveita de recursos liberados pelos demais setores agropecuários. O setor de alimentos, por sua vez, experimenta aumentos na produção quando da imposição das tarifas ao carbono nos países desenvolvidos, o que pode ser explicado por níveis tarifários relativamente menores às exportações brasileiras que os cobrados de importantes competidores internacionais nesse setor, como China, Índia, Resto da Europa e América Latina. Como

²O Apêndice apresenta as tarifas compensatórias ao carbono impostas pelos EUA para cada setor e região do modelo.



a principal fonte de carbono na produção da indústria de alimentos é proveniente do uso de energia³ e a matriz energética brasileira possui uma composição de fontes renováveis bem maior que de outros países, o país acaba sofrendo com tarifas relativamente menores ao conteúdo de carbono nesse setor.

A indústria intensiva em energia (EINT) e o setor de transportes em geral são afetados negativamente pela imposição da tarifa ao carbono, contudo o valor da produção brasileira nesses setores continua superior ao observado no cenário de referência. Esse resultado reflete a menor possibilidade de exportação desses produtos e serviços para os EUA e UE diante da imposição da nova modalidade de barreira comercial. Como o Brasil não é um grande fornecedor para os países desenvolvidos, a produção é pouco afetada pela tarifa. O setor de outros bens (Outros), por sua vez, experimenta um aumento na produção quando da imposição da tarifa ao carbono, em relação ao cenário de política climática sem tal tarifa. Esse resultado deve-se à competição por recursos produtivos (capital e trabalho) principalmente com o setor EIND, bem como pelas tarifas compensatórias relativamente mais baixas para o Brasil que para a maioria dos demais países.

Analisando as tabelas 2 e 3, percebe-se um padrão semelhante de mudança no valor da produção nos EUA e na UE nos setores de bens intensivos em energia (EINT) e transportes, bem como no setor de outros bens (Outros). As tarifas compensatórias de carbono impostas por estes países permitem reverter parcialmente a queda na produção de EINT e de transportes sofrida com a imposição da política climática, devido aos elevados níveis que essas tarifas atingem, uma vez que se aplicam a setores que demandam muita energia no processo produtivo.

O setor de outros bens, contudo, não é beneficiado quando da imposição das tarifas, uma vez que o nível de tarifa ao carbono neste setor é bem menor que nos demais. Essa mudança na proteção relativa setorial acaba prejudicando este setor, que passa a enfrentar maior concorrência com as importações, em relação aos demais setores da economia, e perde recursos primários para os setores mais protegidos.

Já o setor de culturas se beneficia com as tarifas compensatórias de carbono, que conferem elevado grau de proteção à produção doméstica daqueles países desenvolvidos, porém ocorrendo o oposto com a indústria de alimentos, prejudicada quando da imposição das tarifas compensatórias devido a níveis tarifários relativamente menores que de outros setores. Os setores de pecuária e de silvicultura experimentam variações pequenas e sem um padrão muito definido durante o horizonte de análise.

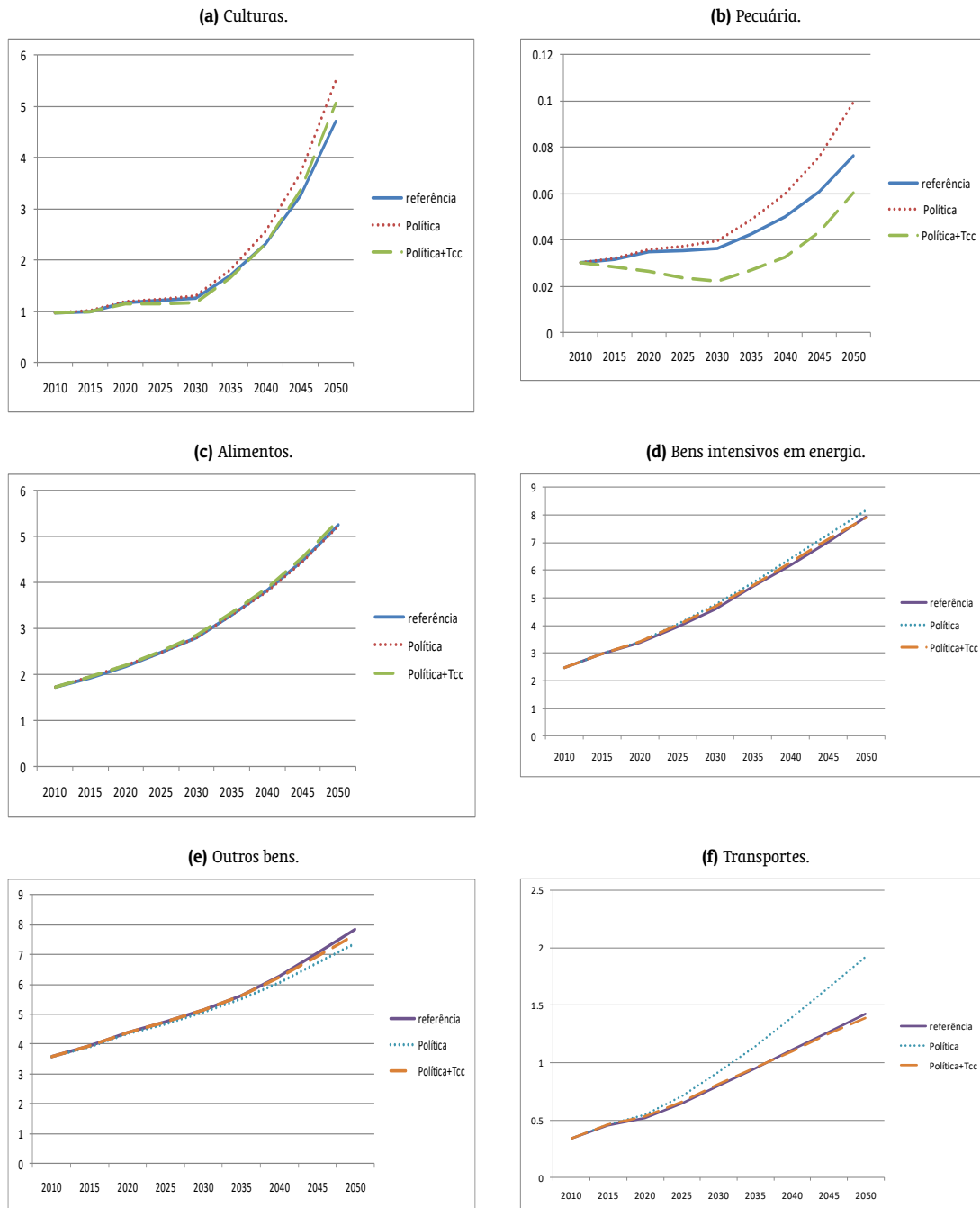
Esses resultados permitem inferir que as tarifas compensatórias às emissões de carbono devem significar grandes mudanças no padrão de proteção relativa nas economias que as impõem, elevando sobremaneira as barreiras para os setores intensivos no uso de energia e em emissões diretas (como a produção agrícola), o que compensa em parte a perda de competitividade oriunda da política climática, porém, tende a prejudicar exatamente os setores menos intensivos em emissões. Dessa forma, as tarifas ao carbono acabam apresentando-se como uma política desproporcional de incentivo setorial, ao invés de uma forma de compensar a perda de competitividade geral da economia.

Os gráficos da Figura 7 mostram a evolução das exportações totais brasileiras durante o período simulado de 2010 a 2050. No geral, as informações encontradas corroboram as mudanças no valor da produção discutidos anteriormente. Vemos que não há mudança expressiva em nenhum setor, exceto pecuária e transportes, porém, como os valores exportados por esses setores são bem pequenos, as mudanças absolutas são pouco expressivas.

É interessante destacar que as mudanças pouco expressivas nas exportações de todos os setores são consequência da imposição de políticas climáticas em apenas algumas regiões do mundo. Ape-

³Vale notar que o conteúdo de carbono na produção considerado no presente trabalho é mensurado apenas na forma direta, ou seja, no consumo de energia ou de emissões diretas do processo produtivo (como aplicação de fertilizantes e da fermentação entérica de animais), não considerando as emissões indiretas relacionadas à produção dos insumos intermediários sendo utilizados no processo produtivo. Essa escolha é baseada nas práticas correntes de contabilidade de carbono, em que apenas as emissões diretas são associadas a um país, como destacado por Weitzel & Peterson (2011, p.20).

Figura 7. Exportações brasileiras.





sar de EUA e UE serem grandes parceiros comerciais do Brasil, também são grandes compradores e fornecedores para terceiros países. Quando da aplicação da política climática, com ou sem tarifas compensatórias ao conteúdo de carbono, os fluxos comerciais no resto do mundo são afetados pelas mudanças na competitividade das indústrias dos países reduzindo emissões bem como pela capacidade de compra (renda) dos mesmos. Esses movimentos determinam mudanças mais pronunciadas nos destinos e composição de participação de comércio entre os diferentes países e regiões do mundo do que no volume total de comércio transacionado.

6. CONCLUSÕES

Neste trabalho procuramos analisar o efeito que políticas ambientais aplicadas nos países desenvolvidos (Europa e EUA) teriam sobre o Brasil e sobre o total de emissões no mundo e naqueles países. Observando-se a trajetória das emissões globais ao longo do tempo, nota-se que estas políticas, se aplicadas somente aos países desenvolvidos não alteram consideravelmente a trajetória crescente do aumento de gases do efeito estufa, apenas diminuindo sua velocidade de crescimento, o que corrobora estudos já feitos na área, que afirmam ser preciso um esforço conjunto para alterar a concentração de gases causadores do efeito estufa na atmosfera.

A implementação de mercados de carbono nos EUA e na UE provocariam perdas de bem-estar naqueles países da ordem de 0,4% e 0,2% em 2015, respectivamente, atingindo 3% nos EUA e 2% na UE em 2050. O Brasil sofreria perdas máximas de cerca de 0,2% em bem-estar em 2025, que se reverte a um ganho de 0,1% em 2050. Pode-se concluir a partir desses resultados que o Brasil deve ser pouco afetado por políticas climáticas adotadas pelos países desenvolvidos, o que sugere pouca dependência desses países no que diz respeito às suas capacidades de consumo do produto mundial.

Outro resultado diz respeito aos efeitos de uma tarifa compensatória sobre o conteúdo de carbono das exportações de países não preocupados em reduzir emissões. A aplicação de tal tarifa altera pouco os resultados sobre bem-estar e crescimento em relação a um cenário em que esta barreira comercial não existe. A medida, teria pouco efeito em mitigar a perda de competitividade das economias onde a política ambiental é aplicada. Com relação ao Brasil, observa-se uma perda de bem estar e de produto relativamente pequena, porém maior e que se intensifica em relação ao cenário de políticas sem tarifas de carbono, provavelmente resultado do desaquecimento das principais economias mundiais. Esse resultado permite concluir que a tarifa de carbono tem um efeito considerável em distorcer os mercados internacionais e portanto, deve encontrar forte oposição dos países em desenvolvimento nos fóruns internacionais, como a Organização Mundial de Comércio. No entanto, é interessante ressaltar que, ao final do período analisado, as trajetórias de mudanças tanto no PIB quanto no bem-estar brasileiros são menos afetadas pelas políticas climáticas dos países desenvolvidos, possivelmente por uma certa capacidade de preencher a lacuna deixada por estes países no comércio internacional.

No caso da produção setorial brasileira, as políticas ambientais não influenciam fortemente nenhum dos setores analisados. O mesmo não acontece para os países desenvolvidos o mesmo, que sofrem reduções relevantes em todos os setores, principalmente agricultura (maior nos EUA), bens intensivos em energia e transportes, refletindo a perda de competitividade destas economias, que a tarifa de compensação de carbono não consegue anular.

O resultado setorial para o Brasil é consequência das mudanças modestas em exportações diante dos cenários analisados. A participação relativamente modesta das exportações brasileiras no valor total da produção do país, bem como a concorrência com os demais países do mundo tanto por mercados dos países desenvolvidos quanto pelos mercados perdidos por estes países, traz alterações na composição do comércio mundial em termos de origem e destinos dos fluxos comerciais, mas poucas mudanças nos valores totais comercializados em países excluídos dos acordos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Babiker, M., & Jacoby, H. D. (1999, outubro). *Developing country effects of Kyoto-type emissions restrictions* (Joint Program Report Series Report N° 53). MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change. Disponível em: <https://globalchange.mit.edu/publication/13852>
- Babiker, M. H., & Rutherford, T. F. (2005). The economic effects of border measures in subglobal climate agreement. *The Energy Journal*, 26(4), 99–125. doi: 10.5547/ISSN0195-6574-EJ-Vol26-No4-6
- IPCC — Intergovernmental Panel on Climate Change. (2007). *Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability* [Summary for policy makers]. Geneva, Switzerland: IPCC Secretariat. Disponível em: <http://www.ipcc.ch>
- Diaz, M. D. C., & Schwartzman, S. (2005). Carbon offsets and land use in the Brazilian Amazon. In P. Moutinho & S. Schwartzman (Eds.), *Tropical deforestation and climate change*. Belém, PA: IPAM – Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia / Washington, DC: Environmental Defense Fund.
- Dissou, Y., & Eyland, T. (2011, outubro). Carbon control policies, competitiveness, and border tax adjustments. *Energy Economics*, 33, 556–564. doi: 10.1016/j.eneco.2011.01.003
- Feijó, F. T., & Porto, S., Jr. (2009). Protocolo de Quioto e o bem estar econômico no Brasil: Uma análise utilizando equilíbrio geral computável. *Análise Econômica*, 27(51), 127–154. doi: <http://seer.ufrgs.br/index.php/AnaliseEconomico/article/view/9703>
- Fischer, C., & Fox, A. K. (2007). Output-based allocation of emissions permits for mitigating tax and trade interactions. *Land Economics*, 83(4), 575–599. doi: 10.3368/le.83.4.575
- Kasahara, S., Paltsev, S., Reilly, J., Jacoby, H. & Ellerman, A. D. (2007). Climate change taxes and energy efficiency in Japan. *Environmental and Resource Economics*, 37(2), 377–410. doi: 10.1007/s10640-006-9031-1
- Lima, E. M. C. (2011). *Impactos de políticas climáticas internacionais sobre a economia brasileira* (Tese de mestrado, FEA-RP/USP, Ribeirão Preto, SP). doi: 10.11606/D.96.2011.tde-27092011-133138
- Moreira, H. M., & Giometti, A. B. d. R. (2008). O Protocolo de Quioto e as possibilidades de inserção do Brasil no mecanismo de desenvolvimento limpo por meio de projetos em energia limpa. *Contexto Internacional*, 30(1), 9–47. doi: 10.1590/S0102-85292008000100001
- Olivier, J. G. J., & Berdowski, J. J. M. (2001). Global emission sources and sinks. In J. Berdowski, R. Guicherit & B. J. Heij (Eds.), *The climate system* (pp. 33–78). Lisse, The Netherlands: A. A. Balkema Publishers/Swets & Zeitlinger Publishers.
- Paltsev, S., Reilly, J. M., Jacoby, H. D., Eckaus, R. S., McFarland, J. & Sarofim, M. (2005). *The MIT Emissions Prediction and Policy Analysis (EPPA) Model* (Joint Program on the Science and Policy of Global Change Version 4 N° 125). Cambridge: MIT.
- Paltsev, S., Reilly, J. M., Jacoby, H. D., Gurgel, A. C., Metcalf, G. E., Sokolov, A. P. & Holak, J. F. (2008). Assessment of US GHG cap-and-trade proposals. *Climate Policy*, 8, 395–420. doi: 10.3763/cpol.2007.0437
- Paltsev, S., Reilly, J. M., Jacoby, H. D. & Morris, J. F. (2009, abril). *The cost of climate policy in the United States* (Joint Program Report Series Report N° 173). MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change. Disponível em: <https://globalchange.mit.edu/publication/14488>
- Reilly, J., & Paltsev, S. (2006). European greenhouse gas emissions trading: A system in transition. In C. d. Miguel, X. Labandeira & B. Manzano (Eds.), *Economic modelling of climate change and energy policies* (pp. 45–64). Edward Elgar.
- Reinaud, J. (2004, dezembro). *Industrial competitiveness under the European Union emissions trading scheme* (Information Paper). International Energy Agency. Disponível em: http://s3.amazonaws.com/zanran_storage/www.iea.org/ContentPages/26166509.pdf



- Sadoulet, E., & De Janvry, A. (1995). *Quantitative development policy analysis*. The Johns Hopkins University Press.
- Shoven, J. B., & Whalley, J. (1998). *Applying general equilibrium* (3ª ed.). Cambridge University Press.
- Silva, J. G. d. (2010). *Impactos econômicos de políticas de mudança climática na economia brasileira: Um estudo a partir de um modelo de equilíbrio geral computável* (Tese de mestrado, FEA-RP/USP). doi: [10.11606/D.96.2010.tde-01022011-161333](https://doi.org/10.11606/D.96.2010.tde-01022011-161333)
- Tourinho, O. A. F., Motta, R. S. d. & Alves, Y. L. B. (2003, agosto). *Uma aplicação ambiental de um modelo de equilíbrio geral* (Texto para Discussão N° 976). Rio de Janeiro, RJ: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Disponível em: http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=4539
- US Congress, Senate. (2009). *The American Clean Energy and Security Act of 2009 (H.R.2454)*. Washington, D.C.: 111th Congress (2009–2010). Disponível em: <https://www.congress.gov/bill/111th-congress/house-bill/2454/text>
- Viola, E. (2009, janeiro). *O Brasil na arena internacional da mitigação da política climática* (Relatório técnico). Rio de Janeiro: CINDS – Centro de Estudos de Integração e Desenvolvimento. Disponível em: http://www.ipea.gov.br/bric/textos/100409_BRICViola1.pdf
- Washington, W. M., Knutti, R., Meehl, G. A., Teng, H., Tebaldi, C., Lawrence, D., ... Strand, W. G. (2009). How much climate change can be avoided by mitigation? *Geophysical Research Letters*, 36(8). doi: [10.1029/2008GL037074](https://doi.org/10.1029/2008GL037074)
- Weitzel, M., & Peterson, S. (2011). *The carbon content of trade: Under border tariff adjustments and a global carbon regime* (Kiel Working Paper N° 1732).
- Yu, C. M. (2004). *Sequestro florestal do carbono no Brasil: Dimensões políticas, socioeconômicas e ecológicas*. São Paulo: Annablume; Instituto Internacional de Educação do Brasil (IEB).

APÊNDICE. TARIFAS COMPENSATÓRIAS

Tabela A-1. Tarifas compensatórias de carbono aplicadas pelos EUA em 2015.

	Culturas	Pecuária	Silvicultura	Alimentos	EINT	Outros	Transportes
CAN	16%	9%	12%	5%	34%	5%	133%
MEX	10%	14%	8%	6%	24%	1%	196%
JPN	16%	30%	13%	8%	22%	2%	33%
ANZ	14%	12%	15%	14%	22%	4%	67%
EUR	20%	11%	9%	9%	19%	3%	51%
ROE	50%	13%	17%	18%	91%	18%	69%
RUS	24%	16%	57%	9%	88%	9%	182%
ASI	13%	34%	68%	10%	53%	5%	117%
CHN	29%	20%	17%	24%	79%	9%	60%
IND	4%	1%	0%	20%	85%	7%	57%
BRA	40%	17%	19%	13%	47%	4%	214%
AFR	8%	7%	9%	8%	54%	8%	126%
MES	18%	12%	4%	26%	191%	14%	215%
LAM	17%	7%	14%	12%	52%	10%	121%
REA	5%	7%	4%	11%	187%	20%	88%

Tabela A-2. Tarifas compensatórias de carbono aplicadas pelos EUA em 2030.

	Culturas	Pecuária	Silvicultura	Alimentos	EINT	Outros	Transportes
CAN	105%	62%	81%	14%	222%	31%	867%
MEX	61%	91%	65%	20%	170%	10%	1440%
JPN	97%	209%	94%	22%	135%	7%	214%
ANZ	85%	84%	105%	31%	138%	18%	436%
EUR	100%	79%	67%	31%	118%	11%	345%
ROE	166%	82%	111%	83%	642%	87%	469%
RUS	102%	106%	387%	52%	617%	37%	1263%
ASI	72%	236%	795%	52%	341%	21%	791%
CHN	185%	142%	105%	114%	437%	35%	364%
IND	4%	2%	0%	95%	534%	20%	316%
BRA	166%	117%	156%	34%	316%	18%	1423%
AFR	31%	47%	47%	33%	374%	48%	824%
MES	114%	82%	28%	132%	1346%	87%	1492%
LAM	108%	52%	99%	41%	360%	33%	794%
REA	26%	49%	26%	66%	1229%	72%	541%