Taxação sobre carbono, competitividade e correção de distorções do sistema tributário: Impactos na economia brasileira

O Instituto Escolhas é uma associação civil sem fins econômicos, fundada em 2015, que trabalha para qualificar o debate sobre sustentabilidade, traduzindo numericamente os impactos econômicos, sociais e ambientais das decisões públicas e privadas. Por meio de estudos, análises e relatórios, amparamos novas leituras e argumentos capazes de superar a polarização ideológica das escolhas conflituosas inerentes ao planejamento. Somente argumentos qualificados podem sustentar decisões conscientes, permitindo a construção de soluções efetivas para o desenvolvimento sustentável.

A missão do Escolhas é ser referência em ousadia, independência e consistência usando linguagem matemática para dimensionar e comparar o grau de sustentabilidade das políticas públicas e privadas e produzindo cenários inovadores por meio do cruzamento de informações. Desenvolvemos capacidade de processar dados com rigor metodológico, gerando argumentos sólidos, estatísticas sistemáticas e quadros comparativos para subsidiar análises e escolhas decisivas. Trabalhamos em rede com pesquisas autônomas, abertas a perspectivas e pontos de vista plurais, de maneira a superar preconceitos e elucidar fatos e números compreensivelmente.

Conselho Diretor:
- Ana Toni (Presidente)
- Marcos Lisboa
- Fabio Barbosa
- Ricardo Sennes
- Sergio Leitão

Conselho Científico:
- Marcos Lisboa (Presidente)
- Bernard Appy
- Marcelo Paixão
- Rudi Rocha
- Sandra Paulsen
- Ricardo Abramovay
- Daniel Gleizer

Conselho Fiscal:
- Plínio Ribeiro (Presidente)
- Zeina Latif
- Fenando Furriela

Taxação sobre carbono, competitividade e correção de distorções do sistema tributário: Impactos na economia brasileira

Equipe Escolhas coordenada por: Roberto Kishinami

Orientação: Bernard Appy

Cálculos de emissões de gases de efeito estufa: Shigueo Watanabe Jr.

Apoio para realização do estudo: Maria Alice Setúbal (Neca Setúbal)

Instituto Escolhas
Av. das Nações Unidas, n° 10.989, 10° andar, conj. 102,
São Paulo, SP, Brasil
CEP: 04578-000
Tel: +55.11.3846.9050

Rua General Dionísio, 14, Humaitá
Rio de Janeiro, RJ
CEP: 22271-050
Tel: +55.2112551.6092

http://www.escolhas.org/
comunicacao@escolhas.org

Fevereiro de 2016

Sumário

1 Introdução 8
2 Sistemas de Precificação de Carbono 12
2.1 Taxação sobre Carbono 12
2.2 *Cap and Trade* 14
2.3 Experiências Internacionais 16
2.4 Breve comparação entre os sistemas de precificação de carbono 21
3 Taxação sobre o Carbono e Competitividade 24
3.1 Riscos de *Carbon Leakage* 24
3.2 Border Carbon Adjustments (BCAs) 25
3.3 Medidas Compensatórias Propostas Consideradas no Estudo 26
4 Contexto tributário no Brasil e oportunidades de ajuste 28
4.1 Problemas do PIS/Cofins 29
4.2 Reforma do PIS/Cofins (modelo IVA) 33
5 Taxa sobre o Carbono na Análise Insumo-Produto 35
5.1 Etapa I – Matriz de Insumo-Produto (MIP) 35
5.2 Etapa II – Construção da Matriz Híbrida de CO_2 36
5.3 Etapa III – Estimação do Coeficiente de Emissão de CO_2 por setor/produto 37
5.4 Etapa IV – Estimação das Distorções de PIS/COFINS 38
5.5 Etapa V – Estimação do IVA 39
5.6 Etapa VI – Estimação das Elasticidades-preço da demanda 39
5.7 Etapa VII – Geração de choques de demanda na MIP 40
5.7.1 Taxação sobre Carbono 40
5.7.2 Substituição do PIS/Cofins por um IVA 41
6 Impactos sobre a Economia Brasileira 43
6.1 Cenário 1: Taxação de carbono com base em práticas internacionais 43
6.2 Cenário 2: Taxação de Carbono e substituição do PIS/Cofins por um IVA 49
7 Considerações Finais 55
8 Referências 57
Apêndice A - Análise Insumo-Produto 59
A.1 Modelo de Insumo-Produto 59
A.2 Outros impactos 62
A.3 Construção da matriz híbrida 64
A.4 Exemplo dos efeitos de um choque na demanda final 66

Apêndice B - Metodologia dos Coeficientes de Emissão de CO_2 71
Apêndice C - Metodologia para Estimação das Elasticidades-preço da Demanda 73
C.1 Compatibilização de Produtos da POF-MIP 73
C.2 Criação das despesas, quantidades e preços por família 74
C.3 Estimação da Equação de Demanda por Tobit 76
Apêndice D - Estimativa das distorções de PIS/Cofins e Estimativa de IVA 78
Apêndice E - Bases de dados 82
E.1 Matriz Insumo-Produto (MIP) 82
E.2 Balanço Energético Nacional (BEN) 83
E.3 Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) 85
Apêndice F – Coeficientes técnicos de emissão de CO_2 86

Índice de Tabelas

Tabela 2.3-1 - Iniciativas de taxação sobre carbono por região/país 16
Tabela 2.3-2 – Iniciativas de *Emission Trading Scheme* por região/país..... 18
Tabela 4.1-1 – Incidência do IVA no consumo 30
Tabela 4.1-2 – Incidência do IVA na Exportação 30
Tabela 4.1-3 – Impacto da Cumulatividade..... 31
Tabela 4.1-4 – Impacto do ressarcimento parcial de créditos 32
Tabela 6.1-1 – Efeito total da taxação de carbono sobre PIB, impostos, salários e número de empregos..... 44
Tabela 6.2-1 – Efeitos totais na economia após a mudança no PIS/Cofins e inclusão da tarifa de carbono 50
Tabela A.1 -1 - Relações fundamentais de Insumo-Produto..... 60
Tabela A.4-1 - Efeitos diretos 67
Tabela A.4-2 - Efeitos indiretos 68
Tabela A.4-3 - Efeito renda..... 68
Tabela A.4-4 - Efeito total 69
Tabela C-1 - Exemplo de compatibilização POF-MIP 74
Tabela E.1-1 - Exemplo dos dados contidos na MIP 2011..... 82
Tabela E.2-1 - Setores disponíveis no BEN e consumo de energia 84
Tabela F-1 - Coeficientes técnicos de emissão de CO_2..... 86

Índice de Figuras

Figura 2.3-1 - Mapa *Emission Trading Schemes* e Taxações sobre Carbono (US$/$tCO_2e$) 19
Figura 2.3-2 - Mapa *Emission Trading Schemes* nas províncias chinesas (US$/$tCO_2e$) 20
Figura 2.3-3 - Mapa Regimes nos estados canadenses (US$/$tCO_2e$) 20
Figura 6.1-1 – Aumento da arrecadação líquida sobre bens e serviços (em 2011 milhões R$ e %) para tarifas de carbono de US$ 10 e US$ 50 44
Figura 6.1-2 – Redução do PIB total e por setor (R$ milhões 2011 e %) para as tarifas de carbono de US$ 10 e US$ 50 47
Figura 6.1-3 – Redução do emprego total e por setor (em mil unidades e %) para tarifas de carbono de US$ 10 e US$ 50 47
Figura 6.2-1 – Variação (%) no produto por setores após a mudança no PIS/Cofins e inclusão da tarifa de carbono 51
Figura 6.2-2 – Toneladas de CO_2 que deixariam de ser emitidas com a adoção da tarifa de carbono 52
Figura 6.2-3 – Variação nos empregos (postos de trabalho ao longo de 1 ano) por setores após a mudança no PIS/Cofins e inclusão da tarifa de carbono 52

1 Introdução

Esse estudo é parte de uma ampla discussão do Instituto Escolhas que tem por finalidade promover a adoção de práticas que valorizem um futuro ambiental sustentável para o país considerando os potenciais impactos econômicos, sociais e ambientais dessas medidas. Recentemente o governo brasileiro publicou o *Intended Nationally Determined Contribution Towards Achieving The Objective Of The United Nations Framework Convention On Climate Change* (INDC-Brasil, 2015), que estabeleceu metas de emissões de CO_2 no Brasil de 1,3 $GtCO_2e$[1] em 2025 e de 1,2 $GtCO_2eq$ em 2030. Se comparadas às emissões totais de 2,1[2] $GtCO_2eq$ reportadas em 2005[3], essas metas representam uma redução de 37% nas emissões totais para 2025 e de 43% para 2030.

Muitas dificuldades têm sido relacionadas ao cumprimento de tais metas, principalmente devido às sucessivas crises no setor sucroalcooleiro, que fechou diversas usinas nos últimos anos, ao esgotamento das possibilidades de produção hidroelétrica fora da Amazônia e também ao elevado Custo-Brasil (elevadas taxas de juros da economia e pouca atratividade para investimento)[4]. Nesse contexto de poucas oportunidades de investimento em fontes de energias renováveis e de alto custo de oportunidade do capital é fundamental, e ao mesmo tempo desafiador, criar mecanismos que incentivem a substituição de fontes de energia intensivas em gases do efeito estufa por fontes de energia mais limpas, mas que não prejudiquem a atividade econômica do país.

Entre as possíveis ações que podem incentivar o uso de fontes de energia mais limpas e contribuir com o cumprimento das metas de emissões no Brasil definidas no INDC (2015) considera-se a criação de uma tarifa sobre as emissões de carbono, conhecido na literatura internacional como *carbon tax*. O estudo de Schaeffer e outros[5] analisam os efeitos que diferentes níveis de tarifas sobre o carbono gerariam sobre o total de emissões de CO_2 no Brasil e encontram que eventuais fracassos em atingir as metas do INDC relacionadas aos setores agrícola e florestal poderiam ser mais do que compensados por uma política de

[1] Giga toneladas: 109 toneladas equivalentes de (dióxido de) carbono. O termo 'equivalente' é usado para contabilizar as emissões de todos os gases causadores do efeito estufa. A ciência fornece fatores que convertem o potencial de impacto de cada gás ao impacto do mais comum entre eles: o dióxido de carbono – CO2.
2 Esse valor pode variar entre 2,04 GtCO2eq até 2,74 GtCO2eq dependendo da fonte utilizada: Segunda ou Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima.
3 Brasil (2014) e Brasil (2015).
4 Lucena et al. (2015) e Schaeffer (2015).
5 Schaeffer e outros (2015).

taxação de carbono. No entanto, a imposição de um novo imposto na economia poderia gerar efeitos adversos importantes no curto prazo, uma vez que a transmissão do imposto para os preços finais resultaria em contração da atividade econômica.

Além disso, os impactos da taxação sobre o carbono na competitividade das empresas podem ser os mais diversos possíveis. Idealmente, espera-se um efeito positivo sobre o mercado, pois a taxação induz as empresas a adotar práticas inovadoras, limpas e mais eficientes ou tende a excluir a parcela das empresas ineficientes e relativamente mais poluidoras. Porém, uma das principais críticas à adoção de taxação sobre o carbono é a perda de competitividade internacional, uma vez que ainda é comum a diferença de taxas e políticas em diferentes jurisdições. Por essas razões, é importante que a implementação de uma tarifa sobre o carbono esteja associada a outras políticas que compensem os possíveis efeitos adversos sobre a atividade econômica e competitividade, como, por exemplo, políticas de incentivo à inovação tecnológica e investimentos em infraestrutura, que podem, inclusive, promover eficiência energética, bem como a desoneração das exportações e tributação das importações.

Particularmente, é possível considerar um cenário em que a introdução da tributação do carbono seja feito simultaneamente à correção de distorções do sistema tributário brasileiro, mantendo a carga tributária neutra. Neste contexto, no presente trabalho considerou-se a possibilidade de que a introdução de uma taxa sobre o carbono fosse compensada por mudanças na estrutura do PIS/Cofins, que é um dos tributos que mais prejudica a produtividade e a competitividade da economia brasileira.[6] A mudança considerada no estudo foi a transformação do PIS/Cofins em um tributo com características semelhantes a um imposto sobre o valor agregado (IVA) construído com base nas boas práticas internacionais. Com esta mudança, eliminar-se-ia a incidência cumulativa do PIS/Cofins na cadeia produtiva e seria adotada uma alíquota única nas vendas aos consumidores finais, em lugar da multiplicidade de alíquotas e regimes especiais hoje existentes.

Tal modelo figura, portanto, como uma oportunidade de aumentar a eficiência do sistema tributário brasileiro, tornando o sistema produtivo mais competitivo, ao mesmo tempo em que poderia compensar os efeitos adversos sobre a atividade econômica de uma taxação sobre o carbono. Além disso, a taxação sobre o carbono poderia compensar a perda de arrecadação decorrente da correção das distorções do PIS/Cofins, sem dificultar ainda mais a já complicada situação fiscal do país.

[6] Pereira e Ferreira (2010). Werneck (2013).

Neste contexto, o objetivo desse estudo é avaliar os impactos econômicos, ambientais e sociais de uma mudança no sistema tributário brasileiro que contemple a tributação da emissão de gases de efeito estufa e a correção de distorções de PIS/Cofins. Especificamente, o estudo avaliou os seguintes cenários:

- Cenário 1: Taxação das emissões de CO_2 na economia brasileira considerando preços internacionais de referência para o carbono:
    - Estimação dos efeitos sobre PIB, empregos, salários, arrecadação de tributos e emissão de CO_2 por setor;
    - Estimação de medidas compensatórias para a competitividade: desoneração das exportações e tributação das importações.

- Cenário 2: Taxação das emissões de CO_2, e correção das distorções do PIS/COFINS e IVA sobre consumo, visando a neutralidade da carga tributária na economia brasileira:
    - Estimação dos efeitos sobre PIB, empregos, salários, arrecadação de tributos e emissão de CO_2 por setor;
    - Estimação do impacto sobre a competitividade da implementação conjunta destas duas mudanças, supondo que serão adotadas medidas compensatórias para a tributação do carbono via desoneração das exportações e tributação das importações.

Para estimar os efeitos desses cenários, o estudo utilizou a Matriz Insumo-Produto da economia brasileira para o ano de 2011, construída a partir do Sistema de Contas Nacionais 2011, e o Balanço Energético Nacional (BEN) 2011, bem como os coeficientes de emissão de CO_2 das diversas fontes de energia do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), explorando os impactos de curto prazo dos cenários supramencionados sobre produção, PIB, emprego, salários, emissão de CO_2 e arrecadação de tributos no Brasil.

Além desta introdução, o documento está organizado da seguinte forma. A seção 2 apresenta os sistemas de precificação de carbono ao redor do mundo e como se dá a discussão sobre perda na competitividade. Nessa linha, a seção 3 discorre sobre o potencial impacto negativo da taxação de carbono sobre a competitividade do produto nacional e possíveis medidas para a sua compensação. A seção 4 analisa os problemas e oportunidades da questão fiscal no país e propõe um modelo de tributação simplificado de PIS/Cofins (modelo IVA). A seção 5 apresenta brevemente as metodologias utilizadas para realizar o trabalho (o maior

detalhamento é dado nos Apêndices metodológicos) e as bases de dados utilizadas. Já a seção 6 implementa as análises, gerando diversos cenários para as análises dos impactos sobre a economia. Por fim, a seção 7 apresenta as principais considerações do estudo.

2 Sistemas de Precificação de Carbono

Desde que o tema das mudanças climáticas passou a ocupar posição central no cenário internacional, discutem-se os caminhos que levariam a uma economia de baixo carbono. Nos debates, a precificação das emissões dos gases causadores do efeito estufa ou simplesmente, a precificação do carbono é sempre ponto central. Duas vertentes, em geral conflitantes, foram e continuarão a ser amplamente exploradas: a taxação sobre o carbono (*carbon tax*) e mecanismos de mercado como o *cap and trade*.

Os últimos 20 anos viram várias experiências ao redor do mundo com estas duas vertentes. Com uma única exceção, todas têm em comum o fato de terem tido um alcance extremamente limitado, gerando um impacto muito pequeno sobre a atividade econômica do país ou região onde foi implementada. A exceção foi o sistema europeu que chegou a movimentar mais de 100 bilhões de euros até a recessão de 2008-09.

Das negociações ocorridas durante a última Cúpula do Clima, a COP-21 de Paris, há a expectativa de que a precificação do carbono volte a ocupar posição central na medida em que os países, individualmente ou em blocos, comecem a adotar sistemas que induzam suas economias a trilharem os caminhos que mitiguem os impactos do aquecimento global previstos pela ciência.

Esta seção apresenta brevemente essas duas formas de precificação do carbono e como os governos tem tratado a potencial perda de competitividade no comércio internacional resultante da aplicação de tais instrumentos, grande preocupação dos setores exportadores.

2.1 Taxação sobre Carbono

A taxação sobre carbono, ou *carbon tax*, determina um preço fixo para determinada quantidade CO_2 emitido – podendo este preço ser ou não fixado em função do combustível gerador da emissão[7]. A adoção de um tributo sobre o carbono determina um preço por quantidade emitida, de tal forma que o mercado ajusta o nível de emissões com base no valor da taxa estipulada. Países como Austrália, Finlândia, México, Chile, África do Sul e Canadá (British Columbia) estão entre os aqueles que adotaram ou estão com data programada para adotar a taxação sobre carbono (Tabela 2.3-1).

[7] A Finlândia, por exemplo, cobra uma taxa de €35 /t CO_2 para combustíveis de aquecimento e €60/t CO_2 para combustíveis líquidos de transporte.

É importante ressaltar que a adoção da taxação sobre o carbono geralmente vem acompanhada de mecanismos para compensar a perda de competitividade internacional. A Dinamarca, por exemplo, pioneira no desenvolvimento de taxação de carbono[8], restituía as empresas que sofriam com perda de competitividade devido à imposição da taxa. No entanto, tal restituição não durou muito tempo, pois em 1993 (um ano após a sua adoção), o governo reduziu as restituições em 50% e a partir de 1996 apenas empresas de alta intensidade energética podiam receber restituições (após acordo voluntário com a Agência de Energia Dinamarquesa). A partir de 2010 as restituições foram sendo substituídas pelos mecanismos do *European Union Emission Trading Scheme* (EU ETS) até que em 2014 foram extintas para os setores pertencentes ao EU ETS[9].

Segundo Robson (2013), a Austrália adota um regime de taxação sobre carbono e possui um sistema diferenciado para que as empresas exportadoras mantenham a competitividade no comércio internacional. Por meio do programa "*Job and Competitiveness*", o governo distribui permissões gratuitas para setores exportadores intensivos em emissões, tais como siderurgia, papel, vidro, cimento e refino de petróleo. A alocação de permissões neste programa segue três passos. Em primeiro lugar, determina-se se a entidade corre riscos associados à exportação e se é intensiva em emissões. Em seguida, adota-se uma alocação de referência para cada firma, considerando os níveis de produção e emissão históricas. Essa alocação de referência é a base sobre a qual são feitos os cálculos para determinar as permissões gratuitas. Por último, determina-se qual a porcentagem da alocação de referência a que cada empresa terá direito sob a forma de permissões gratuitas. Para determinar essa porcentagem observa-se a intensidade de emissão de cada empresa.

Por fim, existem também formas de compensação que têm como objetivo manter a neutralidade da carga tributária sobre a sociedade (*revenue-neutral carbon tax*). Este é o caso, por exemplo, da província canadense de Columbia Britânica, onde a compensação se dá no abatimento de imposto de renda pessoal e corporativo.

[8] A primeira taxa na Dinamarca foi estabelecida em 1992.
[9] Banco Mundial (2014). Para maiores informações sobre o EU ETS ver Seção 2.2.

2.2 *Cap and Trade*[10]

Diferentemente da taxação sobre o carbono, no sistema de *cap-and-trade,* parte-se de uma meta de redução de emissões de gases do efeito estufa para o país ou bloco que é repartida entre os agentes econômicos na forma de um limite de emissões permitido para cada empresa. Empresas que emitam menos que seu limite podem vender suas permissões para outras empresas com maiores necessidades de emissões. Cria-se, então, um mercado para emissões de carbono, garantindo que as metas de reduções sejam cumpridas. É importante notar que, nesse sistema, o preço do carbono não é previamente determinado, apenas as metas (volumes) de emissão são determinadas e os preços se ajustam conforme os mecanismos de mercado. Cria-se um agente regulador, o *Emission Trading Scheme (ETS)*, que distribui as permissões, opera a *clearinghouse* e periodicamente ajusta os limites de emissão dos agentes.

O sistema *ETS* é utilizado pela União Europeia (chamado de *European Union – Emission Trading Scheme* - EU ETS) e por países/regiões, tais como: Suíça, Cazaquistão, Austrália, Nova Zelândia, Japão, Coreia do Sul, Califórnia/EUA, Alberta/Canadá, Quebec/Canadá, e algumas províncias chinesas.

O sistema EU ETS possui duas maneiras de distribuir as permissões de emissão. A primeira são as chamadas permissões gratuitas. Neste formato, o sistema oferece permissões sem custos. Nas duas fases iniciais as permissões foram gratuitas e o volume alocado variou entre 60 – 90% das emissões inventariadas no período anterior. A segunda forma é via um sistema de leilões. Em 2013, mais de 40% das permissões foram adquiridas via leilão e a expectativa é de que ao menos metade das permissões seja alocada via leilões até 2020[11].

Na primeira fase, de 2005 – 2007, as emissões de mais de 11.000 plantas industriais dos principais setores emissores foram inventariadas. Cada país da União Europeia distribuiu parte da meta assumida pelo Protocolo de Quioto por estas plantas. Na segunda fase, de 2007 – 2012, as permissões gratuitas foram distribuídas e as empresas se provisionaram em função das expectativas de produção e das projeções dos preços das permissões. Estas chegaram a atingir um pico de 20 Euros/tCO_2e pouco antes da crise de 2008-2009. O setor elétrico, que na Europa é fortemente baseado na geração termelétrica a carvão mineral e gás natural, foi o principal afetado pelo ETS e logo se descobriu que o principal driver do preço da permissão era

[10] As informações desta seção se baseiam no estudo do Banco Mundial (2014, 2015) e da Comissão Europeia (2015).
[11] De acordo com Comissão Europeia (2015).

a relação entre o preço do carvão (maior emissor) e do gás natural (menor emissor) que determina tanto as projeções de investimento para as próximas usinas quanto o critério de despacho das existentes. A recessão iniciada após 2008 reduziu a demanda industrial e, portanto, seu consumo de eletricidade. Com isto as indústrias se viram com um estoque de permissões acima de suas necessidades o que derrubou os preços e, praticamente, encerrou as transações. Em preparação para a Conferencia de Paris, o EU-ETS definiu novas metas de redução de emissões para 2020 e 2030 e mudou alguns pontos de seu funcionamento. Por exemplo, a partir da terceira fase, o setor elétrico não mais recebe permissões gratuitas, devendo adquirir permissões via leilões. O outro aspecto é como é tratada a questão da perda de competitividade dos produtos no comércio internacional. Para evitar o que se denomina *carbon leakage*, ou seja, a fuga de empresas para países com menos restrições a emissões de CO_2 (especialmente em setores intensivos em energia), a Comissão Europeia, os países membros e o parlamento europeu determinam conjuntamente uma lista de empresas que receberão permissões gratuitas por cinco anos[12]. Assim, esta distribuição gratuita funciona como um subsídio às empresas mais vulneráveis em termos de competitividade no comércio internacional. No sistema europeu[13], as empresas ou setores são considerados vulneráveis ao risco de *carbon leakage* se:

a) A soma dos custos adicionais, diretos e indiretos, decorrentes da aplicação da diretiva levaria a um aumento do custo de produção, calculada como proporção do valor adicionado, de pelo menos 5%; e
b) A intensidade do comércio (importações e exportações) do setor com países fora da UE é acima de 10%.

Como exemplo de uso das permissões gratuitas se destaca o setor industrial manufatureiro, que recebeu, em 2013, 80% de suas permissões pelo sistema de alocações gratuitas (em grande medida graças ao risco de *carbon leakage*), embora a meta para o setor seja de redução do uso de permissões gratuitas para 30% até 2020.

[12] Setores que não estejam na lista ainda podem vir a receber permissões gratuitas.
[13] Comissão Europeia (2015).

2.3 Experiências Internacionais

Na Tabela 2.3-1 estão listadas as principais iniciativas de sistemas de taxação sobre o carbono em vários países e regiões, de forma a reduzir as emissões de gases do efeito estufa (valores de agosto de 2015):

Tabela 2.3-1 - Iniciativas de taxação sobre carbono por região/país[14]

	País/Jurisdição	Tipo	Ano de adoção	Visão Geral/Cobertura	Taxa[15] US$/$tCO_2e$
1	**Alberta (Canadá)**	Subnacional	2007	A província de Alberta adota a Regulação sobre emissores de gases específicos (SGER[16]). As instalações que emitem mais de 0,1 $MtCO_2$ por ano devem reduzir em 12% sua intensidade de emissões (emissão por unidade de produção) quando comparadas com a intensidade média entre 2003-2005.	12,00
2	**Columbia Britânica (Canadá)**	Subnacional	2008	A província da Colúmbia Britânica adota a taxação sobre o carbono na compra ou uso de combustíveis. É neutra em relação à arrecadação. Para isso toda a arrecadação é convertida em isenção de outros impostos e créditos de carbono.	23,00
3	**Dinamarca**	Nacional	1992	Além de integrar a EU ETS, a Dinamarca possui a lei do carbono (CO_2 afgiftsloven) que se aplica sobre óleo, gás, carvão e eletricidade, cobrindo aproximadamente 45% das emissões do país. Alguns setores que envolvidos no EU ETS são isentos desta taxa de carbono, enquanto outros, como combustíveis para aquecimento, estão sujeitos aos dois sistemas. Setores intensivos em energia que não estão no EU ETS recebem isenções, similares às permissões gratuitas do EU ETS.	25,00
4	**Eslovênia**	Nacional	1996	A taxa sobre o carbono da Eslovênia se aplica a emissões de combustíveis fósseis e sobre gases do efeito estufa fluorados.	19,00
5	**Estônia**	Nacional	2000	Desde 2000 a Estônia possui uma taxa sobre o carbono.	2,00
6	**Finlândia**	Nacional	1990	A taxa sobre o carbono da Finlândia é o *Hiilidioksidivero* e foi a primeira taxa criada no mundo. O imposto sobre o carbono abrange todos os consumidores de combustíveis fósseis, com exceção de combustíveis para a produção de eletricidade, aviação comercial e navegação comercial. A taxa sobre combustíveis fósseis para transporte é distinta da taxa sobre combustíveis de aquecimento.	64,00 (transporte) 48,00 (aquecimento)
7	**França**	Nacional	2014	A taxa de carbono é sobre o consumo doméstico de produtos energéticos baseados no conteúdo de CO_2 no consumo de combustíveis não abrangidos pelo EU ETS.	16,00

[14] Estão listadas apenas os países/regiões em que vigora taxação sobre o carbono. Alguns países já têm programadas taxas para um futuro próximo. É o caso de Chile e África do Sul.
[15] Valores de agosto 2015.
[16] *Specified Gas emitters regulation*.

País/Jurisdição		Tipo	Ano de adoção	Visão Geral/Cobertura	Taxa US$/$tCO_2e$
8	**Irlanda**	Nacional	2010	A Irlanda também tem dois regimes, o EU ETS e a taxa sobre carbono. A taxa é limitada para setores fora do EU ETS e aplica-se para diversos combustíveis fósseis. A taxa cobre em torno de 40% das emissões de GEEs.	22,00
9	**Islândia**	Nacional	2010	A Islândia, além do EU ETS, adota uma taxa sobre uso de combustíveis fósseis tanto para os produzidos e processados internamente como para os importados. Empresas incluídas no EU ETS são isentas	8,00
10	**Japão**	Nacional	2012	A taxa sobre o carbono incide sobre o uso de todos os combustíveis fósseis, exceto em algumas transações específicas realizadas pelos setores de agricultura, transporte, indústria e eletricidade. Aproximadamente 70% das emissões são cobertas pela taxa.	<1,00
11	**Letônia**	Nacional	1995	A Letônia adotou sua taxa sobre o carbono em 1995.	4,00
12	**México**	Nacional	2014	A Taxa incide sobre combustíveis fósseis e importações. A taxa é calculada considerando o montante adicional de emissões que seriam geradas se o combustível fosse usado no lugar de gás natural. Gás Natural não é taxado, mas pode vir a ser no futuro.	Entre <1,00 e 3,00
13	**Noruega**	Nacional	1991	Em torno de 55% das emissões de CO_2 são taxadas. As que não são taxadas são incluídas no ETS do país. A taxa se aplica a todo consumo de óleo mineral, gasolina e gás natural.	Entre 3,00 e 52,00
14	**Polônia**[17]	Nacional	1990	A Polônia possui taxação sobre o carbono desde 1990, embora o valor incidente seja menor que 1 US$/$tCO_2e$. A taxa se aplica para aqueles setores industriais que não são contemplados pelo EU ETS.	<1,00
15	**Portugal**	Nacional	2015	A taxa de €5 por tCO_2e é aplicada a setores que não constam no EU ETS. Cobre aproximadamente 26% das emissões de GEE e espera-se gerar receitas em torno de €95 milhões em 2015.	6,00
16	**Reino Unido**	Nacional	2013	O Reino Unido implementou o *Carbon Price Floor* em 2013. Consiste em uma taxa sobre o carbono que incide sobre combustíveis fósseis usados na geração elétrica. A abrangência se aplica a Grã-Bretanha (Irlanda do Norte não inclusa). Ao todo 25% das emissões de GEE são cobertas pela taxa.	28,00
17	**Suécia**	Nacional	1991	A taxa cobre todos os combustíveis usados para aquecimento e uso motriz. Principais setores taxados incluem gás natural, gasolina, carvão, óleo combustível, GLP e óleo de aquecimento. Isenções sobre algumas instalações sob o regime do EU ETS tem aumentado.	130,00
18	**Suíça**	Nacional	2008	A taxa sobre o carbono adotada pela Suíça se aplica a combustíveis fósseis usados para aquecimento, iluminação e geração elétrica. Aproximadamente 30% do total de emissões de GEE são cobertas pela taxa. A Suíça possui também a sua própria ETS. Esse sistema cobre 55 empresas de 25 categorias de atividade. As indústrias de grande intensidade energética são obrigadas a aderir ao sistema, enquanto aquelas de uso mediano podem aderir em caráter voluntário. Entre 2013-2020 os participantes do ETS estarão isentos da taxa sobre o carbono.	62,00 (taxa) e 9,00 (ETS)

Fonte: Banco Mundial (2015) / Elaboração própria

Na Tabela 2.3-2 podem ser verificadas as principais iniciativas de sistemas de *Emission Trading Scheme* em vários países e regiões (valores de agosto 2015):

[17] Égert (2012).

Tabela 2.3-2 – Iniciativas de *Emission Trading Scheme* por região/país[18]

País/Jurisdição		Tipo	Ano de adoção	Visão Geral/Cobertura	Taxa US$/tCO$_2$e
19	**União Europeia**	Supranacional	2005	O EU ETS é o maior sistema de controle de emissões com o maior mercado de carbono do mundo. Ele funciona através de tetos de emissões que definem o montante de permissões de poluição que serão distribuídos. Essas permissões podem ser adquiridas via leilão ou como permissões gratuitas para setores estratégicos. Uma das propostas do EU ETS é reduzir gradativamente as permissões gratuitas. Em 2013 o teto foi de 2,084 milhões de permissões.	9,00
20	**Califórnia (EUA)**	Subnacional	2012	O estado da Califórnia adota um programa *cap-and-trade*. Permissões de emissão são adquiridas através de leilões. Os leilões são controlados conforme as metas de emissão. No caso da Califórnia a agencia responsável é a *Air Resources Board* (ARB).	13,00
21	**Cazaquistão**	Nacional	2013	*ETS* ainda em adaptação. Durante os primeiros três anos, o sistema irá distribuir permissões gratuitas com base em direitos adquiridos em relação às emissões históricas desde 2010.	2,00
22	**Chongqing (China)**	Subnacional	2014	Na China, a Comissão Nacional de Desenvolvimento e Reforma (NDRC) desenvolveu em 2011 um plano para implementar, a partir de 2013, seis de sete programas pilotos de *ETS* nas principais províncias chinesas. Chongqing foi a última província a ser implementada, em 2014. Em 2013, as demais seis províncias somaram permissões no montante de 1,115 MtCO$_2$e.	2,00
23	**Coreia do Sul**	Nacional	2015	A ETS da Coreia começou em Janeiro de 2015 e pretende cumprir três fases até 2025. A meta é cortar 30% (233 MtCO$_2$e) de emissões até 2020, sendo que 80% de tal redução devem estar concentradas nos setores industrial, energético e construção civil. O modelo de alocação da ETS baseia-se na distribuição de permissões gratuitas que devem ser reduzidas a partir de 2018.	9,00
24	**Guangdong (China)**	Subnacional	2013	Por ser uma potência industrial o projeto piloto em Guangdong é o maior dentre as sete províncias chinesas, alcançando um montante de 388 MtCO$_2$e em permissões em 2013. Guangdong foi a primeira a utilizar o formato de leilões em seu sistema. Os participantes são obrigados a comprar um mínimo de 3% da sua alocação total no mercado primário a um preço de reserva de CNY60 (US$ 10) antes de comercializar os 97% restantes de permissões.	2,00
25	**Hubei (China)**	Subnacional	2013	A maior parte das emissões de Hubei, província industrial localizada na área central da China, provém da produção de aço e ferro. A ETS de Hubei cobre doze setores, incluindo farmacêutico, alimentos e bebidas, que outros projetos pilotos não cobrem.	4,00
26	**Nova Zelândia**	Nacional	2008	O ETS adotado pela Nova Zelândia, tal qual o europeu, funciona a partir da distribuição de permissões, que podem ser gratuitas (oferecidas pelo governo para setores chave) ou adquiridas via leilão. A meta é diminuir gradativamente as permissões gratuitas.	5,00
27	**Pequim (China)**	Subnacional	2013	Desde os jogos olímpicos de 2008 houve o início de um processo de desindustrialização, com muitas indústrias se deslocando para as províncias vizinhas como Tianjin e Hebei. Por esse motivo a ETS de Pequim abrange um setor de energia reduzido.	7,00
28	**Quebec (Canadá)**	Subnacional	2013	Quebec adota um sistema *Cap-and-Trade* que foi desenvolvido através do Plano de Ação de Mudanças Climáticas para os anos de 2013-2020. O objetivo do sistema é reduzir emissões e ser uma fonte de recursos para financiar outras partes do plano.	13,00

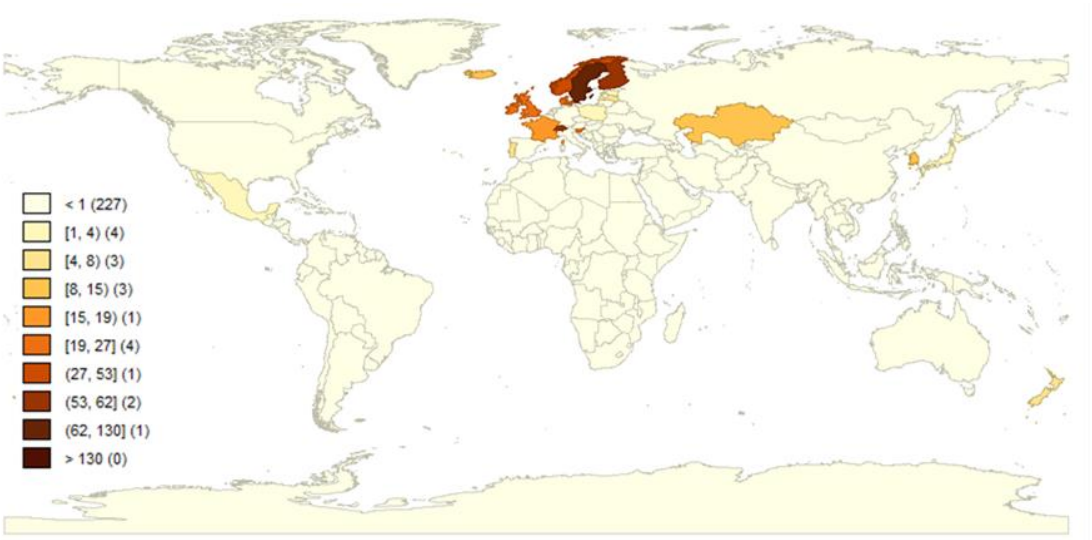
[18] Na tabela apenas países/regiões em que já vigora *Emission Trading Schemes*. Algumas regiões já têm programados sistemas para um futuro próximo. É o caso de alguns estados dos EUA que compõe o chamado *Regional Greenhouse Gas Initiative* (RGGI)- (Connecticut, Delaware, Maine, Maryland, Massachusetts, New Hampshire, New York, Rhode Island e Vermont).

País/Jurisdição		Tipo	Ano de adoção	Visão Geral/Cobertura	Taxa US$/tCO$_2$e
29	**Shanghai (China)**	Subnacional	2013	Por ser o centro financeiro da China, Shanghai tem explorado ferramentas financeiras para aprimorar o seu sistema de ETS. Shanghai também possui indústrias pesadas e leves e diversas multinacionais que tem experiência afora no mercado de carbono e podem colaborar para o avanço do projeto.	4,00
30	**Shenzhen (China)**	Subnacional	2013	Shenzhen foi a primeira província a implementar o ETS piloto. Sua base industrial inclui manufatura leve como semicondutores e autopeças. O mercado de carbono de Shenzhen cobre 635 empresas e é o único projeto piloto em uma zona econômica especial.	5,00
31	**Tianjin (China)**	Subnacional	2013	Tianjin é uma região portuária próxima a Pequim com intensa produção industrial e poluição. Para atingir suas metas de redução, o ETS de Tianjin incide sobre setores chaves como energia e aquecimento, aço e ferro, químicos, petroquímicos, óleo e gás.	5,00
32	**Tóquio (Japão)**	Subnacional	2010	O ETS de Tóquio é uma das diversas iniciativas do Japão para redução das emissões de GEE. Durante a COP 19 sediada em Varsóvia, o Japão anunciou uma meta de redução de 3,8% abaixo do ano fiscal de 2005 até 2020.	36,00

Fonte: Banco Mundial (2015) / Elaboração própria

Na Figura 2.3-1 pode-se observar os países que adotam ETS ou taxação sobre o carbono e respectivas faixas de valores:

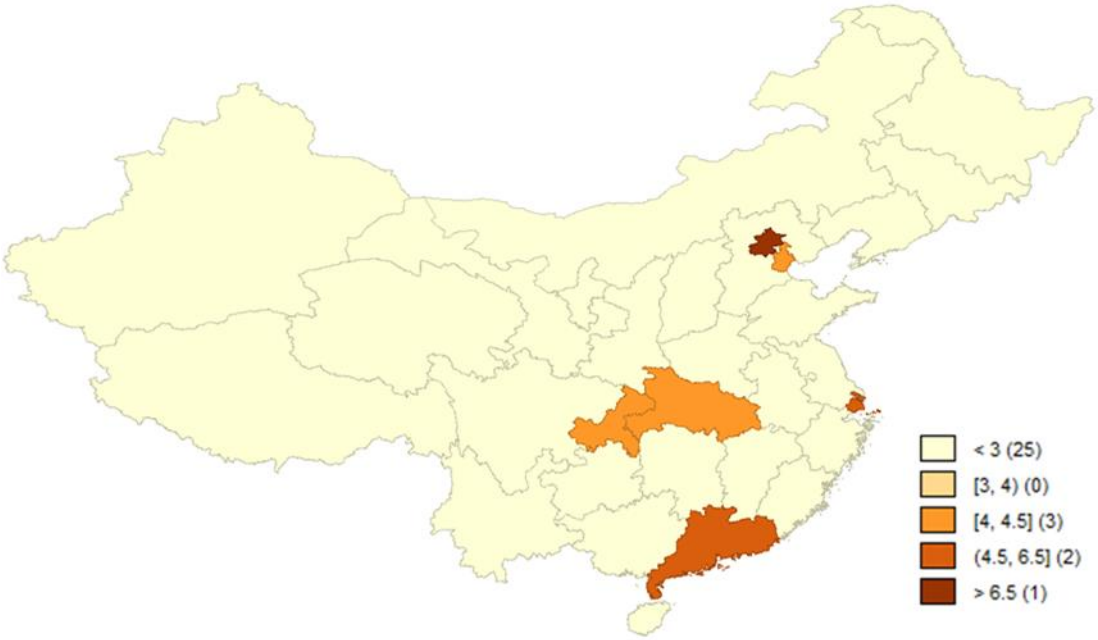
Figura 2.3-1 - Mapa *Emission Trading Schemes* e Taxações sobre Carbono (US$/tCO$_2$e)



Fonte: Banco Mundial (2015)/ Elaboração própria

A Figura 2.3-2, por sua vez, ilustra a adoção de ETS nas províncias chinesas:

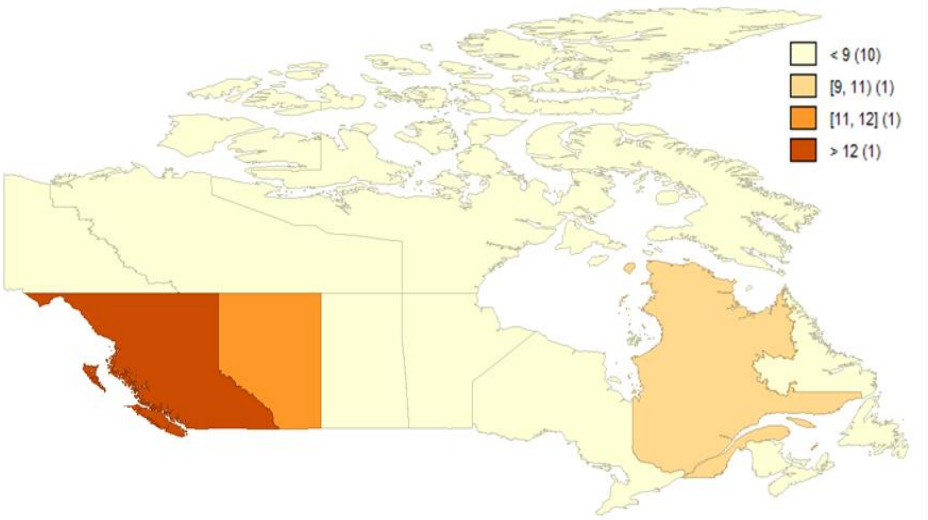
Figura 2.3-2 - Mapa *Emission Trading Schemes* nas províncias chinesas (US$/tCO₂e)



Fonte: Banco Mundial (2015)/ Elaboração própria

Por fim, a Figura 2.3-3 ilustra a distribuição da adoção da taxação sobre o carbono no território canadense:

Figura 2.3-3 - Mapa Regimes nos estados canadenses (US$/tCO₂e)



Fonte: Banco Mundial (2015)/ Elaboração própria

2.4 Breve comparação entre os sistemas de precificação de carbono

Esta seção faz uma breve revisão de aspectos econômicos por trás da implementação de mecanismos de precificação do carbono[19]. De forma geral, compara-se o sistema que determina um preço fixo (taxação sobre carbono) e outro que determina uma quantidade fixa de abatimento de emissões de gases do efeito estufa (ETS). No último, considera-se que o governo tenha informação perfeita sobre o mercado e sobre as emissões.

Para estabelecer qualquer desses mecanismos, o governo deve regular direitos de emissão entre os agentes, para que, a partir disto, eles possam alocar seus recursos entre produzir ou não produzir (ou seja, diminuir emissões). Sem a regulação os agentes não produzirão abatimento na quantidade de carbono emitida. Para tanto, o governo pode estabelecer uma taxa (preço para a emissão de carbono) ou uma quantidade (volume de emissão permitido). O nível ótimo de redução de emissões é atingido quando o estabelecimento da política atinge o mesmo resultado de mercado da incorporação dos custos e benefícios adicionais com as emissões (chamados de custos e benefícios sociais ou ambientais, respectivamente). Neste tipo de modelo, o custo marginal social é todo o custo incremental que se impõe à sociedade, relacionado ao esforço de reduzir emissões. O custo social inclui a perda de produção ao se reduzir emissões, a diminuição do padrão de vida, o custo de desenvolver novas tecnologias, entre outros. O benefício social é o resultado que a diminuição de emissões tem sobre o controle das temperaturas globais e os benefícios para a sociedade associados a isto.

Entretanto, os governos em geral não têm informação perfeita para fixarem taxas ou quantidades permitidas. Assim, deve-se analisar esses mercados como mercados de informação imperfeita. A literatura determina as vantagens da taxação do carbono sobre o ETS com base na sensibilidade dos agentes de mercado, isto é, de como se comportam as curvas de custo marginal e benefício marginal de abatimento. Resumidamente a literatura afirma que:

- A política de taxação sobre carbono é preferível quando a curva de custo marginal é relativamente mais inclinada e a curva de benefício marginal é relativamente menos inclinada;
- A política de *Emission Trading Scheme* é preferível quando a curva de benefício marginal é relativamente mais inclinada e a curva de custo marginal é relativamente menos inclinada.

[19]Robson (2013).

A maior parte da literatura argumenta que a curva de benefício marginal é relativamente menos inclinada. A razão é porque existe uma infinidade de maneiras em que as emissões correntes podem ser reduzidas ao longo do tempo para alcançar uma determinada meta de reduções. Quaisquer benefícios de redução futuros e presentes estão relacionados com o estoque de gases do efeito estufa, enquanto os custos de redução estão relacionados aos fluxos de emissão. Assim, os custos marginais correntes são em geral mais sensíveis à taxa corrente de redução de emissões. Já os benefícios marginais correntes são relativamente menos sensíveis aos níveis correntes de redução[20].

Além disso, um potencial problema do *Emission Trading Scheme* é a existência de custos de transação nos mercados de permissões, como, por exemplo, custos nos acertos e negociações ou mesmo na verificação das permissões e no monitoramento dos abatimentos de emissões. Tais custos podem ser causa de ineficiências de alocação nestes mercados.

Uma das questões mais importantes quando se comparam regimes de taxação sobre carbono e de *ETS* é a redução efetiva das emissões. Usualmente as taxas de carbono são negociadas a nível nacional e, portanto, dependem da política nacional de reduções de emissão. Já os *ETS* costumam envolver mais de um país ou entidades subnacionais, o que exige um nível maior de negociações e acaba estabelecendo acordos no menor denominador comum. Dessa forma, os sistemas ETS possuem um limite superior para a redução de emissões, o que não ocorre nas taxações de carbono.

Outra questão relevante refere-se ao fluxo de receitas geradas para o governo, que podem ser usadas para fomentar projetos ambientais. As taxas sobre carbono, apesar de gerarem fluxos constantes, possuem uma incerteza maior sobre o montante de receitas esperado, pois as empresas se ajustam à taxa e diminuem suas emissões. Já os sistemas ETS, embora sejam mais seguros quanto ao montante de receitas, apresentam incertezas quanto aos preços das permissões, que variam a depender dos leilões realizados e das forças de mercado [21].

Os custos para adotar as duas medidas também são distintos. Entende-se que a criação da taxação sobre carbono é de fácil implementação e pouco custosa. Já a adoção de um sistema *ETS* exige maiores esforços tais como: a configuração de contas para cada participante, a verificação e estimação de alocações de redução de emissões, a negociação imediata de unidades e o fato de que cada participante deve manter seu compromisso no final do período

[20] Robson, 2013.
[21] Wittneben (2009)

de negociação. Na primeira fase do *EU ETS*, por exemplo, muitas empresas reclamaram dos cálculos para determinar suas permissões e ocorreu uma alocação excessiva de permissões em quase todos os países adeptos do *EU ETS*.

Outra questão importante é a duração e compromisso com a continuidade da política que cada sistema proporciona. Uma taxa em geral é implementada para um determinado horizonte de tempo e depende muito do clima político em torno de sua importância. Portanto, o compromisso com a continuidade da taxa pode ser abalado em momentos de grandes mudanças políticas. Isso já não é tanto um problema nos sistemas de ETS, pois dada sua configuração é mais difícil que os participantes abandonem o programa, além de ser mais difícil abandonar projetos em que muitos esforços já foram empreendidos.

Após comparar os sistemas de precificação, é possível concluir que a taxação sobre carbono pode ser mais efetiva, quando se avaliam os custos para sociedade e os benefícios da redução de emissões, especialmente se as nações unirem seus esforços para elaborar uma taxa sobre o carbono internacional.

3 Taxação sobre o Carbono e Competitividade

Uma das críticas mais comuns à adoção da taxação do carbono no Brasil é que esta provocaria uma perda de competividade da produção nacional. Esta perda de competitividade se manifestaria na forma de um aumento do custo da produção doméstica, o qual não apenas prejudicaria as exportações como tornaria o produto nacional mais caro que o produto importado, que não estaria sujeito a este ônus. Esta perda de competitividade não ocorreria caso a taxação do carbono fosse adotada, de forma homogênea, por todos os países. Entretanto não é isso que ocorre atualmente.

Para aprofundar a discussão sobre este tema, no item 3.1, a seguir, é feita uma apresentação mais detalhada de como este problema é tratado na literatura internacional. Já no item 3.2, é feita uma discussão sobre os *Border Carbon Adjustments*, mecanismos que vêm sendo avaliados (mas ainda não foram implementados por nenhum país) para mitigar a perda de competitividade nos mercados domésticos. Por fim, no item 3.3, é feita uma sugestão de como a questão do impacto da tributação do carbono sobre a competitividade poderia ser enfrentada no Brasil.

3.1 Riscos de *Carbon Leakage*

Os impactos da taxação sobre o carbono na competitividade das empresas podem ser os mais diversos possíveis. Idealmente, espera-se um efeito positivo sobre o mercado, pois a taxação induz as empresas a adotar práticas inovadoras, limpas e mais eficientes ou tende a excluir a parcela das empresas ineficientes e relativamente mais poluidoras. Mas esse cenário ideal corre riscos, pois ainda é comum a diferença de taxas e políticas em diferentes jurisdições.

De uma forma geral, as medidas de taxação sobre o carbono são tomadas unilateralmente pelos países. Além disso, há grande variação nas taxas, o que pode gerar efeitos negativos sobre a competitividade, como o *carbon leakage*. Como exposto anteriormente, o *carbon leakage* ocorre quando uma firma poluidora decide mudar de local de produção graças às diferenças de taxas, que podem afetar seus custos de produção e consequentemente sua competitividade. Ao enfrentar novos custos em uma dada região a empresa poderá perder participação de mercado ou ver diminuídas suas margens de lucro, ou mesmo ambos, caso seus concorrentes não enfrentem custos semelhantes em seus locais de produção. Isso gera um incentivo para que empresas migrem.

Quanto mais difundidos e homogêneos forem os mecanismos de precificação de carbono, menores os riscos de conflitos. Vale ressaltar, no entanto, que as decisões das empresas de mudarem de local são complexas, pois levam em consideração os custos de transição e o acesso aos mercados consumidores, aos insumos de produção, à infraestrutura disponível, etc. Por esse motivo, torna-se difícil mensurar os efeitos da taxação sobre o carbono no chamado *carbon leakage*.

Os efeitos, tanto positivos como negativos, das taxas sobre o carbono são analisados no estudo do Banco Mundial (2015). O estudo aponta que nem sempre o aumento dos custos se traduz na perda de competitividade, a depender da eficiência de produção das empresas e da sensibilidade dos consumidores[22]. De acordo com o estudo, os setores mais sensíveis ao *carbon leakage* são aqueles ligados à produção de *commodities*, em que há maior competição via preços (elasticidade preço dos consumidores é, também, maior).

Com relação às evidências empíricas sobre os efeitos positivos das taxas sobre o carbono, o estudo do Banco Mundial também mostra que regulações ambientais estimulam inovações tecnológicas ambientais que, no longo prazo, podem gerar ganhos de produtividade importantes para as empresas.[23] Em estudo recente da OCDE, encontram-se evidências de que boa parte dos ganhos de produtividade da legislação ambiental veio da saída de firmas menos produtivas do mercado[24].

Vale ressaltar que a maior parte dos estudos se concentra nos países desenvolvidos, existindo pouca investigação para os países em desenvolvimento. Em países menos desenvolvidos, é fundamental que haja a integração entre a legislação ambiental e o investimento em tecnologia e fortalecimento institucional para o sucesso de tais instrumentos.

3.2 Border Carbon Adjustments (BCAs)

Uma discussão recente sobre as formas de manter a competitividade dos produtos nacionais no mercado interno refere-se àquelas situações em que determinado país adota a taxação sobre carbono, porém importa bens de países que não adotam mecanismos de precificação de carbono. Os *Border Carbon Adjustments* são mecanismos de ajuste dessa perda de competitividade internacional referente à taxação do carbono. Essas medidas podem ser, por exemplo, a imposição de um imposto de importação ou mesmo requerer dos importadores

[22]Albrizio, Kozluc & Zipperer (2014).
[23]Porter, M. E. (1990), Atkinson (2013).
[24]Albrizio, Kozluc & Zipperer (2014).

certa quantidade de permissões de carbono. Os chamados *Border Carbon Adjustments*, ainda não foram adotados em nenhum país, mas têm recebido bastante atenção nas discussões recentes sobre o tema[25].

Se por um lado os BCAs podem evitar o *carbon leakage* e a perda de competitividade, por outro, podem ser instrumentos de protecionismo. O principal argumento contrário aos BCAs é de que, por se tratar de uma medida unilateral, teria um efeito perverso sobre os acordos universais, que seriam a opção mais eficaz para diminuição global das emissões. Ao contrário, os estudos que defendem os BCAs tomam como base os frustrados acordos universais.

3.3 Medidas Compensatórias Propostas Consideradas no Estudo

Como mencionado anteriormente, se a taxação do carbono não for adotada de forma homogênea por todos os países, sua adoção por um determinado país pode reduzir a competitividade da produção nacional.

Neste contexto, entende-se que a eventual adoção de um modelo de tributação do carbono pelo Brasil deveria vir acompanhada de medidas voltadas a reduzir os impactos negativos desta medida sobre a competitividade da produção nacional.

Para as exportações, a forma mais direta e precisa de fazer esta compensação seria através do ressarcimento aos exportadores de um montante equivalente à *carbon tax* recolhida ao longo da cadeia de produção das mercadorias exportadas.[26] Obviamente a implementação desta medida pressupõe que haja um conhecimento relativamente preciso da cadeia de produção dessas mercadorias.

As estimativas setoriais de impacto sobre o custo das exportações realizadas neste estudo com base na Matriz de Insumo Produto (apresentadas na Seção 5) são uma primeira aproximação da dimensão desta compensação. Uma estimativa mais precisa exige dados com maior granularidade, bem como que se considerem tanto a dinâmica dos mercados no tempo quanto as possibilidades de substituição entre os setores.

Adicionalmente, um mesmo produto pode ser elaborado através de diferentes métodos produtivos, que podem ser mais ou menos intensivo em carbono. Neste contexto, a adoção de um valor de ressarcimento para as exportações uniforme por produto provavelmente não ressarcirá integralmente o custo da tributação do carbono no caso da utilização de métodos

[25] Condon & Ignaciuk (2013).
[26] Outras alternativas, utilizadas por outros países, são apresentadas nas Seção 2.1.

produtivos mais intensivos em carbono. Este é, no entanto, um resultado desejado, na medida em que induz a adoção de métodos produtivos mais eficientes do ponto de vista de seu impacto ambiental.

Além do ressarcimento dos exportadores, a compensação dos efeitos da tributação do carbono sobre a competitividade exige também a tributação equivalente dos produtos importados, através de mecanismos como os *Border Carbon Adjustments* descritos no item 3.2. Neste caso, o valor a ser cobrado dos produtos importados seria o mesmo do ressarcimento aos exportadores, descrito acima.

Para dar tempo para que as empresas se ajustem às mudanças, bem como permitir um ajuste mais preciso dos valores a serem ressarcidos nas exportações e cobrados nas importações, o ideal é que a eventual adoção da tributação do carbono seja implementada de forma gradual, suavizando seus impactos nos momentos iniciais até que os mecanismos de compensação sejam adequadamente calibrados.

A maior dificuldade na adoção de mecanismos de compensação dos efeitos da tributação do carbono sobre a competitividade – tanto nas exportações quanto nas importações – é o risco de que venham a ser entendidos como medidas protecionistas e questionados no âmbito da Organização Mundial do Comércio (OMC). Em princípio, uma demonstração tecnicamente consistente de que os valores que estão sendo ressarcidos nas exportações ou cobrados nas importações correspondem efetivamente ao impacto da tributação do carbono pode ser suficiente para evitar penalizações no âmbito da OMC, mas este é um risco que não pode ser desconsiderado. O ideal seria o estabelecimento de critérios homogêneos e internacionalmente aceitos para o cálculo dos valores a serem utilizados nos *Border Carbon Adjustments*.

4 Contexto tributário no Brasil e oportunidades de ajuste

Segundo a literatura internacional, a instituição de um tributo sobre o carbono deveria vir acompanhada da redução de outros tributos, de preferência tributos distorcivos que prejudicam a poupança doméstica e a alocação eficiente dos fatores de produção.

No caso do Brasil, há um amplo consenso de que a legislação tributária é uma das piores do mundo. Ou seja, há muitas distorções que poderiam ser corrigidas compensando a criação de um novo tributo sobre o carbono[27].

Neste trabalho avaliou-se qual seria o impacto caso a tributação do carbono fosse compensada pela correção dos impactos cumulativos decorrentes do atual modelo de incidência da Contribuição para o Programa de Integração Social (PIS) e da Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (Cofins)[28].

Há várias razões que justificam a opção pela correção dos problemas do PIS/Cofins – e não de outros tributos – no âmbito deste trabalho. O primeiro destes motivos é que o atual modelo de incidência de PIS/Cofins prejudica de forma significativa a competitividade da produção nacional e a organização eficiente da estrutura produtiva do país, conforme explicado adiante.

O segundo motivo é que as disputas entre o fisco federal e as empresas a respeito do PIS/Cofins respondem por grande parte do contencioso tributário federal. O terceiro motivo é que mudanças em tributos de competência dos Estados e Municípios – a exemplo do ICMS, que também possui muitas distorções – envolvem questões federativas, que vão muito além do escopo deste trabalho.

Por fim, um dos motivos para a escolha feita é que o governo federal anunciou que tem a intenção de apresentar um projeto de reforma do PIS/Cofins no qual a perda de receita decorrente da correção das distorções desses tributos seria compensada por uma elevação de alíquotas. Se for para preservar a arrecadação, por que não considerar que esta perda de receita seja compensada pela introdução de um tributo sobre o carbono, ao invés da elevação de alíquotas?

[27] Ver, por exemplo, Appy (2015).
[28] Embora o PIS e a Cofins sejam dois tributos distintos, sua legislação é essencialmente a mesma (havendo apenas diferença de alíquotas), o que permite tratar estes dois tributos como se fossem um único tributo.

4.1 Problemas do PIS/Cofins

O atual modelo de incidência do PIS/Cofins provoca uma série de distorções que afetam a organização eficiente da estrutura produtiva e a competitividade da produção brasileira.

Parte destas distorções decorre da sobreposição de dois regimes de tributação no âmbito do PIS/Cofins: o regime cumulativo e o não-cumulativo. Embora o regime básico seja o não-cumulativo, alguns setores (como telecomunicações) são tributados pelo regime cumulativo. Adicionalmente, todas as empresas do regime de Lucro Presumido, independentemente do setor, também são tributadas pelo regime cumulativo[29].

No regime cumulativo, o valor do PIS/Cofins devido pelas empresas é apurado pela aplicação da alíquota de 3,65% (3% relativos à Cofins e 0,65% ao PIS) sobre o faturamento das empresas. Já no regime não cumulativo, a base de cálculo do PIS/Cofins é a diferença entre o faturamento e o valor dos insumos utilizados na produção e das mercadorias adquiridas para revenda pelas empresas. Neste caso, a alíquota é de 9,25%, sendo 7,6% relativos à Cofins e 1,65% relativos ao PIS.

Para entender como este modelo de incidência gera distorções, vale tomar como referência o modelo de tributação do consumo adotado pela maioria dos demais países que é o do imposto sobre o valor agregado (IVA). O IVA é um imposto não cumulativo que incide apenas sobre o consumo, embora seja cobrado ao longo de toda a cadeia de produção e comercialização.

As tabelas abaixo mostram, de maneira bastante esquemática, o funcionamento de um IVA, no qual o crédito recuperado em cada etapa corresponde à totalidade do imposto pago na etapa anterior. Por conta desta característica, a incidência do tributo na venda ao consumidor final corresponde exatamente ao que foi recolhido ao longo de todas as etapas da cadeia produtiva (Tabela 4.1-1).

[29] O regime de Lucro Presumido é um modelo de tributação do imposto de renda das pessoas jurídicas (IRPJ) que é opcional para todas as empresas com receita anual inferior a R$ 72 milhões. Além destes regimes também há o SIMPLES (aplicável a empresas com receita bruta anual inferior a R$ 3,6 milhões).

Tabela 4.1-1 – Incidência do IVA no consumo

	Valor da venda (A)	Alíquota (B)	Débito (C= A*B)	Crédito (D)	Imposto devido (C-D)
Etapa 1	200	10%	20		20
Etapa 2	300	10%	30	20	10
Venda ao consumidor	400	10%	40	30	10
Tributação total					**40**

Nas exportações não há incidência do IVA. Como o crédito relativo ao imposto pago nas etapas anteriores é recuperado pelo exportador, isto significa que todo o imposto pago ao longo da cadeia de produção é recuperado, não onerando as vendas externas (Tabela 4.1-2).

Tabela 4.1-2 – Incidência do IVA na Exportação

	Valor da venda (A)	Alíquota (B)	Débito (C= A*B)	Crédito (D)	Imposto devido (C-D)
Etapa 1	200	10%	20		20
Etapa 2	300	10%	30	20	10
Exportação	400	0%	0	30	-30
Tributação total					**0**

Para que um IVA funcione adequadamente, ele precisa apresentar cinco características: a) o imposto pago nas etapas anteriores da cadeia de produção e comercialização precisa ser integralmente recuperado na forma de crédito; b) é preciso haver um sistema eficiente e rápido de ressarcimento de créditos acumulados (a exemplo da operação de exportação da Tabela 4.1-2, na qual o exportador tem direito a receber um ressarcimento de R$ 30)[30]; c) as exportações são totalmente desoneradas; as importações são oneradas na exata proporção da produção nacional; d) os investimentos são totalmente desonerados (usualmente através da manutenção do crédito integral relativo ao imposto recolhido sobre os bens de capital). Um IVA com estas características é um tributo que incide apenas sobre o consumo, ainda que seja recolhido ao longo da cadeia de produção e comercialização[31].

No caso do PIS/Cofins, a sobreposição dos regimes cumulativo e não-cumulativo gera uma série de incidências cumulativas ao longo da cadeia produtiva, que impedem a desoneração completa das exportações. Isto ocorre porque as empresas do regime cumulativo não se

[30] Na maioria dos países europeus, o prazo para o ressarcimento dos créditos acumulados do IVA é de 60 dias.
[31] Esta colocação fica fácil de entender quando se considera que toda a produção e importação de um país tem apenas três destinações possíveis: o consumo, a exportação e o aumento da capacidade produtiva (investimento). Se as exportações e o investimento são totalmente desonerados, então o imposto recai apenas sobre o consumo.

apropriam do crédito relativo ao tributo pago nas etapas anteriores. Adicionalmente, a Receita Federal tem uma interpretação muito restritiva do conceito de insumo, pelo qual não se permite a apropriação de créditos sobre os bens e serviços adquiridos pela empresa que não são incorporados ao produto final.[32] Essas divergências de interpretação sobre o conceito de insumo para fins de apuração do PIS/Cofins dão origem a um enorme contencioso entre as empresas e a Receita Federal (ainda não pacificado), gerando custos para ambas as partes e uma situação de grande insegurança jurídica para as empresas.

As tabelas a seguir mostram como as incidências cumulativas de PIS/Cofins afetam a competitividade das exportações. Na Tabela 4.1-3 apresenta-se o efeito da incidência de um tributo semelhante ao PIS/Cofins cumulativo.[33] Como se vê, mesmo que a operação de exportação seja desonerada, a incidência nas etapas anteriores acaba onerando as vendas externas do país.

Tabela 4.1-3 – Impacto da Cumulatividade

	Valor da venda (A)	Alíquota (B)	Imposto devido (A*B)
Etapa 1	200	3%	6
Etapa 2	300	3%	9
Exportação	400	0%	0
Tributação total			**15**

Já na Tabela 4.1-4 apresenta-se o efeito da restrição à apropriação de parte dos créditos pelas empresas no regime não cumulativo do PIS/Cofins.[34] No exemplo apresentado, supõe-se que as empresas apropriam como crédito apenas 80% do débito da operação anterior (o resto correspondendo a créditos cuja apropriação é vedada pela Receita Federal). Neste contexto, mesmo que a operação final de exportação seja desonerada, parte do imposto pago ao longo da cadeia não é recuperado, onerando as vendas externas.

[32] A título de exemplo, a Receita Federal não permite que se considere como insumos (e, portanto, gerem crédito de PIS/Cofins) as despesas da empresa com telecomunicações, bem como as despesas com publicidade ou com consultoria e treinamento de pessoal. Da mesma forma equipamentos que não são incorporados ao produto final (como a vestimenta profissional dos operários) também não geram crédito de PIS/Cofins.

[33] Para facilitar a leitura da tabela, o exemplo foi feito com uma alíquota de 3% e não de 3,65% que é a alíquota do PIS/Cofins cumulativo.

[34] Novamente, para facilitar a leitura da tabela, o exemplo foi feito supondo uma alíquota de 10% e não de 9,25%, que é a alíquota do PIS/Cofins não cumulativo.

Tabela 4.1-4 – Impacto do ressarcimento parcial de créditos

	Valor da venda (A)	Alíquota (B)	Débito (C= A*B)	Crédito (D)	Imposto devido (C-D)
Etapa 1	200	10%	20		20
Etapa 2	300	10%	30	16	14
Exportação	400	0%	0	24	-24
Tributação total					**10**

As mesmas distorções que prejudicam a competitividade das exportações acabam prejudicando também a competitividade da produção nacional na competição com produtos importados. Isto ocorre porque a incidência cumulativa na cadeia de produção (ou seja, o imposto que é cobrado, mas não é recuperado na forma de crédito), onera a produção nacional, mas não onera os produtos importados.

Outro problema da incidência cumulativa é que ela torna menos custosa a produção verticalizada (ou seja, aquela em que uma mesma empresa realiza várias etapas do processo produtivo) que a distribuição da produção por várias empresas especializadas.[35] A consequência é uma organização ineficiente da estrutura econômica, que reduz a produtividade da produção nacional.

Uma distorção adicional do PIS/Cofins é o regime de incidência não-cumulativa com base no sistema subtrativo.[36] Por conta deste sistema, o crédito gerado é sempre de 9,25% do valor do insumo, mesmo quando o insumo é adquirido de uma empresa do regime cumulativo, tributada a 3,65%. Esse regime de incidência cria um estímulo para que as empresas se fragmentem artificialmente, alocando parte do processo produtivo em empresas do lucro presumido que recolhem o tributo à alíquota de 3,65% e geram crédito de 9,25%, num processo de planejamento tributário que torna ainda mais irracional a organização da produção no país. Os impactos dessa distorção só não são maiores porque, como mencionado anteriormente, a Receita Federal não aceita créditos para uma ampla gama de insumos[37].

[35] A título de exemplo, por conta da vedação à apropriação de crédito uma empresa do regime não-cumulativo pode optar por internalizar as ações de publicidade para evitar a incidência de PIS/Cofins não compensável caso os serviços de publicidade sejam realizados por uma terceira empresa (ainda que esta seja mais eficiente).

[36] No sistema subtrativo (também conhecido como "base contra base"), o imposto devido é calculado pela aplicação da alíquota sobre a diferença entre o faturamento e o valor dos insumos. Outra forma de não cumulatividade, adotada por praticamente todos os países do mundo que têm um IVA, é o sistema de "imposto contra imposto" em que o crédito em cada etapa corresponde ao imposto pago na etapa anterior.

[37] Esta situação dá uma ideia da absoluta esquizofrenia do regime tributário brasileiro, na medida em que uma distorção no modelo do PIS/Cofins evita que os efeitos de outra distorção sejam maiores.

Por fim, outra característica do PIS/Cofins é a existência de uma multiplicidade de regimes especiais, que estabelecem regras especiais para um grande número de setores e produtos. Esta grande quantidade de exceções torna a legislação do PIS/Cofins extremamente complexa, e gera uma série de distorções na alocação que reduzem a produtividade da economia brasileira[38].

Na maioria dos IVAs modernos, ao contrário, há apenas uma alíquota e poucos regimes especiais. A vantagem desta característica é que os preços relativos não são distorcidos pela incidência do imposto, o que favorece uma alocação mais eficiente de recursos, bem como evita o conflito entre o fisco e os contribuintes a respeito da classificação dos bens e serviços entre diversas alíquotas.

4.2 Reforma do PIS/Cofins (modelo IVA)

A reforma do PIS/Cofins considerada neste estudo é uma em que o modelo de incidência destes tributos é modificado de forma a aproximá-lo ao de um imposto sobre o valor agregado (IVA) estruturado com base nas boas práticas internacionais. Para facilitar a exposição, no restante do trabalho denominamos o tributo que resulta da mudança de IVA, em contraposição ao PIS/Cofins que corresponde à situação existente antes da mudança[39].

As principais características do IVA seriam[40]:

a) base ampla de incidência, alcançando todos os bens e serviços;
b) regime não cumulativo para todos os setores e para empresas de todos os portes;
c) alíquota única para todos os bens e serviços;
d) regime de crédito financeiro, pelo qual todo o tributo pago nas etapas anteriores de produção é recuperado;
e) ressarcimento rápido de todos os créditos acumulados nos casos em que os créditos são maiores que os débitos (caso das empresas exportadoras);

[38] Para se ter uma ideia da complexidade da legislação relativa ao PIS/Cofins, a compilação dessa legislação disponibilizada no site da Receita Federal tem 1826 páginas.
[39] Como o PIS e a Cofins são contribuições sociais e não impostos, a rigor sua substituição seria por uma contribuição social sobre o valor agregado e não por um imposto (IVA). Como o objetivo deste trabalho é o de estimar o impacto quantitativo desta mudança e não discutir a forma como ela poderia ser implementada, optou-se por manter a referência ao IVA, que é uma nomenclatura conhecida na literatura sobre tributação.
[40] O trabalho não leva em consideração a viabilidade política das mudanças, mas apenas considera quais seriam as mudanças necessárias para tornar o regime de incidência do PIS/Cofins compatível com as recomendações da literatura sobre tributação para a estruturação de um IVA.

f) eliminação de todos os regimes especiais e alíquotas diferenciadas atualmente existentes no PIS/Cofins[41].

Com base nessas características foram construídos cenários para a análise, conforme explicado na Seção 5. É importante notar que tais cenários captam apenas os efeitos estáticos da substituição do PIS/Cofins pelo IVA. Para além destes efeitos, há também uma série de outros benefícios que resultam da eliminação das distorções do modelo de incidência de PIS/Cofins. Estes benefícios dinâmicos levam alguns anos para se concretizarem e resultam, principalmente, do aumento da produtividade resultante de uma organização mais eficiente da economia e da redução de custos e da insegurança jurídica com a simplificação da legislação do PIS/Cofins e do contencioso tributário.

[41] A única exceção foi a manutenção de não incidência na venda de produtos agropecuários que, na prática, já existe hoje (porque a maioria dos produtores rurais do Brasil são pessoas físicas que não estão sujeitas à incidência de PIS/Cofins).

5 Taxa sobre o Carbono na Análise Insumo-Produto

Esta seção tem por objetivo resumir os métodos, premissas e bases de dados que nortearam as análises de impacto subsequentes. A apresentação da metodologia detalhada pode ser visualizada nos Apêndices de A – E. Para o melhor entendimento, dividiu-se a descrição dos métodos entre as seguintes etapas:

Etapa I – Breve descrição da Matriz de Insumo-Produto (Apêndice A – Seção A.1);

Etapa II – Construção da Matriz Híbrida de CO_2 (Apêndice A – Seção A.3);

Etapa III – Estimação do Coeficiente de Emissão de CO_2 por produto/setor (Apêndice B);

Etapa IV – Estimação das Distorções de PIS/COFINS no Consumo Intermediário dos setores;

Etapa V – Estimação de IVA sobre consumo;

Etapa VI – Estimação das Elasticidades-preço da demanda (Apêndice C);

Etapa VII – Geração dos Choques de demanda.

5.1 Etapa I – Matriz de Insumo-Produto (MIP)

A MIP identifica a atividade de um determinado setor que produz bens e/ou serviços (produto) e consome bens e/ou serviços de outro setor (insumo), durante o processo de fabricação de seus próprios bens. Uma vez que o funcionamento da economia equaciona demanda e oferta de bens e serviços, o modelo de insumo-produto possibilita descrever tal equilíbrio levando em conta não apenas o consumo final dos bens e serviços, mas também a produção que é utilizada como insumo nos setores intermediários da cadeia de produção. Isto é, a análise insumo produto leva em conta como cada setor individual interage direta e/ou indiretamente com todos os demais setores da economia[42].

O uso da MIP é relevante para a nossa análise pelos seguintes motivos:

i) Permite que identifiquemos as relações entre os setores, de modo a estimar os débitos e créditos tributários de PIS/COFINS entre os setores;

[42] Um dos conceitos mais importantes para mostrar as relações de insumo-produto entre os fatores é a matriz de coeficientes técnicos diretos (matriz A). Os componentes da matriz A são os coeficientes técnicos, que mensuram quanto um setor usou de bens dos demais setores da economia para produzir 1 unidade monetária de seu produto final.

ii) Permite que identifiquemos como os setores alteram suas relações comerciais uma vez que é imposta a taxação sobre o carbono emitido em setores fornecedores de combustíveis fósseis.

Em outras palavras, com base nas relações de insumo-produto entre os setores, possuímos as informações necessárias para analisar como os eventos acima elencados vão se traduzir no sistema econômico em questão. Esse método permite não apenas a mensuração dos impactos de variações na demanda final sobre a produção total dos setores, mas também em termos de geração de emprego, impostos, salários, PIB, impactos ambientais, entre outros (ver Apêndice A).

A Matriz Insumo-Produto utilizada será a nacional de 2010-2011, ano base 2011[43], desenvolvida conforme a metodologia descrita por Guilhoto e Sesso Filho (2005, 2010). Essa matriz é baseada no sistema de Contas Nacionais de 2011, disponibilizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), utilizando 68 setores e 128 produtos[44].

5.2 Etapa II – Construção da Matriz Híbrida de CO_2

Para calcularmos o impacto de uma taxação sobre o carbono no sistema econômico brasileiro, foi necessária a construção da Matriz Híbrida, que considera dentro da matriz toda a energia consumida no processo produtivo de uma indústria para fabricar seus insumos. Para tal, elaborou-se a matriz de fluxos de energia em unidades físicas (matriz E) para aqueles setores que vendem combustíveis fósseis na economia brasileira e substitui-se essa informação dentro da MIP. Foram utilizados dados do Balanço Energético Nacional (BEN) sobre a utilização de recursos energéticos por fonte, em toneladas equivalentes de petróleo (tep), para 20 setores da economia (o Apêndice E.2 descreve, em detalhes, como foi feita essa conversão).

Com base nesta metodologia, foi possível construir a matriz de requerimentos diretos de energia, a qual fornece a quantidade de energia, em unidades físicas, necessária para produzir uma unidade monetária de produto nos setores não energéticos[45].

Por fim, para analisar as emissões de CO_2 dentro da matriz, é preciso converter a energia produzida por cada fonte de energia em tep pela sua respectiva emissão de CO_2. Assumindo-

[43] Esta é a versão mais atual disponível.
[44] Mais detalhes sobre a base de dados no Apêndice E.
[45] Veja mais detalhes no Apêndice A.3.

se que as emissões de CO_2 por uso de energia estejam linearmente relacionadas com os requerimentos de energia, é possível obter tanto as emissões diretas de carbono, como também as emissões indiretas e totais por setor da economia. Assim, nas análises realizadas nesse estudo, foram consideradas não só as emissões diretas dos setores, mas também os efeitos de suas interações com todos os demais[46].

A conversão da quantidade de energia utilizada em tep para quantidades de emissão de CO_2 foi feita utilizando-se os fatores de conversão de unidades de energia em quantidade de emissões de gases do efeito estufa. Estes coeficientes levam em consideração as características do processo químico de combustão do gás a ser convertido e da tecnologia envolvida. No âmbito deste trabalho foram utilizados os fatores de emissão do Terceiro Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases do Efeito Estufa, BRASIL (2014), que seguem as diretrizes do *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* do IPCC (1997) com adaptações para a realidade brasileira.

5.3 Etapa III – Estimação do Coeficiente de Emissão de CO_2 por setor/produto

Uma vez criada a matriz híbrida de CO_2 da economia, substituindo as unidades monetárias dos setores dessas matrizes pelos respectivos valores em toneladas de CO_2, procedeu-se para a mesma análise por unidade de produto (cuja transformação está detalhada no Apêndice B). Assim, cada coeficiente da matriz hibrida por produto pode ser interpretado como a quantidade que o produto i usou de CO_2 para produzir R$ 1 milhão do produto j (a valores de 2011, ano-base de referência da MIP). Para encontrarmos os Coeficientes de Emissão de CO_2 de cada produto *j*, basta somarmos os coeficientes dessa matriz que medem a emissão de CO_2 para todos os insumos utilizados na produção de *j.* Entretanto, os coeficientes encontrados consideram apenas os efeitos do consumo intermediário entre os setores. Para encontrarmos os coeficientes da demanda final, basta multiplicá-los pela matriz inversa de Leontief. Esses coeficientes servirão para identificarmos quanto de CO_2 foi gerado no final da cadeia produtiva na produção total de cada produto da economia brasileira. Isto é, esse coeficiente é importante para identificar o choque que a taxação sobre o carbono de combustíveis fósseis gera nos produtos finais, após considerarmos todas as interdependências econômicas entre os setores.

[46] Veja exemplo da análise de um choque de demanda utilizando esta metodologia no Apêndice A.4.

5.4 Etapa IV – Estimação das Distorções de PIS/COFINS

Para estimar a variação da arrecadação decorrente da correção da distorção dos impostos PIS e Cofins, foram geradas matrizes de alíquotas de débito e crédito por setores da MIP. As alíquotas de débito são aquelas que incidem sobre o vendedor e as alíquotas de crédito são o valor do crédito apropriado pelo comprador (apenas quando este está no regime não cumulativo).

As principais premissas foram assumidas:

1) O setor agrícola e os serviços públicos são isentos de PIS/Cofins e, portanto, não geram créditos para a frente;
2) O setor industrial, bem como os SIUP, a construção e o comércio estão no regime não cumulativo, com débito de 9,25%, mas se apropriam de créditos apenas nas compras de insumos do próprio setor industrial;
3) O setor de serviços é composto apenas por empresas do lucro presumido, que estão no regime cumulativo, com débito de 3,65%, mas não se apropriam nem geram créditos[47].
4) Foram adotadas alíquotas de débito e crédito específicas para os setores de Alimentos e Bebidas e para o setor Químico, em razão de parte importante dos alimentos estar sujeito a alíquota zero e de benefícios existentes para o setor Químico.

Ao comparar as matrizes de débito e crédito, foi possível construir a matriz de incidência líquida, que é a diferença entre débito e crédito para cada célula da matriz. A partir da matriz de incidência líquida e do consumo intermediário dos setores (pois é sobre esse consumo que o crédito de PIS/Cofins é gerado), estima-se a incidência cumulativa de PIS/Cofins, ou seja, a incidência em que há débito, mas não há um crédito correspondente por contas das deficiências da legislação do PIS/Cofins[48].

[47] Com exceção para o serviço de transporte de passageiros.
[48] Para maiores detalhes ver Apêndice D.

5.5 Etapa V – Estimação do IVA

Para estimar a incidência do IVA foram feitas duas hipóteses. A primeira hipótese é a de que não há qualquer incidência cumulativa na cadeia produtiva, ou seja, a todo débito corresponde um crédito correspondente. A segunda hipótese é a de que a alíquota do IVA seria uniforme para todos os bens e serviços.[49]

Na calibragem da alíquota do IVA, adotou-se a hipótese de que a nova alíquota seria tal que a arrecadação do IVA corresponderia à incidência atual do PIS/Cofins nas vendas aos consumidores finais. Ou seja, a receita do IVA seria inferior à do PIS/Cofins, pois a arrecadação atual do PIS/Cofins corresponde à incidência na venda aos consumidores finais acrescida da incidência cumulativa ao longo da cadeia produtiva que não é compensada na forma de créditos tributários.

A diferença entre estes dois valores corresponde à incidência cumulativa de PIS/Cofins ao longo da cadeia produtiva que seria eliminada com a mudança. Este valor corresponde também ao montante que precisaria ser arrecadado através da tributação do carbono para manter a carga tributária estável.

Com base nessas premissas foram construídos os cenários considerados na análise. Como mencionado, é importante notar que tais cenários captam apenas os efeitos estáticos da substituição do PIS/Cofins pelo IVA[50].

5.6 Etapa VI – Estimação das Elasticidades-preço da demanda

Com base no trabalho desenvolvido nas Etapas III e IV foi possível estimar o quanto de carbono chega ao final da cadeia produtiva por produto final da economia e o total de créditos tributários de PIS/COFINS que deveriam ser gerados por produto final da economia brasileira, respectivamente. Para interpretar essas alterações, faz-se necessário entender como o consumidor final vai responder a esses choques, considerando que esses são transmitidos para os preços. Sendo assim, foi necessária a estimação das elasticidades preço da demanda de todos os produtos considerados nos modelos de insumo-produto, as quais são obtidas nos termos da fórmula a seguir.

[49] As únicas exceções são os serviços públicos e o setor agropecuário, para os quais supôs-se que não haveria incidência, ou, mais precisamente, que seriam tributados à alíquota zero, mantendo direito aos créditos.
[50] Maiores detalhes ver Apêndice D.

$$\varepsilon_p^s = \frac{\partial q^s}{\partial p_f^s}\frac{p_f^s}{q^s}$$

Em que ε_p^s denota a elasticidade-preço própria da demanda do produto s, q^s representa a quantidade demandada do produto s e p_f^s é o preço final do produto s, conforme observado pelos indivíduos. Foram utilizados os dados da Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) do IBGE para os anos de 2008 e 2009. Todos os produtos da POF foram compatibilizados com os produtos da MIP e as elasticidades-preço foram calculadas por modelos nível-log (estimado por Tobit para considerar o problema de censura nos dados) e por modelos log-log (quando as poucas observações da pesquisa inviabilizaram a análise por Tobit). O Apêndice C detalha todos os passos realizados.

5.7 Etapa VII – Geração de choques de demanda na MIP

5.7.1 Taxação sobre Carbono

Para calcular o choque de demanda gerado pela taxação sobre o carbono, considerou-se que tal tributo será transmitido ao longo da cadeia para o preço final de tal forma que se para se produzir \$100 de arroz, o setor agrícola gera 0,5 tonelada de CO_2 (Emissão Total de CO_2 por Produto - ETP)[51]. Dessa forma, a taxação criada em $(t+1)$ terá um impacto de $\$\tau.0{,}5$ sobre o faturamento de arroz, líquido de exportações (supondo que $\$\tau$ seja o valor da taxa sobre a tonelada de CO_2). Para verificar o impacto no preço do arroz ($p_{f,t+1}^{Arroz}$), tem-se:

$$\frac{\Delta p_{f,t+1}^{Arroz}}{\mathrm{p}_{\mathrm{f,t}}^{Arroz}} = \frac{\left(p_{f,t+1}^{Arroz} - p_{f,t}^{Arroz}\right)q_t^{Arroz}}{p_{f,t}^{Arroz}q_t^{Arroz}} = \frac{\$\tau.ETP}{p_{f,t}^{Arroz}q_t^{Arroz}}$$

A equação acima gera um choque no preço final de cada produto da MIP ($\forall$ produto s), a partir da implementação de uma taxação sobre carbono. Para verificar a resposta dos consumidores a esse choque, podemos usar a elasticidade-preço calculada na Etapa VI, supondo que a variação de preço seja marginal:

$$\frac{\Delta q_{t+1}^s}{\mathrm{q}_{\mathrm{t}}^s} = \frac{\Delta p_{f,t+1}^s}{\mathrm{p}_{\mathrm{f,t}}^s}\widehat{\varepsilon_p^s}$$

[51] A emissão total foi calculada pela multiplicação do coeficiente de emissão de CO_2 do produto pela produção total líquida de exportações do mesmo.

Esse será o choque de demanda final gerado pela taxação sobre o carbono emitido pelos combustíveis fósseis. A seção A.4 no Apêndice mostra como foram analisados os choques de demanda na MIP.

5.7.2 Substituição do PIS/Cofins por um IVA

Para calcular o choque de demanda gerado pela substituição do PIS/Cofins por um IVA (com redução da arrecadação correspondente à eliminação da incidência cumulativa de PIS/Cofins) considerou-se que a mudança na tributação é transmitida ao longo da cadeia para o preço final. Por exemplo, suponha-se que na produção de $1 milhão de aço há a incidência cumulativa (débitos sem créditos correspondentes) de T_1 de PIS/Cofins. Por outro lado, a adoção de uma alíquota única para o IVA implica em uma redução ou aumento da arrecadação de PIS/Cofins na venda de aço no valor de T_2 para cada $ 1 milhão.

O efeito total sobre o valor do aço vendido será de $T = T_1 + T_2, onde T_1 é sempre negativo (pois a redução da incidência cumulativa de PIS/Cofins beneficia todos os setores) e T_2 pode ser positivo ou negativo, dependendo do setor.

Considerando esses parâmetros, a substituição do PIS/Cofins por um IVA em $(t+1)$ terá um impacto de $\$\Delta T$ sobre o faturamento com aço, líquido de exportações, onde $\$\Delta T$ é igual a $T multiplicado pelo valor das vendas de aço (líquidas de exportações).[52] Para verificar o impacto no preço do aço ($p_{f,t+1}^{Aço}$), tem-se:

$$\frac{\Delta\, p_{f,t+1}^{Aço}}{\mathrm{p}_{\mathrm{f,t}}^{Aço}} = \frac{\left(p_{f,t+1}^{Aço} - p_{f,t}^{Aço}\right) q_t^{Aço}}{p_{f,t}^{Aço}\, q_t^{Aço}} = \frac{\$\Delta T}{p_{f,t}^{Aço}\, q_t^{Aço}}$$

A equação acima gera um choque no preço final de cada produto da MIP ($\forall$ produto s), a partir da mudança no PIS/Cofins. Para verificar a resposta dos consumidores a esse choque, podemos usar a elasticidade-preço calculada na Etapa VI, supondo que a variação de preço seja marginal:

$$\frac{\Delta\, q_{t+1}^{s}}{\mathrm{q}_{\mathrm{t}}^{s}} = \$\Delta T . \widehat{\varepsilon_p^s}$$

[52] Vale notar que, no caso das exportações, como não há incidência de PIS/Cofins na operação final, o efeito é sempre positivo (pois a eliminação da incidência cumulativa beneficia a todos os setores) e correspondente a T_1.

Esse será o choque de demanda final gerado pela correção das distorções de PIS/Confins sobre o consumo intermediário e demanda final (excluindo as exportações). A seção A.4 no Apêndice mostra como serão analisados os choques de demanda na MIP.

6 Impactos sobre a Economia Brasileira

Esta seção analisa os impactos na economia brasileira das seguintes medidas: a) adoção de uma taxa sobre carbono de US$10,00 (R$ 31,15 a valores de 2011) e US$50 (R$155,77 a valores de 2011); e, b) adoção da taxação sobre o carbono associada à substituição do PIS/Cofins por um IVA. Nesta seção apresentam-se também possíveis medidas compensatórias sobre as exportações.

A primeira subseção apresenta os resultados do Cenário 1 da imposição de uma taxa de emissão de CO_2 sobre os produtos intensivos em carbono, considerando apenas a emissão a partir da queima de combustíveis fósseis e a estrutura produtiva da MIP de 2011. Essa subseção também apresenta o valor compensatório da taxa sobre carbono sobre as exportações (desoneração) e a arrecadação tributária sobre as importações (oneração) de forma a reestabelecer a competitividade da produção nacional. A subseção 6.2 analisa os resultados do Cenário 2, que considera uma taxa de carbono de forma a compensar a perda na arrecadação resultante da substituição do PIS/Cofins por um IVA.

6.1 Cenário 1: Taxação de carbono com base em práticas internacionais

Esta seção descreve os impactos de curto prazo da taxação de carbono na economia brasileira, usando o arcabouço teórico desenvolvido nas seções anteriores. Em resumo, os impactos da taxação de carbono equivalem aos impactos usuais advindos da colocação de um tributo sobre a economia. Há redução do PIB, salários, nível de emprego, e arrecadação dos demais impostos já existentes. Nesse caso, entretanto, há outros efeitos que balanceiam esses efeitos negativos: o aumento da arrecadação e a redução na geração de CO_2 na economia. Neste cenário foram verificados impactos para dois valores distintos de tarifas de carbono, US$ 10 e US$ 50[53]. A taxa de US$ 10 foi escolhida pois, de acordo com o relatório do Banco Mundial (2015), 85% dos países que adotam esse tipo de tributação, adotam valores próximos ou abaixo de 10,00, além do fato de que o sistema europeu EU ETS adota 10,00 (maior sistema de controle de emissões do mundo). Já a taxa de US$ 50 foi adotada com o intuito de se realizar uma análise de sensibilidade e devido ao fato de recente estudo da COPPE/UFRJ[54] indicar que

[53] Foi utilizado câmbio de 4 R$/US$ (aproximação em 22/out/2015) e corrigido a valores de dez/2011 pelo IPCA, isso equivale a R$ 31,15 e R$ 155,77, respectivamente.
[54] Schaeffer et al. (2015).

para que o Brasil cumpra as metas propostas no INDC seriam necessárias 3 medidas: a) cumprir o Plano ABC (Agricultura de Baixo Carbono); b) zerar o desmatamento líquido em todo o país; c) adotar uma taxa de carbono no valor de US$ 50.

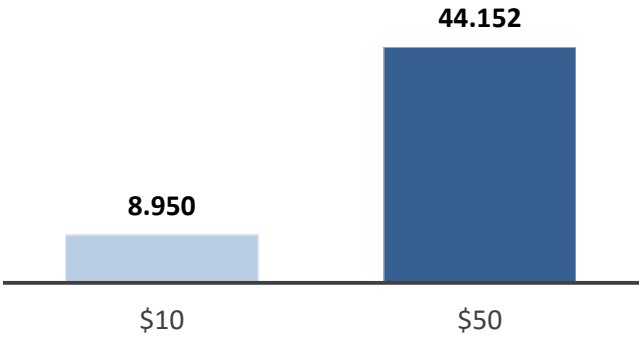
Os principais resultados do Cenário 1 podem ser observados na Tabela 6.1-1.

Tabela 6.1-1 – Efeito total da taxação de carbono sobre PIB, impostos, salários e número de empregos

	Ano Base (2011)	Carbon US$ 10	Carbon US$ 50
PIB (R$ bi)	**3.719**	*-0,19%*	*-0,94%*
Arrecadação com tributos indiretos sobre bens e serviços (R$ bi)	**566**	*1,57%*	*7,76%*
Salários (R$ bi)	**1.454**	*-0,16%*	*-0,79%*
Empregos (mil)	**99.560**	*-0,21%*	*-1,03%*
		Carbon US$ 10	**Carbon US$ 50**
Arrecadação com carbono (R$ bi)		**10,4**	**51,3**
Arrecadação com outros impostos (R$ bi)		**-1,5**	**-7,4**
Total		**8,9**	**44,1**

É importante ressaltar que os efeitos aqui analisados são de curto prazo e também não captam a substituição de insumos tributados por insumos não tributados (ou tributados em menor intensidade). Considerando a tarifa de carbono de US$ 10, nota-se que a magnitude dos efeitos de curto prazo sobre o PIB, salários e emprego é pequena, apresentando queda de 0,19%, 0,16% e 0,21%, respectivamente, enquanto o efeito líquido sobre o aumento da arrecadação[55] é de 1,57%. Para a tarifa de US$ 50, todos os efeitos são maiores, como era de se esperar, variando de queda de 0,94%, 0,79% e 1,03% para PIB, salários e emprego e aumento líquido de 7,76% para a arrecadação total.

Figura 6.1-1 – Aumento da arrecadação líquida sobre bens e serviços (em 2011 milhões R$ e %) para tarifas de carbono de US$ 10 e US$ 50

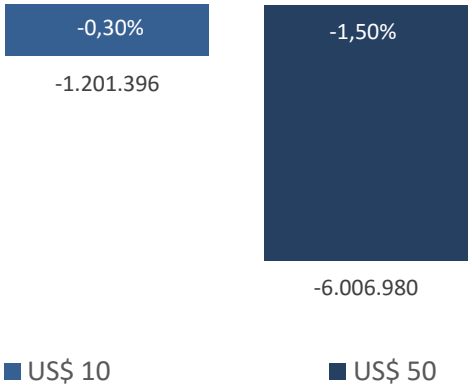


[55] Considera somente tributos indiretos.

A Figura 6.1-1 mostra que, conforme aumenta a tarifa de carbono, aumenta a arrecadação. Para uma tarifa de US$ 10, estima-se um aumento de arrecadação líquida da ordem de R$ 8,9 bilhões[56], o que representaria um incremento de 1,6% na arrecadação. Esse aumento é resultado da arrecadação de R$ 10,4 bilhões referente à tributação do carbono (para os setores intensivos em emissão de carbono) e da redução de arrecadação de R$ 1,5 bilhão de outros impostos. Para uma tarifa de US$ 50, o aumento de arrecadação líquida é de R$ 44,1 bilhões, resultado da arrecadação adicional de R$ 51,3 bilhões referente à tributação do carbono e da redução de arrecadação de R$ 7,4 bilhões de outros impostos (Tabela 6.1.1).

A seguir, analisam-se as reduções nas emissões de CO_2, conforme Figura 6.1-2.

Figura 6.1-2 – Redução das emissões de (CO_2) na economia (em tCO_2 e %) para as tarifas de carbono de US$ 10 e US$ 50

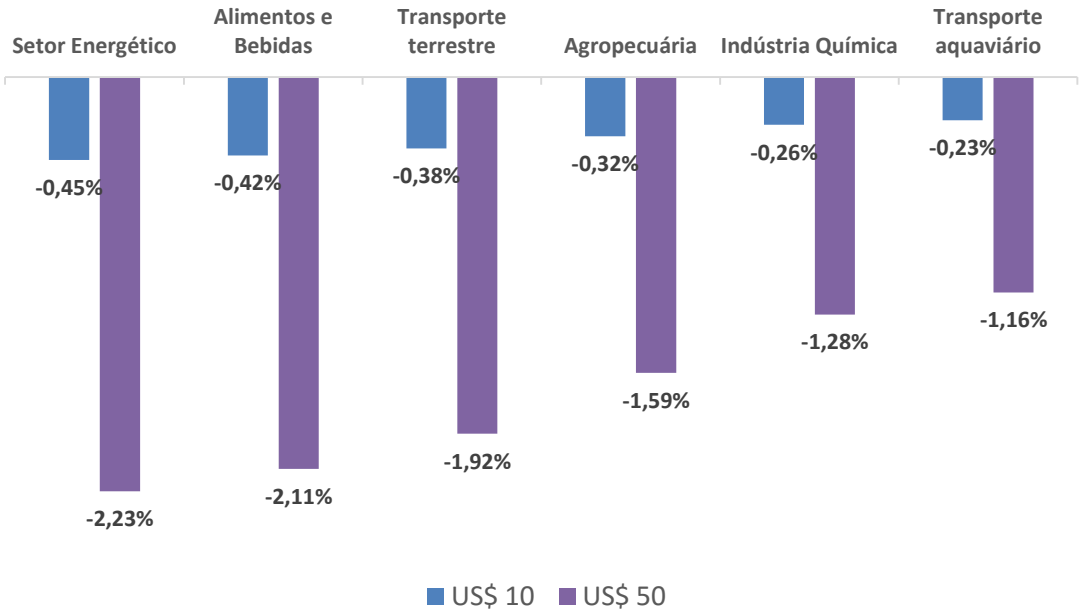


Observa-se que a redução de 0,3% nas emissões corresponde a uma diminuição de 1,2 milhões de toneladas de carbono[57], que deixam de ser lançadas na atmosfera. Considerando a maior tarifa de carbono, essa diminuição pode chegar a 6,0 milhões de toneladas, equivalente a uma redução total de 1,5% sobre as emissões de 2011.

A Figura 6.1-3 mostra a redução das emissões por setor, considerando ambas as tarifas.

[56] Conforme detalhado na metodologia, a MIP utilizada é de 2011. Então todos os valores monetários reportados estão em R$ daquele ano.
[57] Deve-se atentar para o fato da matriz analisada ser de 2011. Logo, esses valores correspondem ao carbono emitido em uma economia com a estrutura daquele ano.

Figura 6.1-3 – Redução das emissões de (CO_2) por setor (%) para as tarifas de carbono de US$ 10 e US$ 50



O setor energético se destacou na redução das emissões de CO_2 (-0,45% para US$ 10 e -2,23% para US$ 50), sendo seguido por alimentos e bebidas (-0,42% e -2,11%) e transporte terrestre (-0,38% e -1,92%).

Conforme mencionado, a imposição de um imposto sobre carbono tem efeitos de diminuição no produto, salários, emprego e impostos. Uma maior tarifa de carbono reduz a atividade econômica dos setores intensivos em emissões. Com a redução da atividade, a produção daquele setor diminui, impactando o nível de emprego e salários. As Figuras 6.1-4 e 6.5-5 separam esses efeitos por setor, mostrando quais os cinco que sofreram maiores impactos.

Figura 6.1-2 – Redução do PIB total e por setor (R$ milhões 2011 e %) para as tarifas de carbono de US$ 10 e US$ 50

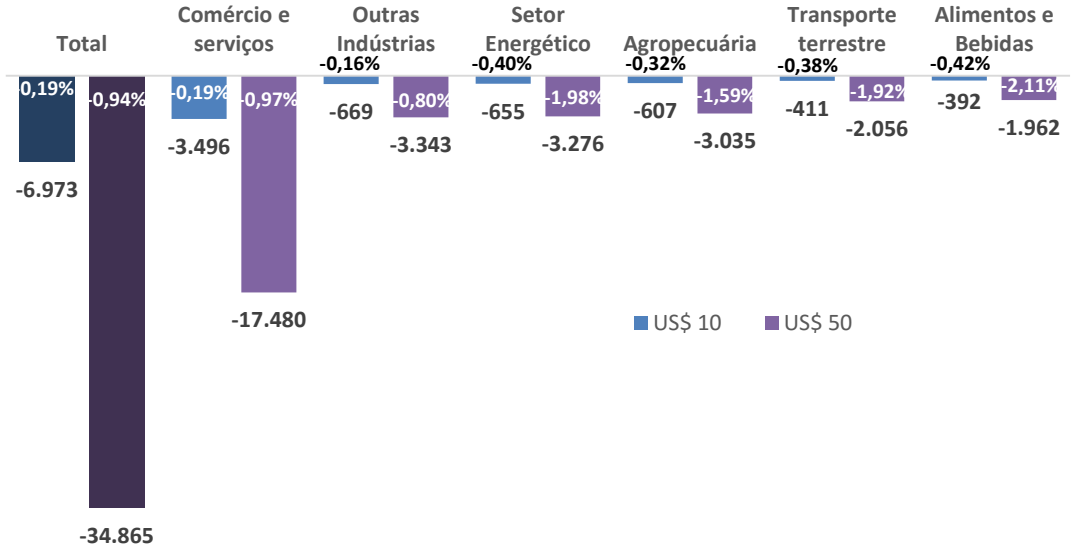
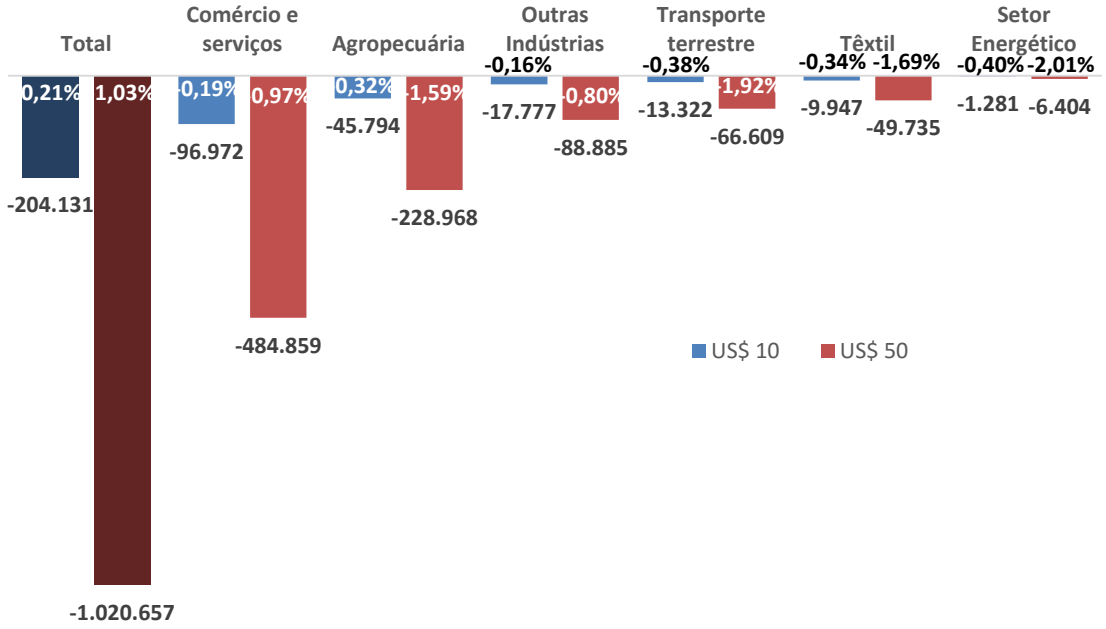


Figura 6.1-3 – Redução do emprego total e por setor (em mil unidades e %) para tarifas de carbono de US$ 10 e US$ 50



Como é possível observar, o setor mais afetado pela introdução da tarifa de carbono é o de comércio e serviços (por conta de sua expressão na matriz). Este, chega a ter seu produto reduzido em 0,97% (17,5 R$ bilhões 2011) e perder 484.859 postos de trabalho. Com relação aos efeitos totais sobre a economia, há uma previsão de perda de 0,94% do PIB (34,8 bilhões)

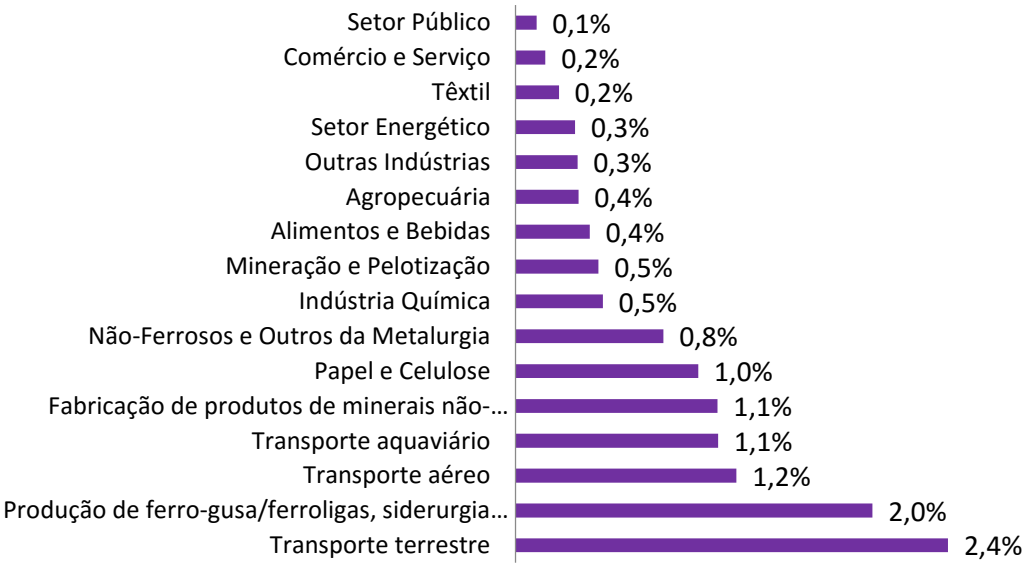
e 1.020.657 postos de trabalho[58]. Esses resultados consideram a taxa de US$50 por tonelada de CO_2.

Conforme mencionado na Seção 3, uma das principais críticas à adoção de uma taxa de carbono são os efeitos adversos sobre a competitividade do país. Em suma, as empresas sobre as quais recai o imposto podem ter seus custos aumentados e suas margens de lucro diminuídas, prejudicando seu desempenho. Sendo assim, é necessário identificar quais seriam possíveis medidas de ajuste para compensar a perda na competitividade.

Um dos ajustes que podem ser feitos é o ressarcimento do valor da taxação de carbono sobre os produtos exportados. Outro ajuste seria na oneração das importações.

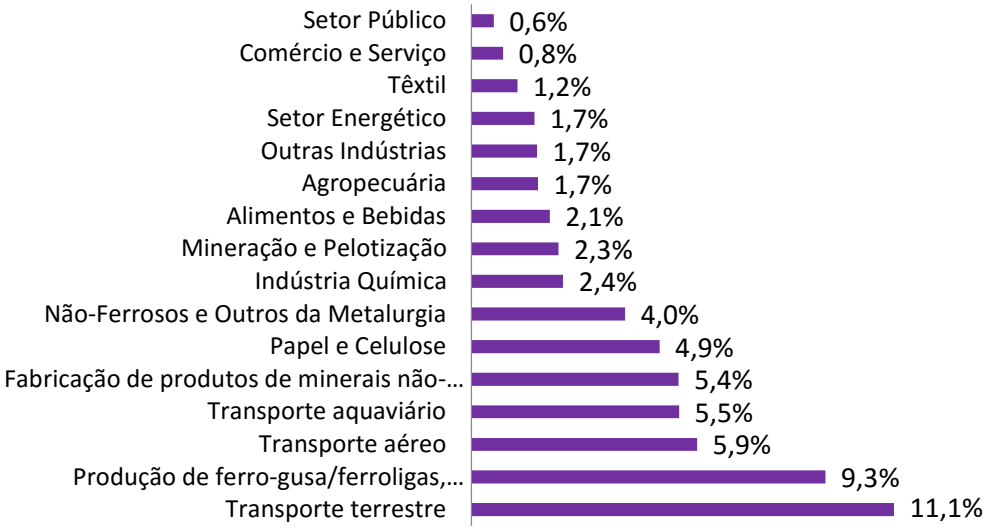
A seguir, apresentam-se quais devem ser o percentual de ressarcimento por setor, em termos do valor exportado. As Figuras 6.1-6 e 6.1-7 indicam esses cálculos, respectivamente, para tarifas de carbono de R$ 31,15 (US$ 10) e R$155,77 (US$ 50).

Figura 6.1-6 – Ressarcimento para exportações (em % do valor exportado por setor) para manter a competitividade considerando tarifa de carbono de US$ 10



[58] Essa diminuição no número de postos de trabalho é baixa (cerca de 2,3%) quando comparada aos 44,1 milhões de empregos formais que o Brasil possuía em 2011.

Figura 6.1-7 – Ressarcimento para exportações (em % do valor exportado por setor) para manter a competitividade considerando tarifa de carbono de US$ 50



É necessário ressaltar que tais cálculos são preliminares e têm pouca granularidade e precisariam ser aprimorados na hipótese de uma eventual adoção da taxação do carbono.

Por fim, no caso das importações, também é necessário fazer com que os produtos internacionais sejam onerados tais como os produtos domésticos. Vale ressaltar que no caso das importações, os percentuais a serem onerados por setor seriam os mesmos da desoneração das exportações.

6.2 Cenário 2: Taxação de Carbono e substituição do PIS/Cofins por um IVA

Conforme explicado na Seção 5, a eliminação da incidência cumulativa de PIS/Cofins decorrente da substituição deste tributo por um IVA resultaria numa redução da arrecadação, estimada em R$ 37,4 bilhões. Vale notar que esta redução resulta da hipótese adotada de que a alíquota do IVA seria calibrada de forma a recompor apenas a receita correspondente à incidência sobre as vendas finais aos consumidores e não a receita decorrente da incidência cumulativa de PIS/Cofins ao longo da cadeia produtiva (cujo valor corresponde exatamente a estes R$ 37,4 bilhões).[59] Adicionalmente, supôs-se que, com a substituição do PIS/Cofins por um IVA, as diferentes alíquotas incidentes na venda para os consumidores finais (não

[59] Valores a preços de 2011.

consideradas as exportações, que não são tributadas) seriam substituídas pela incidência de uma alíquota única de IVA, estimada em 6,63%.[60]

Neste segundo cenário supôs-se que a taxação do carbono geraria uma receita equivalente à perda de arrecadação resultante da mudança no PIS/Cofins (de R$ 37,4 bilhões). Para alcançar este resultado, a taxa de carbono deveria ser fixada no valor de R$ 111,14 (US$ 35,68) por tonelada de CO_2. Tanto neste cenário, como no Cenário 1 considerou-se que as exportações não são oneradas pela tributação sobre o carbono e considerou-se a arrecadação decorrente da tributação compensatória das importações.

No Cenário 2, os efeitos sobre produção, emprego, salários e PIB são positivos, pois o impacto da substituição do PIS/Cofins por um IVA mais do que compensam a retração na atividade gerada pela introdução da tarifa de carbono. A Tabela 6.2-1 resume os efeitos totais.

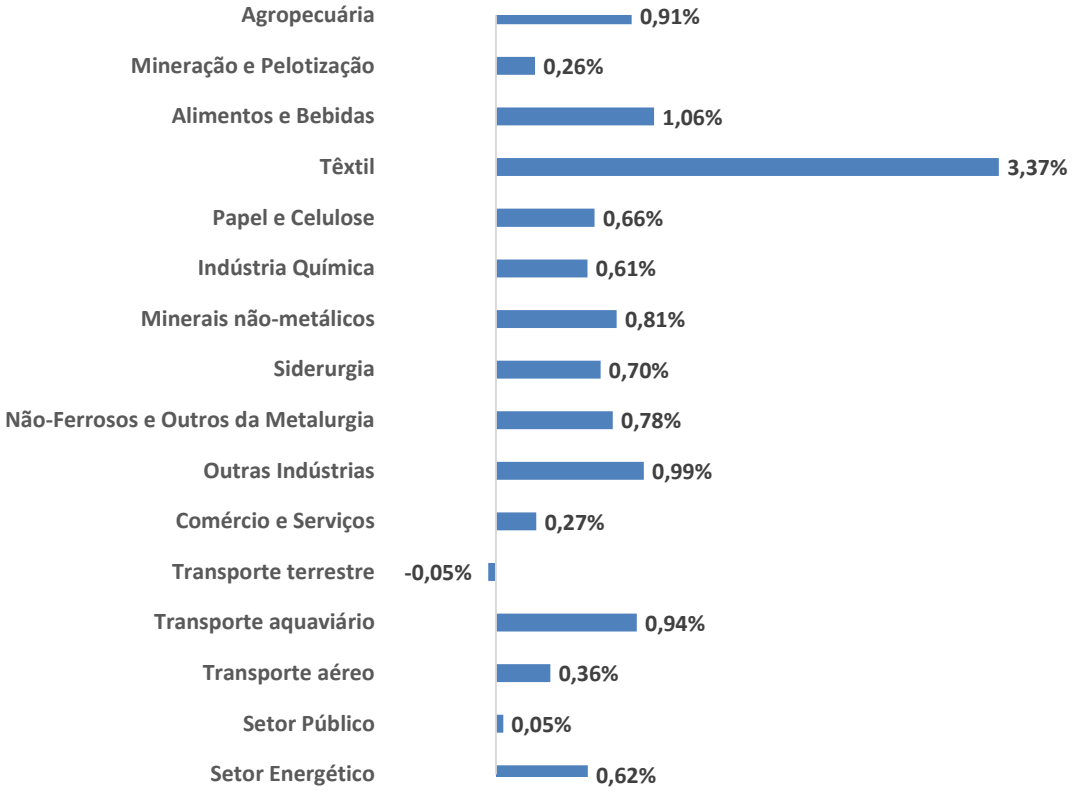
Tabela 6.2-1 – Efeitos totais na economia após a mudança no PIS/Cofins e inclusão da tarifa de carbono

	Ano Base (2011)	Efeito Total	Efeito em %
PIB (R$ bi)	**3.719**	17,37	0,47%
Salários (R$ bi)	**1.454**	5,97	0,41%
Empregos (mil)	**99.560**	533	0,53%
Impostos		**Efeito Total**	
Arrecadação com carbono (R$ bi)		**37,4**	
Arrecadação com outros impostos indiretos (R$ bi)		**5,2**	
Arrecadação com simplificação PIS/Cofins + IVA (R$ bi)		**-37,4**	
Total (R$ bi)		**5,2**	

O efeito da política combinada sobre o PIB é de um aumento R$17,4 bilhões (a valores de 2011), ou seja, um crescimento de 0,47%. A arrecadação líquida aumenta 0,92%, ou R$ 5,2 bilhões, o que corresponde ao efeito da maior atividade econômica sobre a receita. Já o incremento no número de empregos da economia é de 532.579 postos de trabalho. A Figura 6.2-1 detalha esses efeitos sobre a produção por setor.

[60] Como mencionado, as exceções são a agropecuária e os serviços públicos, para os quais considerou-se que não haveria incidência na venda para os consumidores finais.

Figura 6.2-1 – Variação (%) no produto por setores após a mudança no PIS/Cofins e inclusão da tarifa de carbono



O setor mais beneficiado é o têxtil, cuja produção cresceria 3,37%, seguido pelos setores de alimentos e bebidas e agropecuário (1,06% e 0,91%, respectivamente). A Figura 6.2-2 apresenta os impactos sobre emissão de CO_2, na forma de redução das emissões.

Nota-se que a inclusão da tarifa de carbono levou os setores de transporte terrestre e energético a deixarem de emitir cerca de 3,0 milhões de toneladas de carbono para a atmosfera. No total, a redução é da ordem de 4,2 milhões de toneladas do gás (ou 1,05% do total).

Por fim, a Figura 6.2-3 apresenta a variação de empregos nos setores. Do total de 532.579 empregos gerados, mais de 470 mil concentram-se nos setores de comércio e serviços, têxtil, agropecuária e outras indústrias.

Figura 6.2-2 – Toneladas de CO_2 que deixariam de ser emitidas com a adoção da tarifa de carbono

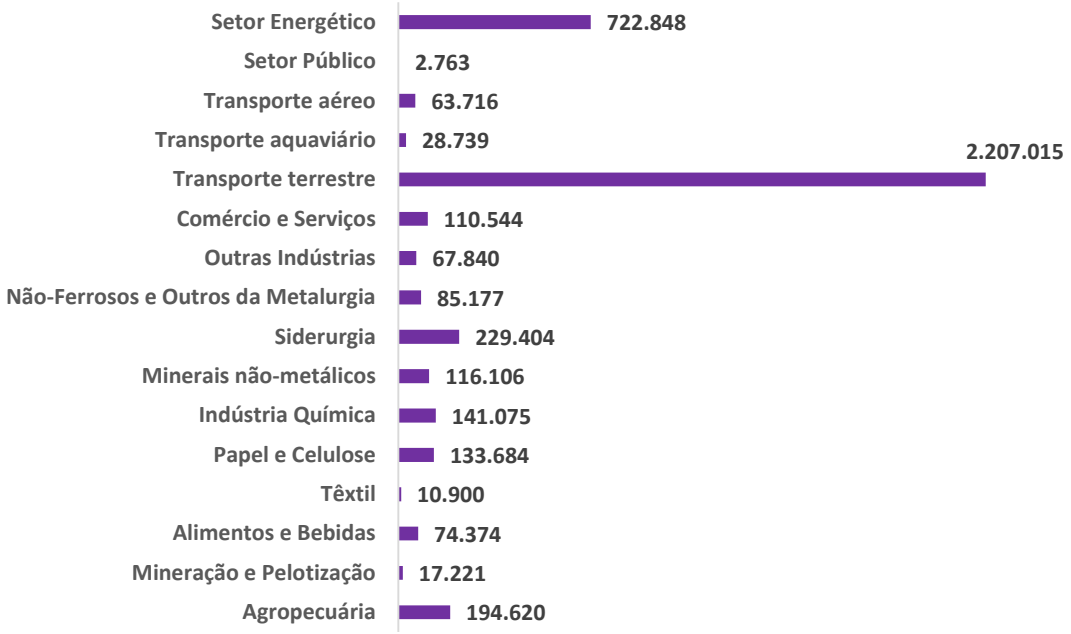
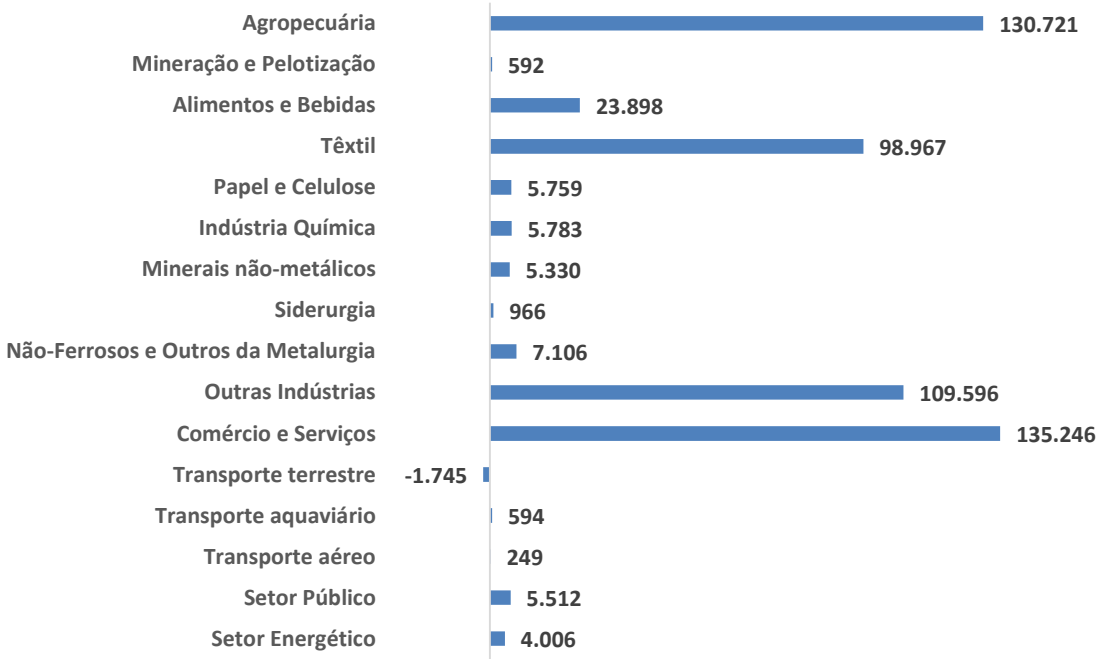
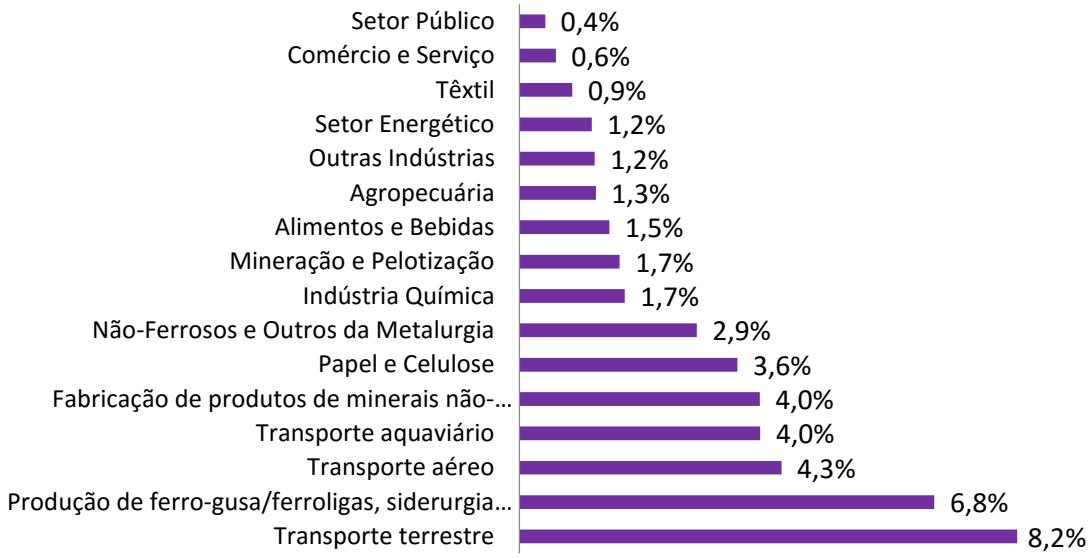


Figura 6.2-3 – Variação nos empregos (postos de trabalho ao longo de 1 ano) por setores após a mudança no PIS/Cofins e inclusão da tarifa de carbono



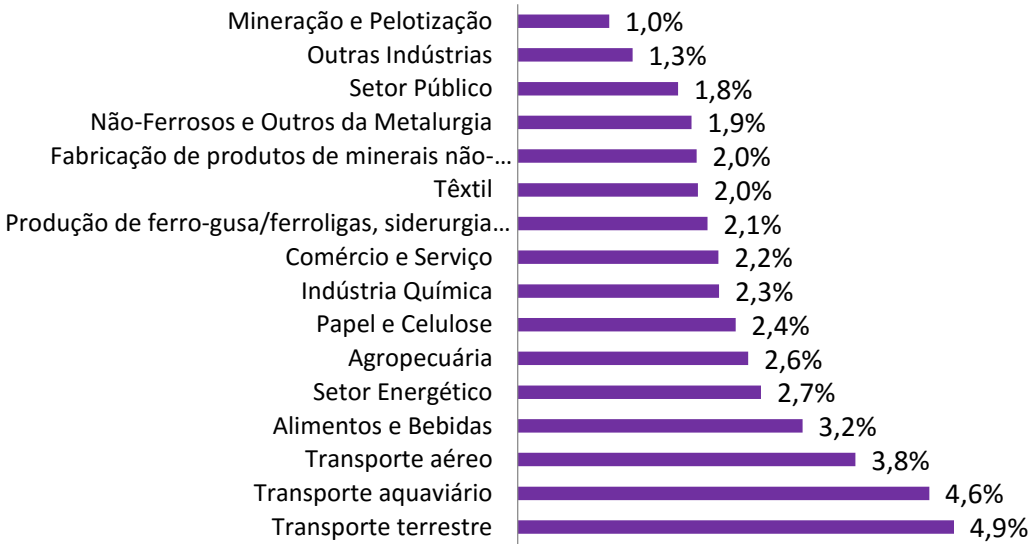
Em relação às possíveis medidas compensatórias para a competitividade, a seguir, apresentam-se quais devem ser os percentuais de ressarcimento por setor, em termos do valor exportado para o Cenário 2. Para manter a competitividade da produção nacional em relação às importações, seria necessário também adotar uma tributação compensatória das importações, da mesma dimensão.

Figura 6.2-4 – Ressarcimento para exportações (em % do valor exportado por setor) para manter a competitividade considerando tarifa de carbono de R$ 111,14



Além disso, pode-se estimar ainda, o valor referente à eliminação da incidência cumulativa de PIS/Cofins sobre as exportações. Tais cálculos são apresentados na Figura 6.2-5. Este é o ganho efetivo de competitividade que resultaria da situação considerada no Cenário 2, no qual considerou-se que o impacto negativo da tributação do carbono seria integralmente compensado, permanecendo apenas o ganho de competitividade decorrente da eliminação da cumulatividade do PIS/Cofins.

Figura 6.2-5 – Eliminação de incidência cumulativa de PIS/Cofins para exportações (em % do valor exportado por setor)



Mais uma vez vale ressaltar que os cálculos são preliminares e devem ser refinados e calculados com maior granularidade caso as mudanças consideradas neste cenário venham a ser efetivamente implementadas.

7 Considerações Finais

No momento em que o Brasil discute como procederá para alcançar as metas de redução de gases de efeito estufa assumidas pelo governo brasileiro na iNDC 2015, é importante que se avalie quais seriam os custos e benefícios das várias alternativas existentes para o atingimento deste objetivo.

Neste contexto, este estudo teve como objetivo analisar os efeitos que a introdução de um tributo sobre o carbono teria sobre a economia brasileira. Para tanto foram considerados dois cenários. No primeiro cenário considerou-se a introdução da taxação do carbono sem qualquer medida voltada a compensar o aumento de arrecadação resultante da introdução do novo tributo. No segundo cenário considerou-se que a tributação das emissões seria introduzida simultaneamente a mudanças na legislação do PIS/Cofins, mantendo a carga tributária neutra.

Como indicam os cálculos realizados no primeiro cenário, os efeitos de curto prazo da introdução de uma tarifa sobre o carbono de US$ 10/tonCO_2 seriam a redução de 0,19% do PIB, a eliminação de 99.560 empregos, o aumento de arrecadação líquida de tributos sobre bens e serviços do governo da ordem de 1,57% e uma redução nas emissões de CO_2 relacionadas aos combustíveis fósseis da ordem de 0,3% (Seção 6.1). Quando se considera uma tarifa 5 vezes maior, o efeito sobre o PIB chega a 0,94%, mas o potencial de redução das emissões em um ano chega a 1,5% (considerando a tarifa de US$50/ton$CO_2$). Esses resultados demonstram que a imposição da taxação sobre carbono geraria efeitos adversos sobre a economia no curto prazo.

Esses efeitos de curto prazo refletem os impactos negativos decorrentes da redução na demanda final dos produtos gerada pela transmissão do imposto para o preço final, mas não captam todos os benefícios ambientais resultantes da taxação do carbono[61]. O efeito mais relevante da taxação do carbono sobre as emissões é, provavelmente, o efeito de longo prazo, não estimado neste estudo. No longo prazo, a mudança de preços relativos decorrente da taxação das emissões tende a alterar padrões de consumo (através, p. ex. da substituição da gasolina pelo álcool como combustível), a induzir as empresas a adotar práticas inovadoras, limpas e mais eficientes (inclusive na geração de energia) e a excluir do mercado a parcela das empresas ineficientes e relativamente mais poluidoras.

[61] Devido às limitações da MIP, não foi possível verificar efeitos de longo prazo e as dinâmicas de substituição entre os setores.

No entanto, é importante que a implementação de uma tarifa sobre o carbono esteja associada a outras políticas que compensem os possíveis efeitos adversos sobre a atividade econômica e sobre a competitividade, como, por exemplo, políticas de incentivo à inovação tecnológica e investimentos em infraestrutura, que podem, inclusive, promover eficiência energética, bem como a desoneração das exportações e tributação das importações.

Em particular, esse estudo destaca a oportunidade de que a taxação do carbono seja introduzida simultaneamente à correção de outras distorções no sistema tributário, mantendo a arrecadação constante. De forma a contribuir para o debate ambiental e econômico do país, foi estimado o Cenário 2 em que a introdução da taxação sobre o carbono se daria simultaneamente a mudanças na legislação do PIS/Cofins, que eliminariam a incidência cumulativa deste tributo e aproximariam seu modelo de incidência ao de um imposto sobre o valor agregado (IVA) clássico. Segundo os cálculos realizados, o valor da taxa sobre o carbono que compensaria a perda de arrecadação associada à eliminação da incidência cumulativa de PIS/Cofins seria de R$ 111,14/tCO_2e, a valores de 2011 (US$ 35,68 a preços de hoje). Nesse cenário, os efeitos negativos da tributação do carbono seriam mais que compensados pelo efeito positivo gerado pela correção das distorções de PIS/Cofins, resultando em uma expansão de R$ 17,4 bilhões do PIB e na criação de aproximadamente 533 mil empregos na economia.

Os efeitos setoriais seriam diferenciados, pois os setores beneficiados pelas correções das distorções no PIS/Cofins não necessariamente são os mesmos prejudicados pela tributação do carbono. Adicionalmente, a adoção de medidas compensatórias – no sentido de garantir a competitividade do produto nacional – eliminaria a potencial distorção da introdução da taxação do carbono na economia, enquanto que a eliminação da incidência cumulativa de PIS/Cofins teria um efeito positivo sobre a competitividade.

Esse estudo considera, portanto, que é importante unir as discussões das esferas tributária e ambiental no país, explorando oportunidades relativas à implementação da tributação do carbono simultaneamente à racionalização do sistema tributário nacional. A correção das distorções da estrutura tributária do país aliada a uma política ambiental eficiente poderiam fomentar a atividade econômica do país, contribuindo para a valorização de um futuro ambiental sustentável, considerando os potenciais impactos econômicos, sociais e ambientais dessas medidas.

8 Referências

Albrizio, S., Kozluc, T., & Zipperer, V. (2014). Empirical Evidence on the Effects of Environmental Policy Stringency on Productivity Growth. OECD Economics Department Working Papers, No. 1179, OECD Publishing.

Appy, B. (2015) "Por que o sistema tributário brasileiro precisa ser reformado". Revista Interesse Nacional, ano 8, nº 31, out/dez de 2015.

Atkinson, R. D. (2013). Competitiveness, Innovation and Productivity: Clearing up the Confusion. ITIF.

Banco Mundial. (2014). State and Trends of Carbon Pricing 2014. Washington DC.

Banco Mundial. (2015). State and Trends of Carbon Pricing 2015. Washington DC.

BRASIL. (2015). Intended Nationally Determined Contribution Towards Achieving The Objective Of The United Nations Framework Convention On Climate Change.

_____. (2014). *Terceiro Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases do Efeito Estufa* . Ministério da Ciência e Tecnologia e Inovação.

Comissão Europeia. (2015). European Trading System. Climate Action, disponível em: http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/index_en.htm

Condon, M., & Ignaciuk, A. (2013). Borden Carbon Adjustment and International Trade. *OECD Trade and Evironment Working Papers*.

Égert, B. (2012). Climate Change Policies in Poland. OCDE Economics Department Working Paper No. 953.

Empresa de Pesquisa Energética (Brasil). **Balanço Energético Nacional 2011**. Empresa de Pesquisa Energética. – Rio de Janeiro : EPE, 2011. 267 p.

GUILHOTO, J.J.M., U.A. SESSO FILHO. "Estimação da Matriz Insumo-Produto a Partir de Dados Preliminares das Contas Nacionais". **Economia Aplicada**. Vol. 9. N. 2. pp. 277-299. Abril-Junho, 2005.

_____. "Estimação da Matriz Insumo-Produto Utilizando Dados Preliminares das Contas Nacionais: Aplicação e Análise de Indicadores Econômicos para o Brasil em 2005". **Economia & Tecnologia**. UFPR/TECPAR. Ano 6, Vol 23, 2010.

IPCC, 1996. *Revised IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, IPCC 1997.

Lucena, A.F.P. et al. (2015). Climate Policy Scenarios in Brazil: A Multi-Model Comparison for Energy. Energy Economics. http://doi.org/10.1016/j.eneco.2015.02.005

McKibbin, W., & Wilcoxen, P. (2002). Climate Change Policy After Kyoto: Blueprint for Realistic Approach. Washington DC: Brookings.

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

Pereira, Ricardo A. C.; Ferreira, Pedro C. (2010). Avaliação dos impactos macroeconômicos e de bem-estar da reforma tributária no Brasil. Revista Brasileira de Economia, Scielo Brasil

Porter, M. E. (1979, March-April). How Competitive Forces Shape Strategy. Harvard Business Review 57, pp. 137-145.

Porter, M. E. (1990). The Competitive Advantage of Nations. *Harvard Business Review* , pp. Vol 68, Issue 2: 73-93.

Republic of Slovenia. (2015). Ministry of Finance, Environmental Taxes. Retrieved from Financial Administration of the Republic of Slovenia: http://www.fu.gov.si/fileadmin/Internet/Davki_in_druge_dajatve/Podrocja/Okoljske_dajatve/Opis/GB_Podrobnejsi_opisi_1_izdaja_Environmental_taxes.pdf

Robson, A. (2013). Australia's Carbon Tax: An Economic Evaluation. Retrieved from http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ecaf.12061/pdf

Schaeffer et allis in (2015). Beyond the numbers: understanding the transformation induced by INDCs, Study N°05/15, IDDRI – MILES Project Consortium, edited by Spencer, T., Pierfederici, R. et al., Paris, France, 80 p.

BRASIL. Intended Nationally Determined Contribution towards achieving the Objective of the United Nations Framework convention on Climate Change. 2015.

Werneck, R. L. F. Abertura, competitividade e desoneração fiscal. In: Bacha, E; Bolle M. B. O futuro da Indústria no Brasil. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2013. V.1, p. 373-391.

Wittneben, B. B. (2009). Exxon is right: Let us re-examine our choice for a cap-and-trade system over a carbon tax. Energy Policy, Volume 37, Issue 6, 2462-2464.

Apêndice A - Análise Insumo-Produto

Esta seção tem por objetivo detalhar a metodologia de insumo-produto, que baseou todas as análises subsequentes. Inicia-se com uma apresentação geral do método, indicando seus aspectos principais. A seguir, são apresentadas duas extensões do modelo, a primeira sobre como obter impactos não monetários, como aqueles sobre emprego, CO_2, entre outros; e a segunda sobre a hibridização da matriz, o que permite a introdução de unidades físicas (e não apenas monetárias) na matriz.

A.1 Modelo de Insumo-Produto

Análise de Insumo-Produto é o nome dado ao arcabouço analítico criado por Wassily Leontief no final da década de 30 e que lhe rendeu o prêmio Nobel em 1973. A análise de Insumo-Produto também é conhecida como modelo de Leontief ou Análise Interindustrial, dado que o modelo permite analisar a interdependência entre setores de uma economia (Miller e Blair, 2009).

Na sua forma mais básica, o modelo de Insumo Produto consiste em um sistema de equações lineares que descreve a distribuição de um produto, de um setor em particular, ao longo das diversas cadeias produtivas que constituem o sistema econômico de uma região (país, ou estado, etc.). É possível estender o modelo básico adicionando-se detalhes relacionados à atividade econômica e considerações de espaço e tempo, assim como, também possibilita acomodar eventuais limitações nos dados.

O modelo básico de Insumo-Produto é construído a partir de dados observáveis para uma determinada região geográfica (país, região, estado, município). Em geral, o interesse está em analisar a atividade de um determinado setor que produz bens e/ou serviços (produto) e consome bens e/ou serviços de outro setor (insumo) durante o processo de fabricação de seus próprios bens. Uma vez que o funcionamento da economia equaciona demanda e oferta de bens e serviços, o modelo de insumo-produto possibilita descrever tal equilíbrio levando em conta não apenas o consumo final dos bens e serviços, mas também a produção que é utilizada como insumo nos setores intermediários da cadeia de produção.

Em outras palavras, esta metodologia leva em conta o fato de que os setores não somente produzem para atender ao consumidor final, mas também produzem, compram e vendem

bens intermediários uns para os outros. Isto é, a análise insumo produto leva em conta como cada setor individual interage direta e/ou indiretamente com todos os demais setores da economia, de tal forma que se tem um complexo sistema que resulta em variações diretas na produção e também em efeitos multiplicadores.

A informação fundamental de um modelo de Insumo-Produto é descrita na Tabela A.1-1, que ilustra os fluxos monetários entre os setores da economia, conforme descrito a seguir.

Tabela A.1 -1 - Relações fundamentais de Insumo-Produto

<table>
<tr><td></td><td colspan="2">Setores Compradores (Destino)</td><td></td></tr>
<tr><td>Setores Vendedores (Origem)</td><td>Insumos Intermediários (Matriz Z)</td><td>Demanda Final (Vetor Y)</td><td>Produção Total (Vetor X)</td></tr>
<tr><td></td><td>Importações (vetor M)</td><td>M</td><td></td></tr>
<tr><td></td><td>Impostos Indiretos Líquidos (vetor IIL)</td><td>IIL</td><td></td></tr>
<tr><td></td><td>Valor Adicionado (vetor VA)</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td>Produção Total (vetor X)</td><td></td><td></td></tr>
</table>

Fonte: Miller e Blair (2009).

A tabela acima mostra que as vendas dos setores podem ser utilizadas dentro do processo produtivo pelos diversos setores compradores da economia (Z) ou podem ser consumidas pelos diversos componentes de demanda final (Y: consumo das famílias, governos, investimentos, exportações etc.). Por outro lado, para se produzir, são necessários insumos intermediários (bens domésticos: Z; ou importados: M), são pagos impostos (IIL) e gera-se valor adicionado (VA: ao se pagar salários, remunerar capital, alugar de terras, etc.). Em particular, temos que:

- As **linhas da Matriz de Insumos Intermediários** (ou matriz Z) na tabela descrevem como um produto se distribui pela economia, ou seja, como os Setores Vendedores distribuem seus produtos para os Setores Compradores.
- As **colunas da Matriz** Z descrevem a composição de insumos, adquiridos dos demais setores da economia, necessária para uma indústria específica produzir seu produto.

- Além de adquirir insumos dos demais setores da economia, os setores também podem importar bens para produzir seus produtos, o que é contabilizado na **linha Importações** (M).
- Cada setor recolhe impostos, mostrado na linha **Impostos Indiretos Líquidos (IIL).** Esse item pode ser desagregado ainda entre Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) e Outros Impostos Indiretos Líquidos (OIIL).
- O **Valor Adicionado** contabiliza em sua linha a remuneração dos demais insumos necessários para a produção, como Trabalho, Capital e Terra.
- A **Demanda Final (Y)** apresenta a quantidade demandada de cada setor da economia pelos consumidores finais (ex. famílias, governo, exportações, investimentos), que podem ser apresentados de forma desagregada (por setor) na forma de um vetor coluna.
- O vetor de **Produção Total** representa o total produzido por cada setor da economia, da seguinte forma: para um determinado setor, sua produção total é computada pela soma de sua linha da matriz Z com a "Demanda Final", ou seja, cada setor produz bens e/ou serviços que são consumidos pelos demais setores da economia e também pelos consumidores finais (Demanda Final Y).

Matematicamente, com base nestas relações de insumo-produto, a matriz de fluxos interindustriais de Insumos Intermediários (matriz *Z*) e a Produção Total (vetor *X*) oferecem as informações necessárias para o cálculo da **matriz de coeficientes técnicos diretos** (matriz *A*). Os componentes da matriz A são os coeficientes técnicos (a_{ij} , $\forall\, i,j$), que mensuram quanto o setor *j* usou de bens do setor *i* para produzir 1 unidade monetária de seu produto final. Ou seja, os coeficientes técnicos representam a proporção de insumos vendidos ao setor *j* pelo setor *i*, em relação à produção total do setor *j* (em unidades monetárias).

$$a_{ij} = \frac{z_{ij}}{x_j}$$

em que z_{ij} representa as vendas do setor *i* ao setor *j* (componente da matriz *Z*) e x_j é a produção total do setor *j* (componente do vetor *X*). Assim, a **produção total** da economia pode ser representada pela soma do que é produzido para consumo intermediário dos setores, dado pela **matriz *Z* = *AX***, e para **demanda final (*Y*)**:

$$X = AX + Y$$

Resolvendo a equação (A.2) para X, obtém-se a produção total necessária para satisfazer uma dada demanda final:

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

sendo que $(I - A)^{-1} = L$ é a **matriz de coeficientes diretos e indiretos** ou, conforme conhecido pela literatura, a **inversa da matriz de Leontief**. Cada elemento de *L*, [l_{ij}] deve ser entendido como sendo a produção total do setor *i* necessária para produzir uma unidade da demanda final do setor *j*. Assim, pode-se estimar em quanto a produção deve aumentar em cada um dos diversos setores da economia para atender a um aumento na demanda final. Este efeito considera não apenas o aumento da produção no setor em que houve a variação de demanda, mas também todos os efeitos multiplicadores de produção gerados nos outros setores (pela necessidade de compra de produtos e serviços intermediários nos diversos setores da economia). A estimativa para a variação na produção total decorrente de uma variação na demanda final é dada pela seguinte equação:

$$\Delta X = L \Delta Y$$

em que ΔX é a variação na produção total por setor, ΔY é variação na demanda final por setor e *L* é a matriz inversa de Leontief. Como a Demanda Final (Y) inclui, o consumo das famílias, as exportações e os investimentos, que podem ser apresentados de forma desagregada, pode-se calcular os impactos sobre a produção total de uma variação nesses itens de forma análoga. Assim, o impacto de uma variação nos investimentos (ΔI) sobre a produção total, por exemplo, é dado por:

$$\Delta X = L \Delta I$$

A.2 Outros impactos

A metodologia de insumo-produto permite não apenas a mensuração dos impactos de variações na demanda final sobre a produção total dos setores, mas também em termos de geração de emprego, impostos, salários, produção, impactos ambientais, entre outros. Por

exemplo, suponha que o setor *i* tem uma produção total de x_i (um componente de X_i), e para tanto emprega E_i trabalhadores. O coeficiente de emprego do setor *i*, CE_i, é dado por:

$$CE_i = \frac{E_i}{x_i}$$

e indica o número de trabalhadores empregados no setor *i* para cada unidade monetária produzida pelo setor *i*. Calculando-se o coeficiente de emprego para cada um dos *n* setores da economia e ordenando-os na forma de um vetor, tem-se o vetor *CE* de coeficientes de emprego de ordem *nx1*. Assim, para uma variação ΔX unidades monetárias na demanda final, o impacto sobre o número de empregos ΔE é dado por:

$$\Delta E = \widehat{CE}\Delta X$$

em que $\widehat{CE}$ é a matriz de zeros com os elementos de *CE* na diagonal principal. A partir de *CE* é possível estimar também o quanto é gerado direta e indiretamente de emprego para cada unidade monetária produzida para atender a demanda final (*W*), (decorrente da variação ΔX em Y). Basta multiplicar a matriz inversa de Leontief $(I - A)^{-1} = L$ pelo vetor de coeficientes de emprego *CE*:

$$W = (I - A)^{-1} CE$$

Cada elemento de *W* (w_i) indica o quanto cada unidade monetária que o setor *i* produz para a demanda final gera de emprego, direta e indiretamente.

Metodologia semelhante pode ser aplicada para os impactos em termos de impostos, salários, PIB, entre outros, simplesmente substituindo-se os coeficientes de emprego pelo coeficiente de interesse.

A.3 Construção da matriz híbrida

Para compatibilizar a análise da emissão de CO_2 na MIP é necessário introduzir o conceito de matriz híbrida[62]. No caso desse estudo, utilizamos apenas as emissões dos setores que utilizaram produtos derivados da queima de combustíveis.

A construção da matriz híbrida inicia-se com a elaboração de uma matriz de fluxos de energia em unidades físicas (matriz E). A matriz E tem dimensão mxn, sendo m o número de diferentes fontes de energia fornecidos (o que identifica o número de linhas da matriz) e n é o número de setores da economia (o que identifica o número de colunas da matriz), tal que $m < n$.

Outra informação importante refere-se ao consumo total de energia da economia (o qual chamaremos de F), que é dado pela soma do consumo energético dos setores interindustriais (E_i) e do consumo energético da demanda final (E_y). Ou seja, o consumo de energia total da economia é dado por: $E_i + E_y = F$.

Após a construção da matriz E, substitui-se as linhas da matriz Z, que correspondem a fluxos monetários de energia ($), pelos dados da matriz E, em unidades físicas (tep – toneladas equivalente de petróleo). Essa nova matriz é chamada Z^*. Para ilustrar a construção proposta, suponha uma economia composta por quatro setores, tal que o primeiro é um setor de energia:

$$Z = \begin{bmatrix} \$ & \$ & \$ & \$ \\ \$ & \$ & \$ & \$ \\ \$ & \$ & \$ & \$ \\ \$ & \$ & \$ & \$ \end{bmatrix}$$

Então, após a substituição da primeira linha pelos elementos da matriz E, tem-se que:

$$Z^* = \begin{bmatrix} tep & tep & tep & tep \\ \$ & \$ & \$ & \$ \\ \$ & \$ & \$ & \$ \\ \$ & \$ & \$ & \$ \end{bmatrix}$$

O mesmo procedimento é repetido para os vetores de produção total (X) e demanda final (Y):

[62] O termo "híbrida" deriva do fato de que a matriz possui mais de uma unidade de medida.

$$X^* = \begin{bmatrix} tep \\ \$ \\ \$ \\ \$ \end{bmatrix} ; Y^* = \begin{bmatrix} tep \\ \$ \\ \$ \\ \$ \end{bmatrix}$$

Para construir a **matriz de coeficientes técnicos** (A^*), é preciso diagonalizar o vetor X^*, isto é, $\hat{X}^*$ é uma matriz quadrada de zeros cuja diagonal principal contém os valores de X^*. A matriz A^* pode ser representada por:

$$A^* = Z^*\left(\hat{X}^*\right)^{-1} = \begin{bmatrix} tep/tep & tep/\$ & tep/\$ & tep/\$ \\ \$/tep & \$/\$ & \$/\$ & \$/\$ \\ \$/tep & \$/\$ & \$/\$ & \$/\$ \\ \$/tep & \$/\$ & \$/\$ & \$/\$ \end{bmatrix}$$

A matriz A^* contém a matriz de requerimentos diretos de energia e fornece a quantidade de energia, em unidades físicas, necessária para produzir uma unidade monetária de produto nos setores não energéticos. De forma análoga ao modelo básico de Leontief, a matriz $L^* = (I - A^*)^{-1}$ contém a chamada matriz de requerimentos totais de energia e fornece a quantidade necessária de energia, em unidades físicas, para uma unidade monetária de demanda final.

Utilizando a matriz de requerimentos totais de energia (L^*) e o vetor de demanda final (Y^*), é possível, por exemplo, verificar os impactos de variações na demanda por energia ΔY^* na produção total da economia (ΔX^*). A estimativa para a variação na produção total da economia decorrente de uma variação na demanda final, por exemplo, é dada pela seguinte fórmula:

$$\Delta X^* = L^* \Delta Y^*$$

em que ΔX^* é a variação na produção total por setor e ΔY^* é variação na demanda final por setor. Os impactos sobre as demais variáveis (geração de emprego e renda, entre outras) são calculados de maneira similar.

Em relação à quantificação dos impactos de mudanças na matriz de energia sobre as emissões de CO_2, é preciso converter a energia produzida por cada fonte de energia em tep pela sua respectiva emissão de CO_2. Assumindo-se que as emissões de CO_2 por fonte de energia elétrica estão diretamente relacionadas com os requerimentos de energia, é possível obter tanto as emissões diretas de carbono, como também as emissões indiretas e totais por setor

da economia. Foram usados os fatores de conversão por fonte presentes no *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) para transformar o consumo de energia em unidades de CO_2.

Assim, a resposta na quantidade de CO_2 produzido pela economia à variação na demanda final levará em conta não só as emissões dos setores que sofreram variação, mas os efeitos de suas interações com todos os outros.

A.4 Exemplo dos efeitos de um choque na demanda final

Conforme visto, quando houver um choque de demanda na economia (aumento ou redução da demanda agregada, por exemplo) a interação entre os diversos setores da economia previstos na MIP gerará impactos sobre renda, empregos, salários, entre outros.

Nesta seção analisamos os resultados de choques dessa natureza de forma a criar uma base de comparação para exercícios posteriores. Ou seja, criaremos um cenário base, de forma que cenários mais complexos poderão ser comparados a esse e verificadas as diferenças líquidas entre eles.

Iniciaremos o exercício com um choque de 100 unidades monetárias (R$ milhões de 2011) em todos os setores da economia[63]. Os choques serão apresentados em termos das seguintes variáveis:

- Renda (ou Produção): Consiste na variação do produto resultante dos choques monetários nos setores. É medida em R$ milhões;
- Ocupação: Representa a variação no número de empregos a partir dos choques na economia. É medido em termos de postos de trabalho criados;
- Impostos: Representa a variação na arrecadação resultante dos choques na economia. É medida em R$ milhões; e
- Salários: É a variação na massa salarial gerado pelo choque, ou seja, o quanto cresceu a renda agregada dos trabalhadores da economia. É medida em R$ milhões.

Para cada uma dessas variáveis, serão apresentados quatro diferentes efeitos:

- Efeitos diretos: São os efeitos do choque de demanda sobre o próprio setor;
- Efeitos indiretos: É a parte dos efeitos que vem da interação com os outros setores da economia;
- Efeito renda: Consiste no efeito do gasto de renda adicional, gerado pelo aumento na produção; e

[63] A matriz insumo-produto é uma metodologia linear. Dessa forma, caso deseje-se saber o impacto de um aumento de 10 unidades monetárias, basta dividir o impacto total do choque de 100 unidades monetárias por 10.

- Efeito total: É a soma dos três efeitos anteriores.

Os efeitos possuem as mesmas unidades de medida que as variáveis sob análise.

Tabela A.4-1 - Efeitos diretos

	Produção (R$ milhões de 2011)	Ocupação (unidades, por 1 ano)	Impostos (R$ milhões de 2011)	Salários (R$ milhões de 2011)
Total	**2.600**	**17.368**	**315**	**295**
Agropecuária	100	4.334	3	10
Mineração e Pelotização	100	215	2	8
Alimentos e Bebidas	100	489	15	9
Têxtil	100	2.257	21	19
Papel e Celulose	100	872	12	14
Indústria Química	100	308	13	10
Fabricação de produtos de minerais não-metálicos	100	910	12	15
Produção de ferro-gusa/ferroligas, siderurgia e tubos de aço sem costura	100	143	5	8
Não-Ferrosos e Outros da Metalurgia	100	751	8	15
Outras Indústrias	100	975	9	14
Comércio e Serviços	100	1.770	6	22
Transporte terrestre	100	1.464	6	17
Transporte hidroviário	100	517	21	20
Transporte aéreo	100	235	4	16
Setor Público	100	1.286	0	48
Setor Energético, exceto energia elétrica e gás natural	100	40	15	4
Hidráulica	100	89	18	5
Eólica	100	89	18	5
Nuclear	100	89	18	5
Biomassa	100	89	17	5
Gás Natural	100	89	18	5
Óleo Combustível e Outros	100	89	18	5
Diesel	100	89	18	5
Carvão e derivados	100	89	18	5
Gás Natural (exceto para energia elétrica)	100	89	18	5
Setor Famílias	100			

No caso dos efeitos diretos, observamos o choque de 100 unidades monetárias que foi dado sobre a demanda agregada impactando cada um dos setores. O total de renda gerada nessa economia foi 2,6 bilhões, o total de postos de trabalho gerados ao longo do ano foi 17.368, a arrecadação de impostos aumentou em 315 milhões e a massa salarial aumentou em 295 milhões.

Os setores que mais geraram empregos foram o agropecuário e o têxtil, sendo este último e o setor hidroviário os que mais aumentaram a arrecadação de impostos. Além disso, destaque deve ser dado ao setor público e ao comércio e serviços, que obtiveram as maiores elevações salariais. Note-se ainda que os impactos constantes nos setores de energia se devem às hipóteses feitas para sua desagregação.

Tabela A.4-2 - Efeitos indiretos

	Produção (R$ milhões de 2011)	Ocupação (unidades, por 1 ano)	Impostos (R$ milhões de 2011)	Salários (R$ milhões de 2011)
Total	**2.959**	**29.059**	**307**	**384**
Agropecuária	101	4.385	3	10
Mineração e Pelotização	54	117	1	4
Alimentos e Bebidas	69	339	11	6
Têxtil	33	749	7	6
Papel e Celulose	51	446	6	7
Indústria Química	148	454	19	15
Fabricação de produtos de minerais não-metálicos	38	348	5	6
Produção de ferro-gusa/ferroligas, siderurgia e tubos de aço sem costura	55	79	3	4
Não-Ferrosos e Outros da Metalurgia	53	395	4	8
Outras Indústrias	165	1.612	15	23
Comércio e Serviços	954	16.885	54	206
Transporte terrestre	148	2.165	8	25
Transporte hidroviário	18	93	4	4
Transporte aéreo	11	27	0	2
Setor Público	30	387	0	14
Setor Energético, exceto energia elétrica e gás natural	680	269	102	25
Hidráulica	199	177	36	10
Eólica	1	1	0	0
Nuclear	7	6	1	0
Biomassa	14	13	2	1
Gás Natural	18	16	3	1
Óleo Combustível e Outros	6	5	1	0
Diesel	4	4	1	0
Carvão e derivados	3	3	1	0
Gás Natural (exceto para energia elétrica)	98	87	18	5
Setor Famílias				

Os efeitos indiretos possuem magnitude maior ou quase igual (no caso de impostos) aos efeitos diretos. Isso mostra o quão importantes são os efeitos das interações entre os setores da economia, já que a soma dos efeitos indiretos de todos os outros setores ultrapassa os efeitos do aumento da demanda do próprio setor sobre ele mesmo.

Merecem destaque os setores energético, pelo aumento de renda e impostos; e comércio e serviços, pelo aumento nos postos de trabalho e massa salarial. O setor das famílias não é um setor produtivo, portanto não possui impactos calculados.

Tabela A.4-3 - Efeito renda

Produção (R$ milhões de 2011)	Ocupação (unidades, por 1 ano)	Impostos (R$ milhões de 2011)	Salários (R$ milhões de 2011)

Total	3.417	49.723	292	574
Agropecuária	189	8203	5	19
Mineração e Pelotização	10	22	0	1
Alimentos e Bebidas	318	1.553	49	28
Têxtil	106	2.384	22	20
Papel e Celulose	46	402	5	7
Indústria Química	152	469	20	16
Fabricação de produtos de minerais não-metálicos	20	182	2	3
Produção de ferro-gusa/ferroligas, siderurgia e tubos de aço sem costura	20	29	1	2
Não-Ferrosos e Outros da Metalurgia	36	268	3	5
Outras Indústrias	239	2.327	22	34
Comércio e Serviços	1.747	30.924	100	378
Transporte terrestre	147	2.147	8	25
Transporte hidroviário	6	29	1	1
Transporte aéreo	16	38	1	3
Setor Público	44	565	0	21
Setor Energético, exceto energia elétrica e gás natural	215	85	32	8
Hidráulica	61	55	11	3
Eólica	0	0	0	0
Nuclear	2	2	0	0
Biomassa	4	4	1	0
Gás Natural	5	5	1	0
Óleo Combustível e Outros	2	2	0	0
Diesel	1	1	0	0
Carvão e derivados	1	1	0	0
Gás Natural (exceto para energia elétrica)	30	27	5	2
Setor Famílias				

O efeito renda também é maior que os efeitos indiretos e, por consequência, que os efeitos diretos. Novamente, o destaque vai para o setor de comércio e serviços, que concentrou os maiores aumentos para todas as variáveis consideradas.

A maior relevância do setor das famílias está no efeito renda. Isso ocorre porque o efeito renda é um efeito de segunda ordem para os setores, já que decorre do aumento dos gastos resultante do aumento na produção. Entretanto, o aumento da demanda das famílias é um efeito de primeira ordem nos gastos, fazendo com que seu efeito seja mais relevante. Sem o aumento no gasto das famílias, o efeito renda cairia para todas as variáveis, cerca de 10%.

Tabela A.4-4 - Efeito total

	Produção (R$ milhões de 2011)	Ocupação (unidades, por 1 ano)	Impostos (R$ milhões de 2011)	Salários (R$ milhões de 2011)
Total	**10566**	**96151**	**914**	**1254**
Agropecuária	390	16922	11	40
Mineração e Pelotização	164	353	3	13
Alimentos e Bebidas	487	2380	75	43
Têxtil	239	5390	49	45
Papel e Celulose	197	1720	23	28

Indústria Química	400	1230	52	41
Fabricação de produtos de minerais não-metálicos	158	1440	19	24
Produção de ferro-gusa/ferroligas, siderurgia e tubos de aço sem costura	175	251	8	14
Não-Ferrosos e Outros da Metalurgia	188	1414	16	29
Outras Indústrias	504	4915	46	71
Comércio e Serviços	2801	49579	160	606
Transporte terrestre	394	5777	23	66
Transporte hidroviário	124	640	27	24
Transporte aéreo	127	299	5	20
Setor Público	174	2238	1	84
Setor Energético, exceto energia elétrica e gás natural	995	393	149	36
Hidráulica	360	321	66	19
Eólica	101	90	19	5
Nuclear	109	97	20	6
Biomassa	119	106	20	6
Gás Natural	123	110	22	6
Óleo Combustível e Outros	108	96	20	6
Diesel	106	94	19	5
Carvão e derivados	104	93	19	5
Gás Natural (exceto para energia elétrica)	228	203	41	12
Setor Famílias	1689			

Por ser a soma de todos os outros efeitos, não é surpreendente que o setor de comércio e serviços tenha apresentado as maiores variações em todos os indicadores. Note-se que ele foi responsável por metade do aumento de empregos e da massa salarial.

Apêndice B - Metodologia dos Coeficientes de Emissão de CO_2

Para definição dos coeficientes de emissão de CO_2 é necessário criar as matrizes de usos e recursos híbridas[64] da economia. O Apêndice A apresenta o método utilizado para a construção dessa matriz. Tendo as matrizes de usos e recursos em sua forma híbrida, é necessário trabalhar com a MIP no formato produto contra produto, ou seja, com os produtos dispostos tanto nas linhas como nas colunas da matriz. Para isso, procede-se da seguinte maneira:

1. Cria-se a matriz de proporção dos produtos usados como insumos por cada setor: vem da divisão entre a quantidade utilizada de determinado produto (matriz de usos) pela quantidade total produzida nas indústrias (matriz de recursos). Ou seja, calcula-se uma matriz de coeficientes que medem a proporção usada daquele produto em relação à produção total de cada setor.

$$B = {U_{ij}}/{\sum_i R_{ij}}$$

Em que U_{ij} é a matriz de usos para o produto i no setor j; e $\sum_i R_{ij}$ é o total da matriz de recursos para o setor j.

2. Cria-se a matriz de participação setorial na produção dos produtos nacionais: vem da divisão entre a quantidade produzida de determinado produto pelo total da produção daquele produto na economia (matriz de recursos). Em outras palavras, cria-se uma matriz da participação de cada produto no total produzido.

$$D = {R_{ij}}/{\sum_j R_{ij}}$$

Em que R_{ij} é a matriz de recursos para o produto i no setor j; e $\sum_j R_{ij}$ é o total da matriz de recursos para o produto i.

3. A seguir, multiplica-se a matriz B pela matriz D transposta, ou seja, D'. Assim, obtemos a matriz Ap, a matriz dos coeficientes técnicos dos insumos.

$$Ap = BxD'$$

Cada coeficiente dessa matriz demostra quanto que o produto i usou do produto j para produzir uma unidade de seu produto. Entretanto, como estávamos trabalhando com as

[64] Híbrida em relação ao item sob análise, o CO_2.

matrizes na forma híbrida, aquelas células que foram anteriormente substituídas pelos valores em toneladas de CO_2 podem ser interpretadas como a quantidade que o produto i usou de CO_2 para produzir uma unidade do produto j. Ou seja, para encontrarmos os coeficientes de emissão de carbono, basta somarmos os coeficientes da matriz Ap que medem a emissão de CO_2. Em outras palavras:

$$C_{CO_2} = \sum_k Ap_{kj}\,, \qquad k \leq i$$

Em que k são os produtos da matriz cujas quantidades monetárias foram substituídas por toneladas de CO_2. Obviamente, a quantidade desses produtos pode ser menor ou igual à quantidade total de produtos da matriz (i), portanto $k \leq i$.

Entretanto, esse método só calcula os coeficientes de emissão para o consumo intermediário do setor. Para calcular os coeficientes de emissão para a demanda final é necessário considerar os efeitos indiretos, e não apenas os diretos, da produção dos setores. Para isso, basta tomar os coeficientes do consumo intermediário e multiplicar pela matriz inversa de Leontief. O Apêndice E apresenta os coeficientes calculados.

Apêndice C - Metodologia para Estimação das Elasticidades-preço da Demanda

Esta seção descreve a metodologia utilizada para cálculo das elasticidades-preço[65] para os produtos consumidos pelas famílias brasileiras. Foram utilizados os dados da Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) do IBGE para os anos de 2008 e 2009.

Para a estimação das elasticidades, foram necessários os seguintes passos:

1. Compatibilização dos produtos da POF com os produtos da MIP;
2. Agregação das despesas e quantidades dos produtos por família e por produto e cálculo dos preços; e
3. Cálculo das elasticidades-preço através de um modelo nível-log, estimado por Tobit

Abaixo, detalham-se cada um desses passos.

C.1 Compatibilização de Produtos da POF-MIP

Um primeiro passo antes de calcular as elasticidades foi compatibilizar os produtos da POF com os da MIP. Na POF, o IBGE disponibiliza cerca de 14.000 produtos, enquanto que na MIP, tem-se apenas 128 produtos. Para isso, realizou-se um pareamento dos produtos da POF, categorizando-os conforme sua similaridade com os grupos da MIP. Sempre que necessário utilizou-se a classificação CNAE 2.0[66] do IBGE para realizar o pareamento. A título de exemplo, expõe-se a composição de dois produtos da MIP, com seus respectivos pares na POF.

[65] A elasticidade-preço mede quantos % varia a demanda de um determinado produto, dado que seu preço variou 1%.
[66] As categorias da MIP são baseadas nessa classificação.

Tabela C-1 - Exemplo de compatibilização POF-MIP

MIP	POF
Produtos do fumo	CIGARRO
	CHARUTO
	CIGARRILHA
	FUMO DESFIADO PARA CIGARRO
	CIGARRO DE PALHA
	PALHA PARA CIGARRO
	PAPEL DE CIGARRO

MIP	POF
Produtos químicos inorgânicos	CLORO PARA PISCINA
	REPOSITOR ELETROLITICO (CLORETO DE POTASSIO, SODIO, ETC.)
	AMONIA
	ESMALTE, BASE, ACETONA, ETC.
	OXIGENIO (DESPESA COM SAUDE)
	TUBO OU CILINDRO DE OXIGENIO (DESPESA COM SAUDE)
	CLORO LIQUIDO DE LIMPEZA DOMESTICA
	AMONIACO
	CORANTE DE CERA PARA ASSOALHO
	DIABO VERDE

A MIP possui um produto nomeado “produtos do fumo”. Dentre os 14.000 produtos da POF que mais se enquadram nessa categoria podemos citar: cigarro, charuto, cigarrilha, cigarro de palha, entre outros. O mesmo ocorre para “produtos químicos inorgânicos”, representados na POF por cloro para piscina, amônia, esmalte, corante, acetona, entre outros.

C.2 Criação das despesas, quantidades e preços por família

Feita a compatibilização entre a MIP e a POF, o segundo passo foi calcular as despesas, quantidades consumidas e preços pagos por cada uma das 56.000 famílias da amostra para cada um dos 128 produtos considerados. A POF disponibiliza as despesas das famílias com cada produto e a quantidade consumida, dessa forma, basta dividir o primeiro valor pelo segundo para obter o preço pago por cada item. Abaixo, apresenta-se parte da base de dados após os cálculos.

Tabela C-2 - Base de dados

	COD_UF	COD_DOMC	NUM_UC	d_acucar	d_arroz	d_aves	lp_acucar	lp_arroz	lp_aves	lq_acucar	lq_arroz	lq_aves	NUM_SEQ
1	11	8	1	208.52	125.32	426.4	.0024969	.8796268	2.104134	5.337538	3.951244	3.951244	11
2	11	5	1	238.16	114.4	344.24	.0677459	2.503256	1.79025	5.405197	2.236445	4.051089	25
3	11	2	1	317.2	86.84	977.6	.1988508	1.785789	2.017566	5.560682	2.678278	4.867535	34
4	11	9	1	661.44	1243.84	0	.0952788	.8721298	.	6.39914	6.253829	.	49
5	12	8	1	742.56	126.36	1951.56	-.0491902	1.581038	1.578739	6.659294	3.258096	5.997645	2
6	12	2	1	103.48	47.84	13	-.0050125	.6097656	1.570217	4.644391	3.258096	.9947321	7
7	12	3	1	48.88	117.52	411.84	-.0618754	1.865187	2.069391	3.951244	2.901422	3.951244	15
8	12	6	1	61.36	102.96	234	.1655144	2.292535	1.570217	3.951244	2.341806	3.885104	26
9	12	9	1	109.72	101.92	907.92	.0535407	1.876917	2.077382	4.644391	2.747271	4.733774	26
10	12	5	1	166.92	378.04	166.4	.4731238	2.900047	1.556193	4.644391	3.034953	3.558201	30
11	12	9	1	63.96	185.12	156	.2070142	2.186051	1.570217	3.951244	3.034953	3.479639	32
12	12	6	1	137.28	458.12	0	.2776317	3.092178	.	4.644391	3.034953	.	49
13	13	9	1	82.16	356.72	928.2	-.2357223	2.505526	1.667091	4.644391	3.371425	5.166156	29
14	13	2	1	268.32	1477.84	3694.6	.0314987	2.177712	1.522673	5.560682	5.120625	6.691955	42
15	13	6	1	67.6	135.2	130	.2623642	2.425187	1.570217	3.951244	2.481568	3.297317	52
16	13	3	1	589.68	296.92	1422.2	.1257512	2.65851	2.187365	6.253829	3.034953	5.072596	55
17	13	8	1	119.6	119.6	0	.1397619	.1397619	.	4.644391	4.644391	.	55
18	13	8	1	68.64	102.96	1216.8	.2776317	.6830968	1.419666	3.951244	3.951244	5.684314	56
19	13	4	1	133.12	199.16	652.6	.2468601	2.812541	1.439141	4.644391	2.481568	5.041824	58
20	13	11	1	160.68	318.24	1232.4	.0295588	2.588091	1.38562	5.049856	3.174715	5.731099	65
21	13	13	1	217.88	156	1016.6	.3340884	1.791759	1.282879	5.049856	3.258096	5.641339	66
22	13	1	1	250.64	360.36	393.64	.4741617	2.712389	1.208828	5.049856	3.174715	4.766609	82
23	13	18	1	82.68	477.36	566.8	.463734	2.573702	1.238191	3.951244	3.594569	5.101816	82
24	13	12	1	66.04	120.64	508.04	.2390169	2.227861	1.180704	3.951244	2.564949	5.049856	85
25	13	15	1	416	176.28	288.6	.0677436	2.690506	1.269112	5.962942	2.481568	4.395929	86
26	13	7	1	271.96	1044.68	182	.2681169	2.86046	1.618046	5.337538	4.091006	3.58596	88
27	13	8	1	85.28	374.92	218.4	.4946962	2.751998	1.752539	3.951244	3.174715	3.63379	88
28	13	11	1	273	270.4	0	.0487901	1.871802	.	5.560682	3.7281	.	90

Fonte: Elaboração própria

No exemplo acima, cada linha representa uma família diferente, identificadas unicamente pela unidade da federação onde residem e códigos próprios da pesquisa (primeiras três colunas). Em seguida, a título de exemplo, apresentam-se as despesas, quantidades compradas e preços pagos por essas famílias para três produtos: açúcar, arroz e aves.

Note que há produtos que algumas famílias não compram. Por exemplo, a família número quatro não teve nenhuma despesa com aves, logo, consumiu quantidade zero desse produto. Entretanto, isso não significa que o preço para aves não existisse. Na realidade, o que ocorreu é que essa família observou o preço desse produto no mercado e decidiu não comprar nenhuma unidade (pelo menos não no período em que a pesquisa foi realizada).

Isso gera dois problemas para o cálculo das elasticidades:

i. Há uma grande concentração de quantidades “zero” na amostra, pois diversas famílias não consomem um ou mais dos 128 produtos da MIP; e
ii. Não é possível calcular os preços para as famílias que não consomem nada, embora, na prática, esses preços existam.

Para solucionar esses problemas, dois ajustes foram feitos. O primeiro, para resolver o problema da falta de preços, consiste em observar famílias geograficamente próximas àquela que não consumiu nada de determinado produto, e imputar para ela o mesmo preço calculado

para outra família. Isso é razoável pois supõe-se que, famílias que moram próximas geograficamente observam preços similares quando fazem suas compras. O segundo ajuste, para resolver o problema da acumulação de quantidades zero na amostra, é feito na estimação do modelo, conforme explicado abaixo.

C.3 Estimação da Equação de Demanda por Tobit

O modelo que se deseja calcular para as elasticidades é um modelo nível-log (para considerar os casos de demanda nula de cada produto):

$$q_i = \alpha_i + \beta_i \ln(p_i) + \beta_{iy} \ln(y) + X\gamma + e_i$$

Em que q_i é a quantidade consumida do bem i; $\ln(y)$ é o logaritmo da renda do domicílio; $\ln(p_i)$ é o logaritmo do preço do bem; e_i é o termo de erro; e X são outros controles da regressão. O parâmetro de interesse é β_i, que reflete como a quantidade consumida do bem varia com o preço $\left(\frac{\partial q_i}{\partial p_i} p_i\right)$. Para se obter a elasticidade a partir desse parâmetro, basta dividir esse parâmetro por alguma medida de *q* (em geral, usa-se a média ou mediana da distribuição de q).

$$\varepsilon_i = \frac{\partial q_i}{\partial p_i} \frac{p_i}{q_i} = \frac{\beta_i}{q_i}$$

Conforme evidenciado anteriormente, há uma grande concentração de quantidades zero ($q_i = 0$) nessa estimação. Para não prejudicar as estimativas, fez-se a estimação do modelo pelo método Tobit para dados censurados. Esse método leva em conta que grande parte da amostra está concentrada no zero, e faz um ajuste, melhorando as estimativas. Quando se observou um grande número de demandas nulas, perdeu-se precisão na estimação dos betas pelo modelo Tobit. Nesse caso, duas estratégias foram adotadas: (a) Estimação do modelo log-log (modelo de elasticidade constante) com correção do problema de seleção amostral, dado que nesse caso as observações com demanda nula seriam excluídas do modelo, gerando um viés de auto seleção; (b) Estimação do modelo log-log sem correção do problema de seleção amostral para os casos em que não foi possível identificar a equação de seleção. Vale ressaltar que apesar dos ajustes, ainda há produtos cujas elasticidades não puderam ser calculadas. Por exemplo, combustível de avião é um produto da MIP, mas que nenhuma família consome diretamente (apenas indiretamente, quando viaja de avião). Nesse caso, considerou-se que a

elasticidade do produto é zero, ou seja, não importa quanto varie o preço desse produto, a quantidade demandada não se altera (continua sendo zero).

Apêndice D - Estimativa das distorções de PIS/Cofins e Estimativa de IVA

Em linhas gerais, e abstraindo das inúmeras exceções e casos especiais, o PIS/Cofins incide sobre o faturamento da empresa, podendo o regime de incidência ser cumulativo ou não-cumulativo. Sob o regime não-cumulativo, a empresa está sujeita a uma alíquota de 9,25%, tendo direito a se apropriar de créditos de PIS/Cofins referentes aos insumos utilizados na sua produção. Sob o regime cumulativo, a empresa está sujeita a uma alíquota de 3,65% e não tem direito a créditos.

Por conta da existência de uma série de empresas sujeitas ao regime cumulativo (que não se apropriam de créditos) e por conta da interpretação da Receita Federal de que apenas os insumos incorporados fisicamente ao produto final geram créditos, há um grande número de situações em que o débito de PIS/Cofins em uma transação não gera um crédito equivalente na transação seguinte. Este tributo cobrado e não ressarcido ao longo da cadeia é denominado, neste trabalho, de incidência cumulativa do PIS/Cofins.

Para estimar o impacto desta incidência cumulativa de PIS/Cofins foram construídas três matrizes com base nos setores da matriz híbrida (ver Apêndice A.3): uma matriz de alíquotas de débito incidente sobre os vendedores; uma matriz de alíquotas de crédito apropriado pelos compradores; e uma matriz de incidência líquida, correspondente à diferença entre a matriz de débitos e a matriz de créditos.

Para estimar a incidência cumulativa de PIS/Cofins na produção de cada setor, procedeu-se da forma descrita a seguir:

a) Inicialmente multiplicou-se a demanda final diagonalizada de cada setor (por exemplo, o setor Agropecuário) pela matriz de coeficientes técnicos do consumo intermediário (matriz A). O resultado é a matriz de consumo intermediário da Agropecuária. Para cada célula desta matriz de consumo intermediário calculou-se a incidência cumulativa de PIS/Cofins através da multiplicação de seu valor pela alíquota constante da matriz de incidência líquida de PIS/Cofins (diferença entre as alíquotas de débito e as alíquotas de crédito).
b) Como o cálculo anterior permite apurar a incidência de PIS/Cofins apenas na etapa final de venda de insumos para a agropecuária, foi preciso refazer o mesmo cálculo considerando

o consumo intermediário na etapa anterior.[67] Para tanto, multiplicou-se a matriz diagonalizada do consumo intermediário de cada setor estimado na etapa anterior pela matriz de coeficientes técnicos. O resultado foi multiplicado pelas alíquotas de incidência líquida de PIS/Cofins para estimar a incidência cumulativa de PIS/Cofins nesta etapa.

c) O procedimento descrito no item anterior foi repetido até a décima rodada de estimativa do efeito cumulativo de PIS/Cofins na cadeia de produção (os valores das etapas subsequentes são muito pequenos e não foram considerados).

d) Somou-se o valor da incidência cumulativa de PIS/Cofins calculado em cada uma das rodadas, chegando-se assim a uma estimativa da incidência cumulativa de PIS/Cofins incidente na produção de produtos agropecuários destinados à demanda final.

Detalhamento das alíquotas de débito e crédito utilizadas:

1) Considerou-se que o setor de serviços é composto apenas por empresas do lucro presumido, que estão no regime cumulativo, com débito de 3,65%, mas não se apropriam nem geram créditos.

2) Considerou-se que tanto o setor industrial, quanto os SIUP (serviços industriais de utilidade pública), a construção e o comércio estão no regime não cumulativo, com débito de 9,25% e se apropriam de créditos de 9,25% apenas nas compras de insumos destes mesmos setores.

3) Regimes Especiais:

   3.1) Agropecuária e setor público – foi considerado que não há incidência de PIS/Cofins na venda do setor (ou seja, não há débito) e não há apropriação de crédito;

   3.2) Setor transportes – considerou-se que o transporte de cargas, seja aéreo, terrestre ou hidroviário, gera crédito de 9,25%. Estimou-se que a participação do transporte de cargas no setor de transporte aéreo é, de acordo com dados da ANAC, de 12,4%; no transporte terrestre é de 70,3% (dados PAS/IBGE) e 100% do transporte hidroviário refere-se ao transporte de cargas. O transporte de passageiros (aéreo, terrestre ou hidroviário) não gera débito e nem crédito de PIS/Cofins.

[67] Para que a Indústria Química, por exemplo, possa fornecer insumos para a produção da Agropecuária, ela também precisou comprar diversos insumos de outros setores que também não geraram créditos adequadamente. Assim, é preciso considerar os créditos não gerados na compra dos insumos utilizados pela Indústria Química que viabilizaram a venda para a Agropecuária para que ela pudesse atender à sua demanda final.

3.3) Alimentos e bebidas: como boa parte dos alimentos são tributados à alíquota zero, foi considerada uma alíquota média para o setor de 3,49% (tanto para débito quanto para crédito). Além disso, há um crédito presumido na aquisição de produtos agrícolas pela indústria de alimentos, considerada, de maneira simplificada, de 35%.

3.4) Setor Químico - parte dos produtos químicos são tributados à alíquota zero (como no caso dos defensivos agrícolas e fertilizantes). Adicionalmente, há um crédito presumido para a nafta. Dessa forma, foi utilizada uma alíquota média para o setor de 4,01% (tanto para débito quanto para crédito).

4) Setor Comércio e Serviços – uma vez que o setor de serviços está agregado junto ao setor de comércio, foi feita uma composição baseada na participação de comércio (26,4%) e serviços (73,6%) na MIP 2011;

5) Empresas de serviços enquadradas no SIMPLES – de acordo com dados da Receita Federal, 5% das empresas do setor de serviços, em 2011, referiam-se a empresas enquadradas no Simples. Assim, foi considerado que 95% das empresas do setor de serviços contariam com os ajustes de incidência de PIS/Cofins aqui propostos.

A etapa seguinte foi estimar o impacto resultante da substituição do PIS/Cofins por um Imposto sobre o Valor Agregado (IVA). O IVA, na forma considerada neste trabalho, é um imposto não cumulativo de alíquota única. O IVA pressupõe que todo imposto pago em uma etapa (exceto na venda para o consumidor final) é recuperado na forma de crédito na etapa seguinte. Isto significa que, para o IVA a matriz de incidência líquida (matriz de débitos menos a matriz de créditos) é zero em todas as células. Além disso, o IVA não incide sobre as exportações.

Como o presente trabalho utilizou como base a Matriz Insumo-Produto de 2011, calculou-se um IVA de alíquota única, em substituição às diferentes alíquotas de débito de PIS/Cofins pagas por cada setor, que manteria inalterada a arrecadação de PIS/Cofins decorrente da tributação sobre a demanda final (líquida de exportações) do ano de 2011. Ou seja, a hipótese considerada é que haveria a eliminação da incidência cumulativa de PIS/Cofins na cadeia de produção, do que resultaria uma queda de arrecadação de PIS/Cofins (estimada em R$ 37,4 bilhões), bem como uma mudança na incidência sobre a demanda final (exceto exportações), na qual as diferentes alíquotas atuais do PIS/Cofins seriam substituídas pela alíquota única do IVA (estimada em 6,63%). As únicas exceções foram os setores de Agropecuária e Serviços Públicos, para os quais supôs-se que não haveria incidência de IVA.

Mantida a arrecadação total sobre a demanda final, o IVA redistribui entre os setores da economia o montante de PIS/Cofins inicialmente pago pelos setores. O impacto final da substituição do PIS/Cofins por um IVA sobre o preço dos setores resulta da soma de dois componentes: a) efeito da eliminação a incidência cumulativa do PIS/Cofins (a qual resulta em redução da carga tributária e do preço em todos os setores); e b) efeito da mudança na incidência do tributo sobre a demanda final em decorrência da unificação da alíquota do IVA (que pode resultar na elevação dos preços de alguns setores e na queda dos preços de outros setores, sendo neutra para o conjunto da economia).

Apêndice E - Bases de dados

Esta seção detalha algumas características das bases de dados utilizadas para a realização do estudo. São apresentadas a Matriz Insumo-Produto (MIP), o Balanço Energético Nacional (BEN) e a Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF).

E.1 Matriz Insumo-Produto (MIP)

A Matriz Insumo-Produto utilizada será a nacional de 2010-2011, ano base 2011[68], desenvolvida conforme a metodologia descrita por Guilhoto e Sesso Filho (2005, 2010). Essa matriz é baseada no sistema de Contas Nacionais de 2011, disponibilizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), que descreve a produção e o consumo intermediário dos produtos pelos setores da economia em unidades monetárias (milhões de reais de 2011), utilizando 68 setores e 128 produtos.

A título de exemplo, a Tabela D.1-1 apresenta um pequeno recorte de dois setores da MIP de 2011: Agricultura, silvicultura, exploração florestal; e Pecuária e pesca.

Tabela E.1-1 - Exemplo dos dados contidos na MIP 2011

Valores em milhões R$	Agricultura, inclusive o apoio à agricultura e a pós-colheita	Pecuária, inclusive o apoio à pecuária	Demais setores	Demanda final	Produção total
Agricultura, inclusive o apoio à agricultura e a pós-colheita	5.018	3.841	108.645	93.745	211.248
Pecuária, inclusive o apoio à pecuária	616	3.675	61.623	30.697	96.611
Demais setores	59.507	27.818	3.119.235	3.921.971	7.128.531
Impostos e Importações	21.467	12.649	293.452		
Valor adicionado bruto	124.640	48.628	3.545.576		
Valor da produção	211.248	96.611	7.128.531		

Fonte: Guilhoto e Sesso Filho (2005, 2010). Elaboração própria.

Observando as linhas da tabela deduz-se que o setor *Agricultura, inclusive o apoio à agricultura e a pós-colheita* (setor agrícola) produziu R$ 211.248 milhões em suas atividades

[68] Esta é a versão mais atual disponível.

no ano de 2011[69]. Desse total, R$ 5.018 milhões foram comprados pelo próprio setor agrícola, R$ 3.841 milhões foram adquiridos pelo setor *Pecuária, inclusive o apoio à pecuária* (setor pecuário), R$ 108.645 foram adquiridos pelos *Demais Setores* e R$ 93.745 milhões foram vendidos para a Demanda Final (famílias, governo, investimentos e outros). É importante ressaltar, que, a fim de manter a simplicidade do exemplo, os outros 54 setores da tabela foram agregados sob a categoria *Demais Setores*.

A interpretação para o setor de pecuária e pesca é análoga. Este setor produziu em 2011 um total de R$ 96.611 milhões. Desse montante, R$ 616 milhões foram vendidos para o setor *Agrícola*, R$ 3.675 milhões para o próprio setor de *Pecuária e pesca*, R$ 61.623 para os *Demais Setores* e R$ 30.697 milhões para a Demanda Final. Ou seja, as informações das linhas da MIP descrevem como a produção de um determinado setor foi consumida pelos outros setores da economia e pela demanda final.

Vale ressaltar que, ao observar o valor total da coluna, a matriz informa que o setor agrícola produziu um total de R$ 211.248 milhões em 2011. No entanto, a coluna informa o quanto o setor adquiriu dos demais setores. Assim sendo, para atingir essa produção, foram comprados R$ 5.018 milhões do próprio setor, R$ 616 milhões do setor pecuário e foram adicionados R$ 124.640 milhões a título de impostos, salários e outros. Analogamente, o setor pecuário produziu, no mesmo ano, R$ 96.611 milhões. Para isso, utilizou R$ 3.841 milhões do setor agrícola, R$ 3.675 milhões do próprio setor e adicionou R$ 48.628 milhões em valor. Ou seja, as colunas da Matriz de Insumo-Produto descrevem os insumos que cada setor utilizou a fim de realizar sua produção.

E.2 Balanço Energético Nacional (BEN)

Anualmente, a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), instituição vinculada ao Ministério de Minas e Energia (MME), divulga o Balanço Energético Nacional (BEN). O estudo contém informações sobre a oferta e consumo de energia no Brasil, analisando desde a extração de recursos energéticos primários, sua transformação em formas secundárias, a importação, a exportação e a distribuição final do uso de energia. O BEN também divulga a utilização de recursos energéticos por fonte, em toneladas equivalentes de petróleo (tep), por 20 setores da

[69] Do total de R$ 211.248 milhões, R$ 117.503 milhões foram vendidos como insumos intermediários e R$ 93.745 milhões foram vendidos como demanda final.

economia. A Tabela D.2-1 apresenta esses setores, assim como o consumo de eletricidade desses setores para o ano de 2011.

Nota-se que os setores de transportes e industriais são os mais desagregados. Neles, há, respectivamente, quatro e onze subníveis, compreendendo rodoviário, hidroviário, aéreo, cimento, química, têxtil, alimentos e bebidas, entre outros. Entretanto, apesar do bom nível de desagregação disponível, não há correspondência direta entre os setores existentes no BEN e os setores existentes na Matriz Insumo-Produto. Sendo assim, é necessário fazer uma compatibilização entre os setores presentes na MIP e os setores presentes no BEN, uma vez que a MIP apresenta muito mais setores do que o BEN.

Tabela E.2-1 - Setores disponíveis no BEN e consumo de energia

Setores	Consumo energético em 2011 (10^3 tep)
Setor energético	22.171
Residencial	23.267
Comercial	7.124
Público	3.758
Agropecuário	9.999
Transportes – Total	73.989
Rodoviário	67.896
Ferroviário	1.148
Aéreo	3.623
Hidroviário	1.323
Industrial – Total	88.716
Cimento	5.049
Ferro-gusa e aço	17.401
Ferroligas	1.555
Setores	**Consumo energético em 2011 (10^3 tep)**
Mineração e pelotização	3.335
Não-ferrosos e outros da metalurgia	7.074
Química	7.440
Alimentos e bebidas	22.992
Têxtil	1.201
Papel e celulose	10.195
Cerâmica	4.724
Outras indústrias	7.751
Total	**229.023**

Fonte: EPE/BEN (2011). Elaboração própria.

E.3 Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF)

A Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) do IBGE é uma pesquisa de campo baseada em entrevistas a indivíduos e famílias. A versão mais recente da pesquisa data de 2008-09, possui abrangência nacional, e traz dados sobre as despesas efetuadas, os rendimentos, variação patrimonial e avaliações subjetivas das condições de vida das famílias.

A pesquisa teve duração de 12 meses e ocorreu entre os dias 19 de maio de 2008 e 18 de maio de 2009. Os valores monetários foram contabilizados para períodos distintos: os mais elevados para períodos mais longos e os menores para períodos mais curtos. Por exemplo, rendimentos e informações a eles relacionadas foram coletados num período de referência de 12 meses, enquanto que quantidades de alimentos e bebidas consumidos foram coletadas num período de sete dias.

Como a pesquisa se estende por um período de tempo considerável, podem ocorrer mudanças absolutas e relativas nos preços, requerendo a valoração dos dados a preços de uma determinada data. Por isso, convencionou-se o dia 15 de janeiro de 2009 como a referência fixa para compilação e análise dos resultados. A unidade de análise considerada foi cada uma das 55,9 mil residências entrevistadas no Brasil.

Maior ênfase é dada ao conjunto de microdados que descrevem os hábitos de consumo, alocação de gastos e rendimentos dos agentes e das famílias, além das características sociodemográficas. Isso permite analisar a renda de cada domicílio, identificando suas principais fontes, e como ocorre a alocação de consumo das famílias a partir de uma dada restrição orçamentária, observando-se os efeitos sociais e demográficos.

As variáveis relacionadas à aquisição de produtos encontram-se nos questionários dois e três da POF, que apresentam uma descrição detalhada de todos os itens de consumo adquiridos pela família no período de referência. Além disso, o questionário um apresenta as características dos domicílios e dos moradores, também usadas na análise.

Apêndice F – Coeficientes técnicos de emissão de CO_2

Tabela F-1 - Coeficientes técnicos de emissão de CO_2

Setores	Coeficiente de emissão de CO_2 por setor no CI (t CO_2 / R$ milhões)	Coeficiente de emissão de CO_2 por setor para DF (t CO_2 / R$ milhões)
Agropecuária	53	114
Mineração e Pelotização	77	150
Alimentos e Bebidas	11	135
Têxtil	12	79
Papel e Celulose	206	333
Indústria Química	52	158
Fabricação de produtos de minerais não-metálicos	245	369
Produção de ferro-gusa/ferroligas, siderurgia e tubos de aço sem costura	484	658
Não-Ferrosos e Outros da Metalurgia	104	270
Outras Indústrias	11	112
Comércio e serviços	9	54
Transporte terrestre	667	800
Transporte hidroviário	296	370
Transporte aéreo	373	404
Setor Público	10	38
Setor Energético	320	577

Fonte: Elaboração própria

O Instituo Escolhas conta com o apoio institucional de: