

POLÍTICA INDUSTRIAL VERDE NO BRASIL: IMPACTOS ECONÔMICOS DE OPÇÕES DE MITIGAÇÃO DE GASES DE FEITO ESTUFA - UMA ANÁLISE ATRAVÉS DE EQUILÍBRIO GERAL COMPUTÁVEL (EGC)¹

Área ANPEC: 11 – Economia Agrícola e do Meio Ambiente

Tarik Marques do Prado Tanure (PPGDE/UFPR), tariktanure@gmail.com;
Alexandre Alves Porsse (PPGDE/UFPR), porsse@gmail.com;
Edson Paulo Domingues (CEDEPLAR/UFMG), edson.domingues@gmail.com;

RESUMO

O Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) apresentou em 2017 o projeto “Trajetórias de Mitigação e Instrumentos de Políticas Públicas para Alcance das Metas Brasileiras no Acordo de Paris” com a finalidade de indicar medidas necessárias em setores estratégicos para a redução das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) no Brasil, em conformidade com as metas estabelecidas pelo país no âmbito do Acordo de Paris. Os investimentos necessários para a implementação das medidas promoveriam o aumento da produtividade e da eficiência energética em setores estratégicos, condizentes com premissas de uma política industrial verde. Neste sentido, este trabalho procura avaliar quais seriam os efeitos econômicos, diretos e indiretos, das políticas industriais relacionadas às melhores tecnologias disponíveis (MTD) para mitigação de GEE no médio e longo prazo e seus efeitos sobre a estrutura produtiva brasileira, assim como mensurar o volume de GEE emitido pela economia durante a implementação das políticas. Para tal, utiliza-se de um modelo de Equilíbrio Geral Computável (EGC) denominado BeGreen. Os resultados indicam que a alocação setorial estratégica dos investimentos nas MTD contribuem para o crescimento econômico, a redução líquida de emissões e a equidade de bem-estar. No longo prazo, investimentos oriundos de fluxos monetários incrementais provocariam relevante crescimento econômico, com elevação das emissões totais na economia, comprometendo o objetivo inicial de redução de GEE.

Palavras-chave: Desenvolvimento Sustentável, Mudanças Climáticas, Política Industrial Verde

Classificação JEL: C68, O25, Q54

ABSTRACT

In 2017, the Ministry of Science, Technology, and Innovation (MCTI) presented the project “Mitigation Paths and Public Policy Instruments to Achieve Brazilian Targets in the Paris Agreement” in order to indicate necessary measures in strategic sectors to reduce emissions of Greenhouse Gases (GHG) in Brazil, in accordance with the goals established by the country under the Paris Agreement. The investments needed to implement the measures would promote productivity and energy efficiency in strategic sectors, consistent with the premises of a green industrial policy. In this sense, this work seeks to assess the direct and indirect economic effects of industrial policies related to the best available technologies for GHG mitigation in the medium and long term and its effects on the Brazilian productive structure, as well as to measure the volume of GHG emitted by the economy during policy implementation. This paper uses a Computable General Equilibrium (CGE) model called BeGreen to measure the effects. The results indicate that the strategic sectoral allocation of investments contributes to economic growth, net emission reduction and welfare equity. In the long term, investments arising from incremental monetary flows would cause relevant economic growth, with an increase in total emissions in the economy, compromising the initial objective of reducing GHG.

Keywords: Sustainable Development, Climate Change, Green Industrial Policy

JEL classification: C68, O25, Q54

¹ Os autores agradecem o apoio do CNPq e da Capes (Programa PGPSE) para o desenvolvimento desta pesquisa.

1 INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas globais apresentam-se como o grande desafio a ser enfrentado já no curto prazo em decorrência de seus efeitos diretos e indiretos sobre os ecossistemas e a vida na Terra. As externalidades decorrentes do processo de aquecimento global ampliam as incertezas e a vulnerabilidade dos sistemas socioeconômicos, exigindo ações coordenadas a nível global no esforço de entender, mitigar e adaptar ao fenômeno climático. As medidas relacionadas à adaptação e a mitigação do fenômeno envolvem ações orientadas para o desenvolvimento e adoção de técnicas produtivas em diversos setores industriais, mais eficientes e vinculadas ao uso sustentável dos recursos, e portanto, condizentes com as diretrizes do desenvolvimento sustentável.

Em 2015, durante a 21ª Conferência das Partes (COP21) no âmbito da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (UNFCCC) foi estabelecido o Acordo de Paris, com o objetivo de limitar o aumento da temperatura média global em menos de 2°C acima dos níveis pré-industriais. O Brasil, ratificou o acordo em 2016, se comprometendo a adotar medidas para a redução das emissões de Gases causadores do Efeito Estufa (GEE) por meio de uma Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC). A NDC brasileira estabeleceu o compromisso de reduzir as emissões de GEE em 37% no ano de 2025 e em 43% no ano de 2030, tendo como referência os níveis emitidos em 2005, ou o equivalente a um teto de emissões de 1.300 e 1.200 MtCO_{2e}², respectivamente em 2025 e 2030 (MCTIC, 2017a).

As metas de redução propostas pela NDC brasileira, para serem alcançadas, exigem atuação coordenada do poder executivo e legislativo no sentido de possibilitar a implementação de políticas públicas vinculadas ao um novo arcabouço regulatório capaz de adaptar e estimular atividades econômicas estratégicas, orientadas para o desenvolvimento sustentável e combate às mudanças climáticas, e que, portanto, contribuam para a redução das emissões de GEE. Neste contexto, o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações realizou o projeto “Trajetórias de Mitigação e Instrumentos de Políticas Públicas para Alcance das Metas Brasileiras no Acordo de Paris” (MCTI, 2017a), com o objetivo de indicar o papel que cada setor econômico poderia exercer para o cumprimento das metas estabelecidas pela NDC brasileira. O projeto utilizou dados de outro estudo, mais amplo, denominado “Opções de Mitigação de Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) em Setores-chave do Brasil” (MCTI, 2017b), realizado com recursos do *Global Environment Facility* (GEF) em parceria com a ONU Meio Ambiente, cujo foco era realizar uma análise econômica e energética de longo prazo, até o ano de 2050.

A implementação das metas de redução de emissões de GEE envolvem ações e investimentos que visam aumentar a produtividade industrial via incorporação de inovações tecnológicas orientadas para o ganho de eficiência e menor impacto ambiental em setores avaliados como estratégicos. Tais ações possibilitariam a geração de emprego, renda e crescimento econômico, além de afetarem de maneira indireta os demais setores da economia. Vinculam-se, ainda, com uma agenda de desenvolvimento sustentável para a economia brasileira e, notadamente, com a implementação de uma política industrial verde. Neste sentido, o presente projeto de pesquisa avalia de forma sistêmica as relações entre a política industrial sugerida para o cumprimento da NDC e o desenvolvimento econômico em perspectiva de longo prazo, procurando responder as seguintes questões: 1) Quais seriam os efeitos macroeconômicos e setoriais decorrentes da política industrial implementada? 2) Quais seriam os setores mais e menos beneficiados pelas políticas implementadas? 3) Quais seriam os efeitos distributivos sobre o bem-estar das famílias? 4) Qual seria o volume de GEE emitido pelos demais setores da economia para atender as demandas induzidas pela política de redução em setores estratégicos?

A mensuração dos efeitos econômicos diretos e indiretos dos investimentos mostra-se relevante, pois amplia o escopo do projeto proposto pelo MCTI (2017a), apresentando os efeitos econômicos sistêmicos da implementação das políticas, em termos de nível de atividade, renda e emprego, e avaliando sua contribuição para a estrutura produtiva e desenvolvimento sustentável do Brasil. Destarte, avalia as MTD sob o ponto de vista do desenvolvimento econômico, através da implementação de uma política industrial verde. Para mensurar os impactos econômicos sistêmicos decorrentes das políticas industriais sugeridas pelo documento do MCTI (2017a), utilizar-se-á um modelo de Equilíbrio Geral Computável (EGC),

² Toneladas métricas de CO₂ equivalente é a medida que expressa a quantidade de GEE em termos equivalentes da quantidade de dióxido de carbono (CO₂).

denominado BeGreen (Magalhaes, 2013). O modelo apresenta base de dados atualizada, com Matriz de Insumo Produto de 2015 e matriz de emissões de 2019, estrutura de dinâmica recursiva, especificação energética detalhada, e módulo ambiental que possibilita a projeção de políticas de redução de emissões. Portanto, capacitado para analisar os impactos econômicos diretos e indiretos das políticas de mitigação.

O estudo está dividido em 8 sessões, incluindo esta introdução. A sessão 2 apresenta uma breve revisão de literatura sobre política industrial verde no Brasil; a sessão 3 apresenta a metodologia utilizada no estudo; a sessão 4 especifica as simulações realizadas; a sessão 5 apresenta os resultados simulados; a sessão 6 as Considerações Finais, além das referências e Apêndice.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 POLÍTICA INDUSTRIAL VERDE: DEFINIÇÕES E EVIDÊNCIAS NO BRASIL

Uma política industrial refere-se a ações do governo para alterar a estrutura de uma economia, alocando recursos para setores específicos que são percebidos como desejáveis para o desenvolvimento futuro. Tradicionalmente, a política industrial concentra em medidas de aprimoramento da produtividade como principal mecanismo indutor de retornos crescentes de capital e trabalho, e em medidas de estímulo à mudança estrutural, promovendo a realocação de capital e mão-de-obra de atividades de baixa produtividade para atividades de alta produtividade, com o objetivo de permitir o crescimento econômico e o aumento de bem-estar e renda (ALTENBURG; RODRIK, 2017). Os objetivos da política industrial se adaptam de acordo com as demandas vigentes e o contexto em que são formuladas, mas mantêm o foco na mudança estrutural e na produtividade.

O fenômeno das mudanças climáticas impõe um novo desafio à sociedade e, neste sentido, as opções de política para gerenciar mudanças estruturais precisam responder tanto aos desafios de acelerar a mudança estrutural em direção a uma maior produtividade, de maneira socialmente inclusiva, assim como alinhar o desenvolvimento econômico com as questões ambientais. Ou seja, à medida que a mitigação das mudanças climáticas e outros desafios ecológicos influenciam cada vez mais a direção futura do desenvolvimento econômico, as considerações ambientais precisam se tornar uma parte essencial da formulação de políticas industriais. É disso que trata a política industrial verde (ALTENBURG; RODRIK, 2017).

Conceitualmente, a política industrial verde é definida como qualquer medida governamental que vise acelerar a transformação estrutural em direção a uma economia de baixo carbono e com eficiência de recursos, de maneira que também permita aprimoramentos de produtividade na economia. Políticas ambientais e energéticas que deliberadamente empurram as mudanças estruturais nesta direção desejada, são consideradas parte da política industrial verde (ALTENBURG; RODRIK, 2017). Neste sentido, o conceito dialoga com requisitos para a promoção do desenvolvimento sustentável, que compreende o desenvolvimento econômico, juntamente com a equidade social e a proteção ao meio ambiente.

Dentro da concepção teórica de política industrial verde, podemos ainda identificar dois componentes importantes que sustentam o conceito, i) *Green Industry* e ii) *Greening of Industry*. Segundo Schwarzer (2013), o primeiro termo se refere ao desenvolvimento e criação de indústrias orientadas para a produção de bens e serviços de melhor performance ambiental ou com tecnologia disruptiva, como por exemplo, a produção de carros elétricos. O segundo se refere à eficiência na utilização dos recursos e ao *resource decoupling*, entendido como a redução da taxa de recursos por unidade produzida (Soares; Diogo, 2017). Logo, o aumento de eficiência/produtividade e o desenvolvimento de novos produtos com tecnologias sustentáveis, compõem o escopo de uma política industrial verde.

A implementação de uma política industrial verde pode ser realizada através de distintas abordagens, com destaque para a utilização de mecanismos de comando e controle, a imposição de taxas ambientais, a proteção de segmentos industriais estratégicos e os incentivos à indústria (Schwarzer, 2013). Tais mecanismos são usualmente utilizados de maneira conjunta e de certa forma se complementam.

Segundo Schwarzer (2013), os mecanismos de regulação e controle, instituem restrições na utilização de determinadas tecnologias poluidoras e defasadas, em termos de emissões e de uso de recursos, representando um aumento do custo para o capital aplicado nessas tecnologias. Já a imposição de taxas ambientais estipulam o pagamento de uma taxa pelo volume de emissões efetuadas no processo produtivo. O mecanismo possibilita a realização do duplo dividendo, promovendo a redução de emissões e ampliando as receitas fiscais, que poderiam retornar na forma de incentivos fiscais direcionados pela própria política

industrial verde. O mercado de crédito de carbono, já utilizado em países desenvolvidos, tem seu funcionamento atrelado a esse mecanismo.

A proteção à indústria verde é verificada pela imposição de taxaço ou restriçoões à importação de determinados componentes, visando proteger a indústria nacional verde ou restringir a utilização de insumos obtidos de forma não sustentável. Soares e Diogo (2017) indicam que esta dimensão é alvo de controvérsias em virtude dos efeitos positivos do livre comércio sobre as transferências de bens, serviços e tecnologias verdes. Já o apoio via subsídios e desenhos de políticas públicas específicas para indústrias estratégicas, compreende o último aspecto utilizado para implementar uma política industrial verde. Segundo Scwharzer (2013), esta abordagem é complexa pois exige a seleção de setores “campeões”, num processo que muitas vezes não é apenas técnico. Desta forma o mecanismo poderia causar distorçoões tributárias e exigiria um planejamento estratégico de remoçoão futura de subsídios.

O sucesso das medidas, isoladas ou realizadas em conjunto, depende em grande parte do arcabouço institucional que orienta as relações entre as indústrias e as agências reguladoras. Segundo Rodrik (2014), os agentes (indústrias) possuem estruturas de custos parcialmente conhecidas pelas agências reguladoras (principal), implicando em assimetrias de informação e dificultando um melhor desenho de política ou atuação. Nesse sentido, quanto mais próxima, ou enraizada (*embeddedness*), for a relação principal/agente, menores serão as incertezas e mais bem sucedida será a política, e para que isso ocorra, regras claras de atuação, mecanismos de incentivos e prestação de contas devem estar bem estabelecidos.

2.2 POLÍTICAS INDUSTRIAIS VERDES NO BRASIL

No Brasil, as primeiras medidas características de uma política industrial verde foram estabelecidas de maneira incipiente dentro de outras políticas de desenvolvimento industrial com propósito mais amplo. Relativamente recentes, surgiram em conformidade com a maior evidência dos impactos das emissões antrópicas de GEE no processo de aquecimento global e mudanças climáticas, seguindo recomendaçoões oficiais de organismos internacionais, a partir das tratativas do Protocolo de Kyoto, e focando sobretudo, no setor de energias renováveis.

Em 2003 foi lançado a Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE), com o propósito de ampliar a eficiência da estrutura produtiva, estimular a capacidade de inovação e expandir as exportações. A PITCE apresentou-se como uma política industrial clássica, com prerrogativas relacionadas à mudança estrutural, ganhos de produtividade, aumento de competitividade, geração de renda, emprego e crescimento econômico. Dentre as diretrizes propostas pela política, destaca-se uma dentro do escopo da política industrial verde, incipiente, mas marcada como ponto de partida para medidas do tipo no país: “(...) *Estimular o incremento de atividades portadoras de futuro, como biotecnologia, software, eletrônica, novos materiais, nanotecnologias, energia renovável, biocombustíveis e atividades derivadas do Protocolo de Kyoto*” (BRASIL, 2003, p. 10). Os mecanismos de implementação foram concentrados em concessão de subsídios, linhas de crédito especiais, aumento de bolsas de pesquisas e leis de incentivos fiscais.

O PITCE vigorou até 2008, quando outras políticas de cunho mais específico e de certa forma vinculadas à um caráter anticíclico, em decorrência da crise internacional de 2008, foram lançadas. Neste escopo encontram-se o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), o Programa Minha Casa Minha Vida, o Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação (PACTI) e a Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP), este último dando continuidade às medidas do PITCE. No entanto, a PDP também apresentou foco menor em instrumentos verdes, que se resumiram em estimular os setores de energia renovável e assegurar a sustentabilidade socioambiental da produção de bioetanol e biodiesel (SOARES; DIOGO, 2017).

Dando continuidade ao PITCE e ao PDP, foi lançado o Plano Brasil Maior (PBM), em 2011, sob o lema “Inovar para Competir, competir para crescer”. O programa focava em estímulos à inovação e à produção com medidas transversais e setoriais. Cinco eixos temáticos foram priorizados: i) fortalecimento das cadeias produtivas; ii) ampliação de novas competências tecnológicas; iii) desenvolvimento das cadeias de suprimentos em energias; iv) ampliação de mercados e v) consolidação de competências na economia do conhecimento dos recursos naturais. Grande parte das medidas foram abordadas via concessão de subsídios, desoneração em folha de pagamento e proteção a determinadas indústrias. Dentre as diretrizes do PBM, a terceira e a quinta se enquadram em políticas industriais verdes, posto que abordam estímulos

aos setores produtores de energias renováveis e medidas de eficiência em produtos e processos orientados para uma produção mais limpa, com geração de menos resíduos, com viés sustentável (MATTOS, 2013).

O PBM foi alvo de inúmeras críticas, sobretudo em relação à sua eficácia, posto que os instrumentos operados eram concentrados em desonerações fiscais, sem um mecanismo bem definido de contrapartida pelos setores, implicando em distorções tributárias e grande custo econômico, inclusive no momento que findaram as desonerações, com o agravamento da crise fiscal a partir de 2014. De maneira geral, as críticas sobre o PBM se estendem às políticas antecessoras, PITCE e PDP, direcionam-se para o fraco mecanismo de controle por parte do governo e a ausência de contrapartida e desempenho por parte dos beneficiários. É notório o excesso de assimetria de informações e a fraca relação agente/principal na concepção dos programas, evidenciando o problema de *embeddedness*, denominado por Rodrik (2014), e a complexidade de utilizar estímulos fiscais como indutor de políticas industriais verdes, como mencionado por Scwharzer (2013).

Em 2016, num contexto de grave restrição fiscal, foi lançado o Programa Brasil Mais Produtivo (B+P), idealizado para manter os esforços em torno do desenvolvimento industrial, mas com abordagem distinta dos planos anteriores. Ainda em vigor, o programa foca em intervenções diretas via consultoria técnica executada pelo Senai e vinculadas à indicadores de desempenho, com o objetivo de promover ganhos de produtividade em processos produtivos intrafirma nos setores de alimentos e bebidas, metalmeccânico, moveleiro e calçados. Aborda três eixos temáticos: i) manufatura enxuta; ii) eficiência energética e iii) digitalização e conectividade (CEPAL, 2018). O eixo dois, eficiência energética, confere um viés de política industrial verde ao programa, que possui metas de desempenho a serem cumpridas até 2022.

Para além das políticas industriais apresentadas, existe um esforço orientado pela Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2016-2022, para orientar políticas, comportamentos e estudos relacionados à agenda climática. Segundo o documento do MCTIC (2017b) é imprescindível promover o desenvolvimento científico e tecnológico com vistas à melhor compreensão do fenômeno climático e vinculadas a ações compatíveis com o desenvolvimento sustentável. Nesse contexto, foi lançado em 2017 o estudo “Trajetórias de mitigação e instrumentos de políticas públicas para o alcance das metas brasileiras no Acordo de Paris” com o intuito de apresentar o estado da arte em termos de conhecimento científico sobre tecnologias atuais que poderiam ser utilizadas em diversos setores industriais, com vistas à redução das emissões de GEE.

As medidas setoriais indicadas pelo projeto do MCTIC (2017a) apresentam os pressupostos que orientam a política industrial verde, vinculando medidas de estímulo ao aumento de produtividade e à utilização de tecnologias ambientalmente sustentáveis, em linha com o *resource decoupling*. As medidas do projeto são amplas e transversais, compreendendo um conjunto diverso de setores complementares na cadeia produtiva, e setores com pouca ou nenhuma ligação entre si. Estão no escopo do projeto os subsetores industriais produtores de i) alimentos e bebidas; ii) cerâmica; iii) cimento; iv) ferro-gusa e aço; v) ferroligas; vi) metalurgia de metais não ferrosos; vii) mineração e pelotização; viii) papel e celulose; ix) químico; x) têxtil; xi) cal e vidro; além dos setores de xii) transporte; xiii) transmissão de energia; xiv) combustíveis; e xv) agricultura, floresta e outros usos do solo. O Quadro 1 apresenta os setores estratégicos e suas respectivas medidas em termos de mitigação de GEE.

Quadro 1: Opções de mitigação setorial do Projeto “Trajetórias de mitigação e instrumentos de políticas públicas para o alcance das metas brasileiras no Acordo de Paris”

Setor (Segmento)	Opções de Mitigação
Indústria (cimento)	Troca de combustíveis
Indústria (siderurgia)	Eficientização na recuperação de calor nos processos
Indústria (siderurgia)	Troca de combustíveis
Indústria (outros setores)	Troca de combustíveis
Energia (refino)	Eficientização elétrica em motores
Indústria (químico)	Eficientização na recuperação de calor nos processos
Gestão de resíduos (RSU)	Degradação de biogás de aterro sanitário com <i>flare</i>
Indústria (cimento)	Eficientização na recuperação de calor nos processos
Energia (refino)	Eficientização no consumo de hidrogênio

Indústria (outros setores)	Eficientização na recuperação de calor e vapor nos processos
AFOLU (florestas)	Expansão do cultivo de florestas comerciais
Indústria (químico)	Eficientização na recuperação de vapor nos processos
Energia (E&P de óleo e gás)	Redução de <i>flare</i> e instalação de unidades de recuperação de vapor
Gestão de resíduos (RSU)	Aproveitamento de biogás para produção de biometano
AFOLU (florestas)	Redução do desmatamento
Indústria (outros setores)	Eficientização de fornos e otimização de processos
Energia (elétrico)	Repotenciação de usinas hidrelétricas
Transportes (rodoviário)	Eficientização de caminhões e ônibus movidos à diesel
Gestão de resíduos (RSU)	Aproveitamento de biogás para geração de eletricidade
Energia (refino)	Eficientização na recuperação de calor e vapor nos processos
Gestão de resíduos (RSU)	Difusão da biodigestão para produção de eletricidade
Gestão de resíduos (efluentes)	Aproveitamento de biogás de efluentes para geração de eletricidade
Gestão de resíduos (RSU)	Difusão da biodigestão para produção de biometano
Energia (elétrico)	Substituição de térmicas a carvão por biomassa e cogeração a bagaço
AFOLU (pecuária)	Recuperação de pastagens degradadas
Transportes (passageiros)	Mudança modal (automóveis para ônibus e metrô)
AFOLU (pecuária)	Intensificação da pecuária por meio da expansão do confinamento
Gestão de resíduos (RSU)	Ampliação da reciclagem de RSU
AFOLU (florestas)	Ampliação da recomposição da vegetação nativa
Gestão de resíduos (RSU)	Incineração de resíduos
Transportes (cargas)	Mudança modal (rodoviário de cargas para ferroviário e hidroviário)
AFOLU (agricultura)	Incremento nos sistemas integrados de cultivo
AFOLU (agricultura)	Expansão do plantio direto e do uso de inoculantes
Edificações (residencial)	Eficientização de fogões a GLP e gás natural
Outras atividades de baixo carbono menos representativas para a redução das emissões setoriais	

Fonte: Adaptado de MCTI (2017a)

Os investimentos dimensionados para os setores do projeto, poderiam, no longo prazo, induzir a uma mudança da estrutura produtiva do Brasil, posto que contempla parcela significativa de setores econômicos. Tais medidas, se de fato implementadas, promoveriam alterações nos fluxos de emprego, renda, nível de atividade e preços entre os setores da economia brasileira, e portanto, com efeitos importantes em termos de bem-estar para a sociedade. Neste sentido, o presente estudo procura mensurar os impactos econômicos decorrentes da adoção das melhores tecnologias disponíveis setoriais, indicadas pelo projeto do MCTI (2017a). A Tabela A1, na sessão Apêndice, apresenta os custos de implementação setoriais das MTD e respectivas reduções de emissões de GEE.

3 METODOLOGIA

Este trabalho utiliza o modelo BeGreen - *Brazilian Energy and Greenhouse Gas Emissions General Equilibrium Model* (Magalhães, 2013), que apresenta estrutura de dinâmica recursiva e módulo ambiental que possibilita a projeção de emissões oriundas do uso de combustível e nível de atividade, para 138 setores. O BeGreen segue a abordagem proposta por Johansen (1960), cuja estrutura matemática é representada por um sistema de equações lineares, com variáveis na forma de taxas de variação percentual. A detalhada especificação de setores, produtos e parâmetros relacionados à questão energética brasileira, utiliza dados do Ministério de Minas e Energia (MME) e de agências reguladoras do setor energético, como Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) e Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Utiliza a MIP mais recente disponibilizada pelo IBGE (2015), atualizada para 2020, e matriz de emissões oriunda da base do Sistema de Estimativas de Emissões de Gases do Efeito Estufa (SEEG, 2019), do Observatório do Clima.

O modelo possui um módulo ambiental que permite o cômputo das emissões setoriais direta e indiretamente relacionadas aos investimentos propostos. Outra característica relevante do BeGreen é a decomposição das famílias segundo decis de renda da POF (2009). Posto que o consumo e a proporção de gastos em bens energéticos é heterogêneo entre as famílias, incrementos de eficiência energética podem trazer alterações na utilidade das famílias. O modelo permite a análise dos impactos entre 11 famílias representativas. A demanda das famílias é orientada por uma função de utilidade não homotética de Stone-Geary (Peter et al.,

1996). A composição de consumo final e intermediário de bens nacionais e importados é determinada por uma função de elasticidade de substituição constante (CES).

A dinâmica recursiva do BeGreen, é determinada pela modelagem intertemporal do comportamento do investimento e estoque de capital. A disponibilidade de capital é endógena e vinculada aos períodos anteriores (*backward looking*), não respondendo a expectativas. O desempenho do investimento e do estoque de capital é determinado por taxas de depreciação e retorno pré-estabelecidos, assumindo um mecanismo de amortecimento quanto a respostas de investimentos. O mercado de trabalho também possui ajuste intertemporal, via salário real, emprego atual e emprego tendencial. O módulo ambiental realiza a contabilização das emissões de GEE em termos de CO₂ equivalente, através de cada agente emissor: i) tipo de combustível; ii) indústrias; iii) famílias; e por atividade emissora, permitindo a simulação de políticas de eficiência energética, controle de emissões e taxaço do carbono (Magalhães, 2013).

No modelo, as exportações setoriais são orientadas por curvas de demanda negativamente associadas ao custo de produção doméstico e positivamente em relação à renda internacional, exógena no modelo, e considerando a hipótese de país pequeno no comércio internacional. O consumo do governo é exógeno, e os estoques seguem o desempenho da produção. Em relação à estrutura produtiva, o BeGreen apresenta 138 setores e 138 produtos, ou seja, cada setor produz apenas um produto, demandando bens energéticos, insumos intermediários e fatores primários terra, capital e trabalho. As firmas minimizam custos de produção para cada nível de produto, sujeitas à retornos constantes de escala (Magalhães, 2013).

No processo produtivo do BeGreen as firmas inicialmente determinam a composição de insumos energéticos de compostos renováveis (carvão vegetal, etanol e energia elétrica), autogeração de energia elétrica (Hidráulica, eólica, solar, térmica à biomassa, térmica à carvão, térmica à gás, térmica nuclear) e composto não renovável (naftas de petróleo, óleo diesel, óleo combustível, gasolina/álcool, outros derivados de refino de petróleo). Uma função do tipo CES orienta a substituição entre as energias. Em seguida, as firmas definem a composição do composto energético utilizado, também orientados por uma CES. Por fim, os setores minimizam custos de produção combinando insumos intermediários, fatores primários e composto energético, com utilização determinada por uma função de produção de proporções fixas, do tipo Leontief.

4 CENÁRIOS DE REFERÊNCIA E DE POLÍTICA INDUSTRIAL VERDE

Com o objetivo de avaliar os impactos econômicos decorrentes dos investimentos em melhores tecnologias disponíveis nos setores indicados pelo projeto “Trajetórias de Mitigação” do MCTI (2017a), foram realizadas simulações no modelo BeGreen utilizando como referência dados extraídos do documento oficial do projeto. Segundo o MCTI (2017a), a adoção das melhores tecnologias disponíveis, no montante de US\$28,5 bilhões até 2025 e US\$ 41,1 bilhões até 2030, reduziriam o consumo energético e promoveriam uma redução acumulada de 88,4 MtCO₂e e 357,1 MtCO₂e, em 2025 e 2030, respectivamente.

Para o cumprimento do Acordo de Paris, investimentos no valor de US\$1,7 bilhões até 2025 e de US\$11,1 bilhões até 2030, seriam necessários. Contudo, como a adoção das MTD exige esforços de diferentes agentes, inclusive via adequação legislativa, o MCTI (2017a) ampliou o estudo com medidas e investimentos adicionais, para dar mais espaço para o cumprimento das metas. Portanto, o volume de investimento e as reduções de emissões associadas seriam mais que suficientes para o cumprimento das metas acordadas. A Tabela 1 apresenta os valores de investimento e de redução de emissões setoriais do projeto do MCTI (2017a) e utilizados neste estudo.

Tabela 1: Emissões evitadas e custos de adoção das melhores tecnologias disponíveis

Setores	2025		2030	
	Custo	Emissões	Custo	Emissões
	US\$ milhões	BC (MtCO ₂)	US\$ milhões	BC+I (MtCO ₂)
Cimento	34,2	3,9	32,7	3,8
Siderurgia	2,4	0,2	18,3	18,8
Outras Indústrias	203,8	9,4	203,2	11,7
Químico	32,5	2,1	32,5	2,5
Biocombustíveis	399,0	1,3	399,0	5,0
Fontes ren. de geração de energia elétrica	145,8	1,8	2776,9	26,0
Óleo e gás natural	1043,2	10,1	1160,4	34,3
Transportes	5147,0	13,9	4617,4	24,1
Edificações	201,5	0,1	925,0	0,4

Agricultura, florestas e outros usos do solo	5048,0	28,0	17803,5	138,8
Gestão de resíduos	1539,8	10,5	1539,8	40,1
Setores Energéticos	14797,6	7,1	11657,6	51,6
Total	28594,8	88,4	41166,3	357,1

Fonte: Elaboração própria com base em MCTI (2017)

O estudo do MCTI (2017a) utiliza o horizonte temporal de 5 anos para o alcance das metas em 2025, e de 10 anos para o alcance das metas em 2030. Contudo, em virtude da atual conjuntura de restrição fiscal e agravamento da crise econômica em decorrência da pandemia pelo COVID-19, o cumprimento do cronograma ficou comprometido. Neste sentido, as projeções realizadas nesse trabalho consideram os mesmos horizontes temporais, de 5 e 10 anos, mas com início dos investimentos em MTD postergado para 2023.

Para a elaboração dos choques utilizados nas simulações, os valores de investimentos setoriais e o volume de emissões evitadas foram transformados em taxas equivalentes anuais, compreendendo o período de cinco anos, para a simulação entre 2023 e 2027, e compreendendo o período de dez anos, para a simulação entre 2023 e 2032. O mesmo foi realizado com os choques de eficiência energética, utilizado como *proxy* para a implementação das MTD. Como o documento oficial do projeto não apresenta taxas de eficiência energética, utilizou-se os dados de projeções de eficiência setoriais do Plano Decenal de Expansão de Energia de 2030 (BRASIL, 2021), que considera o progresso induzido via incorporação gradativa de novas tecnologias *greenfield* e políticas incidentes sobre as indústrias brasileiras, e o progresso tendencial, correspondente à trajetória do tipo *business as usual*, via reposição tecnológica ao término da vida útil dos equipamentos em uso. Tais premissas são semelhantes às utilizadas no projeto do MCTI (2017a).

O cenário de política, representado pelos investimentos em MTD, é contraposto em relação à um cenário base em que o desempenho da economia é determinado por dados e projeções oficiais, seguindo um padrão *business as usual*. O cenário base considera o desempenho recente das principais variáveis macroeconômicas no Brasil, entre o período de 2015 a 2020, compreendendo inclusive os efeitos da crise econômica ocasionada pelo Covid-19. A base de dados do modelo foi atualizada para 2020, utilizando dados de desempenho histórico do PIB, Exportações Setoriais, Gastos do Governo, Gastos das Famílias e Investimentos. Os cenários macroeconômicos para os períodos 2021/2027 e 2021/2032 foram construídos de acordo com projeções de PIB segundo o Boletim Focus do Banco Central (BCB, 2021) e consideram o teto de gastos determinado pela Emenda Constitucional nº95 de 2016 (BRASIL, 2016). No cenário base também foi incluída a projeção de progresso tecnológico setorial tendencial. A Tabela 3 apresenta os cenários de desempenho econômico utilizado nas simulações.

Tabela 2: Variáveis Macroeconômicas no Cenário de Referência

Variáveis Macroeconômicas	Crescimento anual (Var. %)						
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022-2032
PIB	-3,3	1,3	1,8	1,4	-5	3,6	2,5
Consumo das Famílias	-3,8	2	2,4	2,2	-6,3	-	-
Consumo do Governo	0,2	-0,7	0,8	-0,4	-4,9	0	0
Investimento	-12,1	-2,6	5,2	3,4	-5,5	-	-
Exportações	0,9	4,9	4,1	-2,4	-0,9	-	-

Fonte: Elaboração própria

Dois cenários de política foram simulados. O primeiro, denominado de Cenário Restrito, considera que os investimentos necessários para a implementação das MTD seriam induzidos por meio de medidas de comando e controle que aumentam os custos das tecnologias poluidoras e defasadas. Consideramos que essa oneração produz uma realocação dos investimentos dentro da economia, promovendo a migração de capital para os setores estratégicos indicados pelo MCTI(2017a), porém com o nível de investimento total fixo conforme o cenário de referência. O segundo cenário, denominado Cenário Irrestrito, considera que o volume de recursos necessários para a adoção das MTD seriam originados de mecanismos de crédito e financiamento de novos investimento voltados ao uso tecnologias sustentáveis, representado fluxos monetários adicionais de inversões que aumentam o nível de investimento inicialmente considerado no cenário de referência. Para sua realização, um esforço de captação de recursos, sobretudo de fundos

internacionais vinculados à mitigação, a exemplo do Fundo Verde para o Clima, ou subsídios setoriais, seriam necessários.

Os choques de investimento nos setores estratégicos indicados pelo MCTI (2017a) promovem uma alocação de fatores primários de produção. Nos setores que recebem investimento, trabalho e terra são alocados de forma a acomodar um maior uso de capital. Nos setores que não recebem choques de investimento, a alocação ocorre em decorrência da alteração dos preços relativos dos fatores primários, dada a maior ou menor disponibilidade do fator trabalho. Os choques de eficiência energética, por sua vez, fazem com que o custo de produção por unidade se reduza, dada a menor necessidade de uso energético. A redução dos custos implica em redução dos preços efetivos, impactando o consumo das famílias e as exportações. A eficiência energética também pode afetar indiretamente o uso de fatores primários de produção, via alteração do nível de atividade econômica. Por fim, os choques de emissões implicam em menor emissão de CO₂ equivalente por uso de combustível. O efeito líquido desses mecanismos de ajuste, somado à estrutura de custos dos setores e à magnitude dos choques, determinam a intensidade e a direção dos resultados das simulações.

5 RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES E DISCUSSÃO

Os resultados das simulações de política com o modelo BeGreen (Magalhaes *et al.*, 2013) são interpretados como desvios em relação ao cenário de referência, ou seja, cenário em que não haveria investimentos relacionados às MTD como sugerido pelo MCTI (2017a). Nesta seção serão apresentados os resultados dos cenários simulados. O primeiro considera que o montante investido seria originado de realocações de investimento para os setores-chave indicados pelo MCTI (2017a), ou seja, via deslocamento de capital entre os setores da economia, sem aporte monetário adicional. O segundo, considera um aporte incremental de investimentos na economia, no montante proposto pelo MCTI (2017a). Ambos os cenários consideram simulações referentes aos períodos 2021/2027 e 2021/2032, com os choques de investimento, emissões e eficiência energética, iniciando em 2023.

5.1 RESULTADOS PARA O CENÁRIO RESTRITO

Ao considerar investimentos direcionados para os setores estratégicos, supomos que novas medidas regulatórias sejam viabilizadas para canalizar os investimentos sobre os setores indicados pelo projeto. Como apontado pelo MCTI (2017a), o montante seria investido em MTD, que em última instância implicaria em reduções setoriais do consumo energético e de emissões de CO₂. O Cenário Restrito considera que os recursos monetários necessários para a realização dos investimentos setoriais nas MTD já estariam disponíveis na economia, sendo apenas realocados para os setores estratégicos. Neste sentido, o volume total de investimento condizente com o desempenho do PIB e demais variáveis macroeconômicas projetadas no cenário de política, é o mesmo volume disponível no cenário base.

5.1.1 RESULTADOS DO CENÁRIO RESTRITO NO MÉDIO PRAZO

As simulações para o período de 2027 consideram que as MTD seriam incorporadas gradualmente a partir de 2023, com horizonte temporal de 5 anos. Como resultado, destaca-se que mesmo sem aporte incremental de recursos para a adoção das MTD, e apenas com realocação de recursos dentro da economia, as medidas trariam resultados positivos. A Tabela 3 apresenta o desempenho das principais variáveis macroeconômicas em decorrência da implementação do Cenário Restrito.

Tabela 3: Variáveis Macroeconômicas no Cenário Restrito de Médio Prazo

Variáveis Macroeconômicas	Desvio anual acumulado em relação ao cenário base (Var. %)				
	2023	2024	2025	2026	2027
PIB	0,08	0,17	0,26	0,34	0,38
Consumo das Famílias	0,07	0,12	0,17	0,18	0,14
Consumo do Governo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Investimento	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Importações	-0,16	-0,30	-0,44	-0,57	-0,71
Exportações	0,10	0,27	0,49	0,73	0,98
Emprego	0,06	0,14	0,24	0,34	0,43
Emissões	-1,18	-2,13	-2,83	-3,30	-3,58

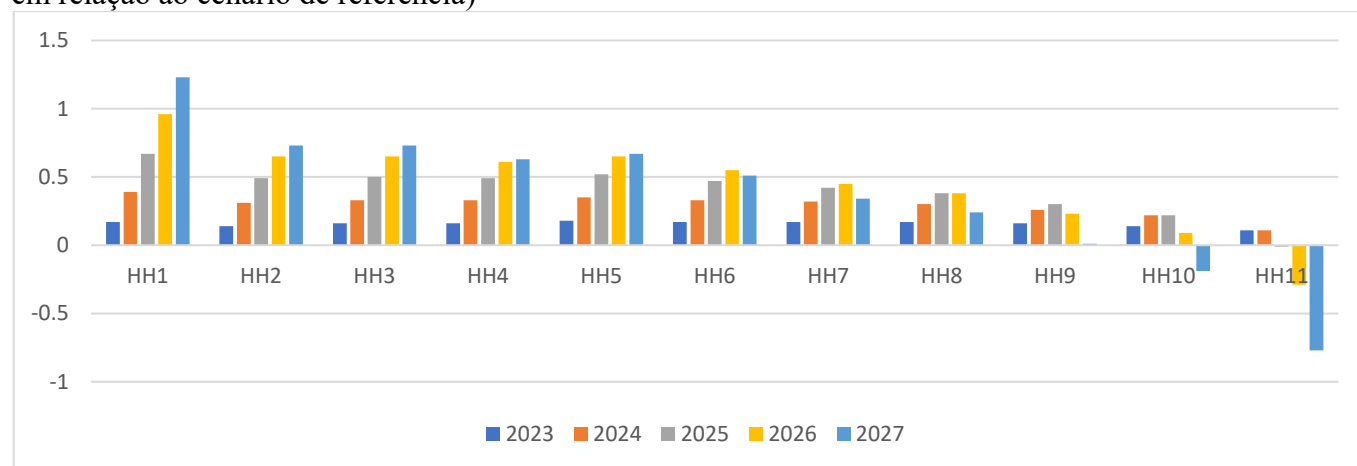
Fonte: Elaboração própria

Verifica-se que o desempenho do investimento agregado não se altera em relação ao cenário base em virtude de os recursos serem realocados para os setores estratégicos selecionados pelo MCTI (2017a). No entanto, mesmo sem aporte incremental de recursos via investimento e via gasto do governo em decorrência do Teto de Gastos (BRASIL, 2017), o Produto Interno Bruto apresentaria desempenho positivo ao longo do tempo, chegando a ser 0,38% maior em 2027, em virtude da adoção das MTD. O nível geral de emprego também se elevaria, com incremento acumulado de 0,43% em 2027. Com níveis de emprego e produção maiores, haveria aumento no nível de renda e consequentemente no nível de consumo das famílias.

A adoção das MTD, ao promover maior eficiência energética, implicaria em redução dos custos de produção e menores níveis de preço final. Esse efeito, além de promover o aumento de renda real das famílias e aumento do consumo, também impactaria de maneira positiva a balança comercial, com incremento de 0,98% das exportações e redução de 0,71% das importações em 2027, posto que de maneira agregada, os produtos nacionais ficariam relativamente mais baratos. Em termos de emissões, mesmo havendo crescimento econômico, as emissões totais na economia seriam reduzidas em 3,58%, ou 49.820 giga gramas de CO2 equivalente, evidenciando que as MTD adotadas em setores estratégicos, de fato são eficientes em promover a redução dos GEE, com vistas ao cumprimento das metas do acordo de Paris.

A adoção das MTD sob o ponto de vista distributivo também é positiva, posto que promove o aumento da eficiência energética. As 11 famílias representativas, desagregadas no modelo por decis de renda e perfis de gastos por unidade familiar de acordo com a POF, capturam a participação das famílias no consumo. Como as famílias de menor renda gastam maior proporção da renda com produtos energéticos, os quais se beneficiariam com incrementos em eficiência energética e investimentos, tornando-os mais baratos, as famílias teriam ganho de renda real, e portando, aumentariam seu consumo e sua utilidade. A partir de 2025, a família de maior decil de renda apresentaria redução de utilidade, tal efeito pode ser atribuído à elevação dos custos e dos preços relativos dos produtos não contemplados pelas MTD. A Figura 2 apresenta os resultados em termo de utilidade.

Figura 2: Utilidade das Famílias Representativas no Cenário Restrito de Médio Prazo (Var. % Acumulada em relação ao cenário de referência)



Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo.

No cenário restrito, o volume monetário alocado para investimentos na economia seria deslocado para os setores estratégicos mapeados pelo MCTI (2017a). Neste sentido, sob o ponto de vista dos resultados setoriais, espera-se que os setores contemplados pelas MTD se destaquem em termos de desempenho econômico. Dentre os 20 setores mais positivamente afetados, todos estão no escopo do projeto do MCTI (2017a), conforme verificado pela Tabela 4.

Tabela 4: Nível de Atividade Setorial no Cenário Restrito (2027)

Setor	Desv. % Acumulado	Setor	Desv. % Acumulado
Combustível para Aviação	17.39	Energia Termo a Gás	-6.49
Naftas de Petróleo	16.97	Energia Termo a Carvão	-5.98
Gás Natural	12.94	Energia Nuclear	-3.47
Outros de Refino de Petróleo	12.36	Energia Termo Óleo Combustível	-2.85
Óleo Combustível	10.22	Energia Termo Óleo Diesel	-1.78
Energia Solar	6.21	Comércio Eletrônicos	-1.46
Transmissão de Energia	6.17	Aluguel Importado	-1.27
Térmica Biocombustível	6.17	Aluguel Não Imobiliário	-1.24
Energia Hidroelétrica	6.09	Minério de Ferro	-1.18
Pequenas Centrais HDE	6.09	Aluguel Efetivo	-1.13

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo BeGreen.

Dentre os setores mais negativamente afetados, configuram-se no topo, os energéticos que não foram contemplados pelo projeto do MCTI (2017a). Energia gerada pelas Térmicas a Gás, a Carvão, Nuclear, por Óleo Combustível e por Óleo Diesel, por não receberem investimentos, teriam seus preços relativos aumentados em decorrência do aumento dos custos de produção, dado que trabalho e capital ficariam mais escassos. Portanto, tem-se um efeito substituição negativo na demanda pelos produtos desses setores. Os demais setores apresentariam pequena retração no nível de atividade econômica em decorrência da elevação de seus preços relativos, posto que competem por fatores produtivos com setores que receberiam investimentos.

5.1.2 RESULTADOS DO CENÁRIO RESTRITO NO LONGO PRAZO

As simulações para o ano de 2032 consideram que os choques de investimento e emissões foram distribuídos pelo período de 10 anos. Os valores referentes aos investimentos são distintos dos utilizados na simulação com o período de 5 anos (2021 a 2027) e, portanto, os resultados para o horizonte temporal de 10 anos, não podem ser interpretados como continuação das simulações para o período de 2023 a 2027.

O Cenário Restrito para 2032, a exemplo das simulações para o ano de 2027, apresenta resultados semelhantes, de forma que mesmo com a restrição imposta sobre a dinâmica dos investimentos, impactos positivos seriam esperados em decorrência da adoção das MTD. Em termos de PIB, o desvio acumulado em 2032 chegaria a 0,79%, acompanhado do aumento dos níveis de emprego e exportação. O consumo das famílias apresentaria desempenho positivo até o ano de 2030, quando haveria uma inversão, puxada sobretudo pelo desempenho das famílias de maior renda. Essa dinâmica está vinculada ao comportamento dos setores que não receberiam investimentos pelo período de 10 anos, impactando ainda, a dinâmica do PIB, que passaria a crescer menos a partir do ano de 2031.

Tabela 5: Variáveis Macroeconômicas no Cenário Restrito de Longo Prazo

Variáveis Macroeconômicas	Desvio anual acumulado em relação ao cenário base(Var. %)									
	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
PIB	0,08	0,18	0,29	0,40	0,52	0,64	0,73	0,80	0,82	0,79
Consumo das Famílias	0,07	0,12	0,17	0,20	0,21	0,19	0,13	0,02	-0,16	-0,40
Consumo do Governo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Investimento	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Importações	-0,16	-0,28	-0,37	-0,42	-0,43	-0,40	-0,33	-0,22	-0,07	0,11
Exportações	0,10	0,33	0,68	1,14	1,69	2,31	2,97	3,65	4,32	4,94
Emprego	0,06	0,13	0,22	0,32	0,43	0,53	0,61	0,67	0,70	0,68
Emissões	-0,68	-1,22	-1,60	-1,81	-1,87	-1,77	-1,55	-1,24	-0,88	-0,53

Fonte: Elaboração própria

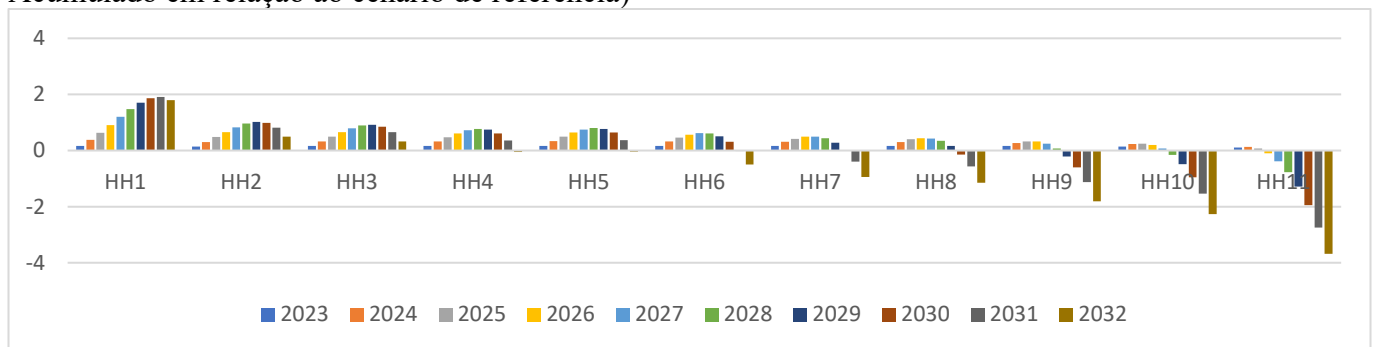
Os setores que recebem os investimentos apresentam redução de custos de produção. Seus preços relativos diminuem, desencadeando aumento do consumo e da produção. Contudo, o aumento da produção exige maior utilização de fatores produtivos, que terão seus preços reajustados. Setores que não são contemplados pelos investimentos nas MTD, são negativamente afetados pela elevação dos custos dos

fatores produtivos. Ao longo do tempo haveria uma elevação do salário real e do índice de preços, induzindo a desaceleração econômica no ano final do horizonte de projeção. A elevação dos preços internos provocaria uma desaceleração do crescimento das exportações e aumento das importações no final do período considerado.

As emissões de CO₂e apresentariam redução crescente até o ano de 2027, quando passam a ser menores ao longo dos anos, chegando a ser 0,53%, ou 8.530 giga gramas de CO₂ equivalente, menor que no cenário base no anos de 2032. O desempenho das emissões está associada ao nível de atividade e ao uso de combustível. Como as MTD reduzem as emissões provenientes do uso de combustível, inicialmente há uma redução mais acentuada no nível geral de emissões. Contudo, conforme a economia cresce, as emissões pelo nível de atividade se elevam, reduzindo o resultado líquido.

As MTD implicam no aumento da eficiência energética. Como os setores energéticos estão dentro do escopo do programa do MCTI (2017a), haveria redução dos custos de produção, que implicaria em redução de preços relativos. Famílias que despendam maior parte da renda com produtos energéticos, tenderiam a se beneficiar com aumento da renda real, aumento do consumo e consequentemente aumento da utilidade. A Figura 3 apresenta a utilidade das famílias representativas desagregadas por classes de renda.

Figura 3: Utilidade das Famílias Representativas no Cenário Restrito de Longo Prazo (Desvio % Acumulado em relação ao cenário de referência)



Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo.

As famílias de menor renda, apresentariam os maiores ganhos em termos de utilidade. O desempenho da utilidade é crescente nos anos iniciais para a maior parte das famílias, no entanto, conforme a economia se aquece, com elevação dos custos de produção, salário real, e índice de preços, a utilidade passa a ter desempenho positivo inferior comparado aos períodos iniciais. De qualquer maneira, os efeitos distributivos são benéficos, afetando de maneira positiva famílias de menor renda ao longo de todo o período analisado.

O desempenho setorial segue o mesmo padrão de resultados verificados para o período 2023 a 2027, sendo os setores contemplados pelos investimentos do projeto do MCTI (2017a), os mais beneficiados. Em contrapartida, os demais que não recebem investimento direto do projeto, em decorrência da realocação de investimentos da economia para os setores contemplados, são os mais negativamente afetados. A Tabela 6 apresenta os níveis de atividade setoriais dos setores mais afetados.

Tabela 6: Nível de Atividade Setorial no Cenário Restrito (2032)

Setor	Desv. % Acumulado	Setor	Desv. % Acumulado
Açúcar	48.88	Energia Termo a Gás	-14.40
Combustível para Aviação	30.55	Energia Termo a Carvão	-13.54
Naftas de Petróleo	29.47	Energia Termo Nuclear	-7.70
Café em Grãos	26.98	Comércio Eletrônicos	-6.70
Produtos da Expl. Florestal e Silv.	26.41	Energia Termo Óleo Combustível	-6.24
Algodão em Fibra	25.81	Energia Termo Óleo Diesel	-4.82
Soja em Grãos	23.71	Aeronaves e Embarcações	-4.36
Cana de Açúcar	23.61	Aluguéis Não Imobiliários	-3.86
Outros da Lav. Permanente	21.24	Maquinas para Extração Mineral	-3.80
Outros de Refino de Petróleo	20.20	Equipamentos Médicos	-3.65

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo BeGreen.

O setor produtor de Açúcar seria o mais beneficiado em termos de nível de atividade econômica. Sendo que é o único listado na Tabela 6 que não faz parte do projeto e não recebe investimentos, mas que ainda assim apresentaria desempenho positivo. Seu desempenho é determinado pela relação próxima com o setor produtor de cana de açúcar, que apresentaria retração de preços e pelo aumento das exportações, visto que Açúcar é um setor exportador. Não obstante, dentre os destaques positivos, encontram-se os setores energéticos, contemplados pelos choques de eficiência energética, e os setores agrícolas exportadores.

Os setores que não receberiam os investimentos em MTD, enfrentariam elevação nos custos de produção, com conseqüente aumento de seus preços em relação aos demais preços da economia. Os mais negativamente afetados seriam os setores energéticos poluentes, como os produtores de energia térmica a carvão, a gás, a óleo combustível e a diesel. Estes, além de não receberem investimentos, são setores cujos produtos são substitutos àqueles contemplados pelo projeto do MCTI (2017a).

5.2 RESULTADOS PARA O CENÁRIO IRRESTRITO

O cenário denominado irrestrito considera que os investimentos realizados nos setores estratégicos apontados pelo MCTI (2017a), são provenientes de fluxos financeiros adicionais na economia brasileira. Neste sentido, um esforço de captação de recursos via fundos internacionais, a exemplo do Fundo Verde para o Clima, via investimento direto externo ou via elevação de subsídios seria necessário. As simulações consideram o período de 5 e 10 anos, com início dos investimentos em 2023. Como o estudo do MCTI (2017a) apresenta dois cenários, com valores distintos de investimentos e redução de emissões, a projeção para o período de 10 anos é independente da projeção para 5 anos, a exemplo do cenário restrito.

5.2.1 RESULTADOS DO CENÁRIO IRRESTRITO NO MÉDIO PRAZO

A Tabela 7 apresenta os resultados macroeconômicos da simulação considerando o período de 2023 a 2027. Conforme esperado, os impactos foram positivos sobre a economia. Como os investimentos foram incrementais, verifica-se que o montante acumulado investido na economia seria 12,8% maior no ano de 2027, em comparação ao cenário sem investimentos verdes. Esse valor se destaca em comparação as outras variáveis macroeconômicas, justamente por ser a variável impactada pelos choques no modelo.

Tabela 7: Variáveis Macroeconômicas no Cenário Irrestrito de Médio Prazo

Variáveis Macroeconômicas	Desvio anual acumulado em relação ao cenário base (Var. %)				
	2023	2024	2025	2026	2027
PIB	0,20	0,47	0,81	1,23	1,72
Consumo das Famílias	-0,01	0,02	0,08	0,17	0,28
Consumo do Governo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Investimento	1,84	3,98	6,48	9,42	12,87
Importações	0,35	0,76	1,26	1,83	2,50
Exportações	-0,22	-0,32	-0,32	-0,26	-0,16
Emprego	0,22	0,49	0,81	1,19	1,60
Emissões	-1,14	-2,01	-2,56	-2,80	-2,79

Fonte: Elaboração própria

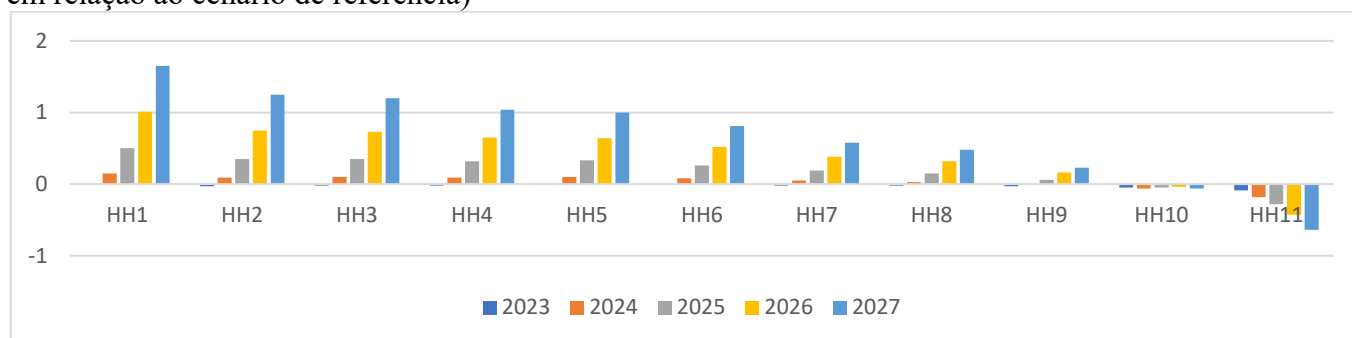
Os investimentos elevariam o nível de atividade econômica, resultando no aumento acumulado incremental do PIB em 1,7% no ano de 2027, em relação a um cenário em que não haveria investimentos em MTD. Em linhas gerais, o aumento do investimento, elevaria a utilização de capital nos setores selecionados, liberando parte dos demais fatores primários para os setores não vinculados ao projeto. Haveria uma retração nos preços relativos dos fatores primários de produção, acompanhada de retração dos preços efetivos e de maior contratação de trabalho. Esse movimento levaria a uma elevação nos níveis de atividade. Os níveis de emprego seriam 1,6% maior em 2027, em decorrência dos investimentos propostos.

O aumento no nível de atividade econômica e de emprego, elevaria o consumo das famílias a partir de 2024, que somado ao aumento do volume de investimentos, promoveria um aumento dos preços da economia brasileira. Neste sentido, o aquecimento econômico seria responsável pelo aumento dos preços internos, que implicaria em retração do volume exportado e elevação das importações ao longo do período analisado. Em termos de emissões, verifica-se que a adoção das MTD geraria retração de 2,79%, ou 38.820

giga gramas de CO2 equivalente, no ano de 2027. Nota-se que os setores amparados pelo projeto são de fato representativos em termos de emissões, posto que a retração líquida considera o aumento das emissões provenientes dos setores que não foram amparados pelas MTD e que tiveram elevação no nível de atividade econômica. Em virtude do aumento do nível de atividade econômica, verifica-se uma elevação das emissões a partir de 2027 nessas atividades, contudo, o saldo líquido é negativo, ou seja, as MTD seriam eficientes em promover a redução das emissões de GEE.

Verificou-se ganho de utilidade das famílias representativas de menor renda. O ganho incremental de utilidade se elevaria de maneira gradual ao longo do tempo, com maiores taxas nas faixas de renda mais baixas. Conforme a faixa de renda se eleva, o incremento de utilidade é reduzido. Não obstante, dos extratos 9 em diante, verifica-se retração nos níveis de utilidade ao longo do tempo. A Figura 4 apresenta o desempenho da utilidade das famílias representativas, por classe de renda, sendo o extrato 1 a família de menor renda e o extrato 11, a de maior renda.

Figura 4: Utilidade das Famílias Representativas no Cenário Irrestrito de Médio Prazo (Var. % Acumulada em relação ao cenário de referência)



Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo

A nível setorial, os investimentos verdes em MTD poderiam contribuir para uma mudança estrutural na economia brasileira, na medida em que os setores contemplados com investimentos incrementais apresentariam variação de produção superior aos demais setores da economia. Os setores energéticos que produzem combustíveis, como Combustível para Aviação, Naftas de Petróleo, Gás Natural e Outros de Refino de Petróleo, apresentariam os maiores ganhos. Destacam-se ainda, os setores de Pesquisa e Desenvolvimento, Infraestrutura, Serviços e Trator e Outras máquinas. Tais setores não receberiam investimentos em MTD, contudo, como fazem parte da cadeia produtiva de setores que receberiam investimentos, seriam indiretamente beneficiados com aumento do nível de atividade. A Tabela 8 apresenta o nível de atividade setorial para os setores mais positivamente e negativamente afetados.

Tabela 8: Nível de Atividade Setorial no Cenário Irrestrito (2027)

Setor	Desv. % Acumulado	Setor	Desv. % Acumulado
Combustível para Aviação	17.76	Energia Termo a Gás	-5.41
Naftas de Petróleo	17.54	Energia Termo a Carvão	-4.94
Gás Natural	13.70	Energia Termo Nuclear	-2.44
Outros de Refino de Petróleo	13.00	Energia Termo Óleo Combustível	-1.78
Edificações	12.17	Calçados e Artigos de Couro	-0.98
P&D	11.94	Serviços Domésticos	-0.95
Infraestrutura	11.19	Serviços de Alojamento	-0.81
Óleo Combustível	10.77	Energia Termo Óleo Diesel	-0.74
Artefatos de Cimento e Gesso	10.34	Livraria Jornais Revistas	-0.72
Serviços Contratados	9.35	Vestuário e Acessórios	-0.62

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo BeGreen.

Os resultados para o cenário irrestrito de médio prazo (5 anos) são mais positivos que o cenário restrito. Como esperado, o volume adicional de recursos induz um crescimento econômico mais acentuado, contudo com efeitos distintos quanto à balança comercial e às emissões. Enquanto no cenário restrito, o saldo da balança comercial seria positivo, com elevação das exportações e redução das importações, em

decorrência da redução dos preços relativos internos, no cenário irrestrito, em virtude do maior nível de atividade, os preços internos se elevariam, promovendo um efeito contrário. Outro ponto de destaque é a distinção quanto ao volume de GEE emitido. O crescimento econômico mais elevado no cenário irrestrito contribui para um volume maior de emissões, ainda que o resultado líquido seja negativo.

5.2.2 RESULTADOS DO CENÁRIO IRRESTRITO NO LONGO PRAZO

As simulações referentes ao longo prazo, até o ano de 2032, consideram que os investimentos nas MTD se iniciam a partir de 2023. Há um aumento gradual ao longo dos dez anos para que o montante investido final seja igual ao proposto pelo MCTI (2017a). A redução das emissões e o aumento da eficiência energética também são graduais e correspondem aos feitos esperados da implementação das MTD nos setores estratégicos. O montante investido no cenário irrestrito de 10 anos é 45% maior que o montante investido no cenário de 5 anos. A Tabela 9 apresenta os resultados macroeconômicos entre os anos de 2023 e 2032.

Tabela 9: Variáveis Macroeconômicas no Cenário Irrestrito de Longo Prazo

Variáveis Macroeconômicas	Desvio anual acumulado em relação ao cenário base (Var. %)									
	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
PIB	0,16	0,37	0,63	0,95	1,31	1,72	2,17	2,65	3,16	3,68
Consumo das Famílias	0,02	0,06	0,12	0,21	0,31	0,42	0,53	0,63	0,72	0,80
Consumo do Governo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Investimento	1,21	2,54	3,99	5,58	7,33	9,25	11,35	13,66	16,20	18,99
Importações	0,17	0,40	0,67	1,00	1,40	1,86	2,39	2,98	3,64	4,37
Exportações	-0,11	-0,03	0,21	0,62	1,17	1,85	2,62	3,46	4,33	5,22
Emprego	0,16	0,35	0,58	0,82	1,09	1,37	1,65	1,92	2,17	2,40
Emissões	-0,66	-1,13	-1,40	-1,47	-1,32	-0,98	-0,46	0,19	0,95	1,76

Fonte: Elaboração própria

Os investimentos, posto que são incrementais na economia, apresentam destaque entre as variáveis macroeconômicas, com desvio acumulado em relação ao cenário base de 19% em 2032. Conforme já mencionado, o maior volume de investimento na economia, somado ao aumento de eficiência energética, promoveria inicialmente uma redução nos custos de produção dos setores contemplados pelas MTD. Essa redução de custos geraria uma realocação de fatores produtivos, concomitantemente ao aumento da produção. Em 2032 o nível de emprego e o PIB seriam respectivamente 2,40% e 3,68% maiores, em comparação ao cenário base. Resultado bastante expressivo.

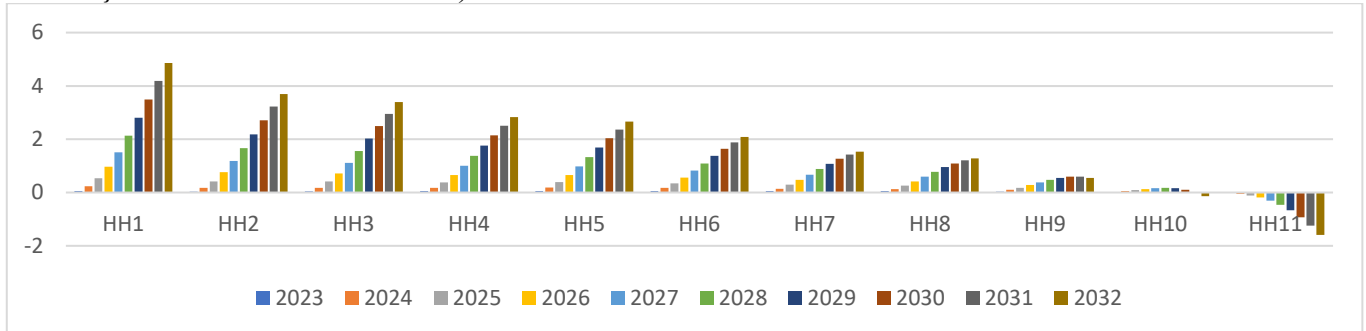
O aumento do nível de atividade ao longo do tempo, provocaria um aumento das importações, dado o aumento da renda nacional. O consumo das famílias seria 0,8% maior em 2032. Haveria elevação também nas exportações em decorrência da redução dos preços internos, posto que grande parte dos setores exportadores, como os agrícolas, são contemplados com investimentos. Não haveria alteração no nível de gastos do governo, em respeito ao Teto de Gastos (BRASIL, 2016), que por hipótese, seria mantido após o ano de 2027.

O desempenho das emissões necessita de atenção em virtude da variação positiva a partir de 2030, oitavo ano pós início dos investimentos em MTD. O estudo do MCTI (2017a) foi realizado com o intuito de indicar tecnologias capazes de mitigar emissões de GEE. Numa análise setorial, em equilíbrio parcial, há redução considerável no volume emitido, no montante indicado pela Tabela 1. Contudo, ao considerar o volume investido para a implementação das MTD, e as demais relações econômicas decorrentes, em equilíbrio geral, como aqui exposto, verifica-se que os efeitos diretos e indiretos implicariam em aumento líquido das emissões em 1,76% no ano 2032, correspondendo a 28.400 giga gramas de CO₂ equivalente, sobretudo oriundo do aumento do nível de atividade dos demais setores que não receberiam investimento. Ressalta-se que o montante utilizado como investimento neste estudo é maior que o necessário para o cumprimento das metas do Acordo de Paris.

O aumento do bem-estar é verificado em todas as famílias representativas, com exceção da família de maior extrato de renda. Como a participação de produtos energéticos em seu perfil de gastos é menor em relação às demais famílias, seu padrão de consumo não é beneficiado com a redução de preços relativos desses bens, sendo penalizado por gastos em produtos que tiveram seus preços relativos elevados, em

decorrência do maior custo de produção com a economia aquecida. Portanto, do ponto de vista distributivo, os investimentos em MTD são positivos e afetam mais as famílias de baixa renda, conforme indica a Figura 5.

Figura 5: Utilidade das Famílias Representativas no Cenário Irrestrito de Longo Prazo (Var. % Acumulada em relação ao cenário de referência)



Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo.

Os setores mais positivamente afetados seriam os contemplados pelos investimentos, os que são vinculados ao mercado externo e os que compõem a cadeia produtiva dos setores contemplados pelos investimentos. O setor produtor de Açúcar, por se beneficiar dos menores preços oriundos do setor de Cana de Açúcar, e por ser exportador, apresenta-se como maior beneficiado. O setor de Pesquisa e Desenvolvimento, por ser vinculado aos setores energéticos, que receberiam investimentos, também se configuraria entre os de melhor desempenho. Em relação aos demais setores de destaque, todos receberiam investimentos em MTD. A Tabela 10 apresenta os setores mais beneficiados pelos efeitos diretos e indiretos das MTD.

Tabela 10: Nível de Atividade Setorial no Cenário Irrestrito (2032)

Setor	Desv. % Acumulado	Setor	Desv. % Acumulado
Açúcar	53.6	Energia Termo a Gás	-12.2
Combustível para Aviação	33.2	Energia Termo a Carvão	-11.3
Naftas de Petróleo	32.5	Energia Termo Nuclear	-4.8
Café em Grãos	30.4	Comércio Eletrônicos	-3.6
Produtos da Expl. Florestal e Silv	29.7	Energia Termo Óleo Combustível	-3.2
Algodão em Fibra	29.2	Aeronaves e Embarcações	-3.1
Soja em Grãos	27.5	Serviços Domésticos	-2.9
Cana de Açúcar	27.0	Calçados e Artigos de Couro	-2.4
Outros da Lav. Permanente	23.7	Livraria Jornais Revistas	-2.3
Outros de Refino de Petróleo	22.9	Serviços de Alojamento	-2.0

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo BeGreen.

Dentre os setores mais negativamente afetados, destacam-se os setores energéticos poluidores, que não fazem parte do escopo do projeto do MCTI (2017b). Como são setores concorrentes dos de energia limpa, apresentariam desempenho negativo muito acima dos demais, que se configuram dentre os negativamente afetados por terem seus custos de produção elevados. Com o aumento do nível de atividade econômica, setores que não recebem investimentos e não se vinculam diretamente com os que receberiam investimentos, acabam por competir por fatores de produção contra setores positivamente afetados. Capital, trabalho e terra, ficariam mais escassos, implicando em elevação dos preços relativos e redução do consumo.

O desempenho econômico do cenário irrestrito de longo prazo é superior ao cenário restrito equivalente, como esperado, em virtude de os investimentos representarem fluxos monetário adicionais na economia. Ambos apresentam aumento nos volumes de importação, indicando que o volume de investimentos nas MTD, implicaria em maior elevação da renda das famílias, quando comparado aos cenários de médio prazo. As exportações também seriam beneficiadas em ambos, indicando que os investimentos em MTD relacionadas à eficiência energética, provocariam uma redução dos preços relativos

da economia em setores exportadores. A distinção entre os cenários é relacionada ao volume de emissões. Como o cenário irrestrito compreende uma elevação muito superior do nível de atividade econômica, as emissões oriundas de atividade superariam o volume reduzido pelo uso de combustíveis, implicando em elevação das emissões.

Por fim, em linhas gerais, os resultados apresentados por todos os cenários simulados indicam elevação do nível de atividade econômica, acompanhadas por geração de emprego e renda, aumento de utilidade das famílias de baixa renda, e retração significativa do volume de emissões globais na economia, com exceção do cenário irrestrito de longo prazo. Tais efeitos vão de encontro aos objetivos de uma política industrial verde nos moldes de Rodrik (2017), sobretudo via *resource decoupling* como apontado por Schwarzer (2013), posto que exploram os mecanismos de eficiência energética, para além de estímulos à novas tecnologias disruptivas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi avaliar os impactos econômicos, diretos e indiretos, decorrentes de investimentos verdes em melhores tecnologias disponíveis para promover a mitigação de GEE. Tais tecnologias, adotadas em setores estratégicos apontadas em estudo do MCTI (2017a), implicariam em maior eficiência energética setorial e conseqüentemente em redução de emissões de GEE, em volumes condizentes com as metas de redução impostas pela NDC brasileira, no âmbito do Acordo de Paris.

Para a realização dos investimentos, um esforço conjunto em termos de adequação normativa e mobilização de instrumentos financeiros seria necessário. A imposição de novas regulamentações, metas de redução de emissões, mecanismos de taxação, combinadas com linhas de crédito, subsídios e acesso a recursos internacionais, possibilitariam a adoção de MTD. Tais mecanismos compreendem o escopo das políticas industriais verdes, sobretudo sob a perspectiva do *resource decoupling*, feito via mecanismos de maior eficiência no uso energético, posto que o MCTI (2017a) foca em maior eficiência de tecnologias já disponíveis.

As simulações indicam que para o médio prazo, considerando um horizonte de 5 anos após a implementação das MTD, os investimentos produziram impactos positivos para a economia. No cenário restrito, mais plausível de ocorrer, destacam-se os efeitos positivos para o saldo da balança comercial e para os efeitos distributivos em termos de renda das famílias. Famílias de menor renda seriam beneficiadas com maior elevação do nível real de renda. Ademais, haveria um incremento de 0,38% no PIB, com redução de emissões acumuladas em 3,58%, ou 49.820 Giga Gramas de CO₂ Equivalente mitigados, em relação ao cenário sem investimentos em MTD. Os setores mais beneficiados seriam os contemplados pelos investimentos, ao passo que os setores energéticos “não limpos”, como térmicas à energia não renovável, teriam seus níveis de atividade reduzidos ao longo do tempo.

No longo prazo, considerando as simulações com horizonte temporal de 10 anos, com implementação dos investimentos a partir de 2023, os resultados também seriam positivos. No cenário restrito, o PIB seria 0,79% maior e as emissões seriam 0,53% menores, ou 8.538 Giga Gramas de CO₂ Equivalente mitigados, em comparação ao cenário sem investimentos em MTD. Dado o aumento no nível de atividade econômica e na renda das famílias, haveria elevação do volume de importações. As exportações também seriam positivamente afetadas em decorrência da redução dos preços relativos na economia brasileira, sobretudo de setores dentro do escopo do MCTI (2017a) e vinculados ao setor externo.

Os cenários irrestritos, menos plausíveis de ocorrerem em virtude do grande volume de recursos financeiros necessários para viabilizarem os investimentos em MTD, indicam resultados econômicos positivos de maior magnitude. No médio prazo, haveria mitigação de 38.824 Giga Gramas de CO₂e. No Longo Prazo, posto que induzem a um grande nível de crescimento econômico, acabam por prejudicar o cumprimento das metas de redução de emissões, que é o grande objetivo do projeto do MCTI (2017a). O volume total de GEE emitido, apresentaria aumento líquido de 28.486 Giga Gramas de CO₂e. Ou seja, os esforços de mitigação via MTD setoriais são comprometidos pela elevação das emissões via crescimento econômico.

Por fim, em termos de emissões, verifica-se que os setores que emitiriam menos seriam os mais afetados pela queda de atividade econômica. Tais setores competem com os contemplados pela estratégia do MCTI (2017b), que recebem os investimentos em MTD. Como não apresentam aumento de eficiência

energética e não recebem investimentos, acabam por ser penalizados com elevação de custos de produção. Produziriam menos e emitiriam menos. Destaca-se ainda, que os investimentos necessários para a implementação das MTD poderiam elevar o nível de atividade setorial, e conseqüentemente o nível de emissões por atividade, comprometendo o objetivo principal de redução de emissões, sobretudo no Longo Prazo.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. T. de. Green Economy: Reinforcing ideas, hoping for actions. *Estudos Avançados* 26 (74), 2012.
- ALTENBURG, Tilman; RODRIK, Dani. Green industrial policy: Accelerating structural change towards wealthy green economies. *Green Industrial Policy*, 2017.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL. Relatório Focus, Brasília, 2021. Publicação em meio eletrônico, p. 1-2. Disponível em: < <https://www.bcb.gov.br/publicacoes/focus> > Acesso em: 21 jun. 2021.
- BRASIL. Emenda Constitucional nº 95, de 15 de dezembro de 2016. Altera o Ato das Disposições Constitucionais Transitórias, para instituir o Novo Regime Fiscal, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, 2016.
- BRASIL. Diretrizes de Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior. Brasília: Governo Federal, 2003. 22 p. Disponível em: < www.anped11.uerj.br/diretrizes.pdf >. Acesso em: março/2021.
- BRASIL. Plano Decenal de Expansão de Energia 2030. PDE2030/ Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME/EPE, 2021
- CEPAL. Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe. Avaliação de Desempenho do Brasil Mais Produtivo. CEPAL, IPEA, 2018.
- DIOGO, José Victor. Política Industrial: uma tipologia de análise e o caso brasileiro para políticas industriais verdes. Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Ciências e Letras, Araraquara, 2017
- DOMINGUES, E. P.; MAGALHÃES, A. S.; CARVALHO, T. S. Política industrial e os custos de redução de emissões de gases de efeito estufa. Prêmio CNI de Economia, 2014.
- JOHANSEN, L. A Multisectoral Model of Economic Growth. Amsterdam: North-Holland, 1960.
- MAGALHÃES, Aline Souza; DOMINGUES, Edson Paulo. Aumento da eficiência energética no Brasil: uma opção para uma economia de baixo carbono?. *Economia Aplicada*, v. 20, n. 3, p. 273, 2016.
- MAGALHAES, Aline Souza. Economia de baixo carbono no Brasil: alternativas de políticas e custos de redução de emissões de gases de efeito estufa. 2013.
- MATTOS, César. O que é o Plano Brasil Maior. Brasil: Economia e Governo, 2013.
- MCTI. 2017a. Trajetórias de mitigação e instrumentos de políticas públicas para alcance das metas brasileiras no acordo de Paris / Régis Rathmann ... [et al.] -- Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, ONU Meio Ambiente, 2017. ISBN: 978-85-88063-44-0
- MCTI. 2017b. Sumário executivo: modelagens setoriais e opções transversais para mitigação de emissões de gases de efeito estufa / organizadores Régis Rathmann e Ricardo Vieira Araujo. - Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, ONU Meio Ambiente, 2017. ISBN: 978-85-88063-51-8
- PETER, W. W. HORRIDGE, M.; MEGUER, G.A. NAVQUI, F.; PARMENTER, B. R. The theoretical structure of MONASH-MRF. Cayton: Center of Policy Studies, 1996. 121 p. (Preliminary working paper, OP-85).
- RODRIK, Dani. Green industrial policy. *Oxford Review of Economic Policy*, v. 30, n. 3, p. 469-491, 2014.

SEEG. 2019. Emissões Setoriais. Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG). Disponível em: <<http://plataforma.seeg.eco.br/sectors/energia>> Acesso em: jan/2021.

SOARES, Danielle de Almeida Mota; DIOGO, José Victor. POLÍTICAS INDUSTRIAIS VERDES: A INTERPRETAÇÃO INTERNACIONAL E A INSERÇÃO BRASILEIRA DENTRO DO NOVO CONTEXTO DE FORMULAÇÃO DE POLÍTICAS. *Blucher Engineering Proceedings*, v. 3, n. 4, p. 1142-1158, 2016.

SCHWARZER, Johannes. Industrial policy for a green economy. Canada: International Institute for Sustainable Development, 2013.

APÊNDICE

Tabela A1: Ranking de custo-efetividade das Opções Setoriais de Mitigação

Setor (Segmento)	Potencial de mitigação (mtCO ₂ e)	Custo Total (US\$ milhões)	Índice (Custo/potencial de mitigação)
2025			
Indústria (cimento)	0,7	0,9	1,3
Indústria (químico)	1,2	9,7	8,1
Indústria (cimento)	3,2	33,3	10,4
Indústria (siderurgia)	0,2	2,4	12,2
Indústria (outros setores)	7,0	119,2	17,0
AFOLU (florestas)	25,3	483,0	19,1
Indústria (químico)	0,9	22,8	25,3
Indústria (outros setores)	2,4	84,6	35,2
Gestão de resíduos (RSU)	5,4	234,6	43,4
Energia (elétrico)	1,8	145,8	81,0
Energia (E&P de óleo e gás)	7,2	611,0	84,9
Gestão de resíduos (RSU)	2,2	234,6	106,6
Energia (refino)	2,9	432,2	149,0
Gestão de resíduos (RSU)	1,8	399,0	221,6
Gestão de resíduos (efluentes)	1,3	399,0	306,9
Gestão de resíduos (RSU)	0,6	188,6	314,4
Transportes (cargas)	8,3	2.653,0	319,6
Gestão de resíduos (RSU)	0,2	70,4	352,1
Transportes (passageiros)	5,6	2.494,2	445,4
Gestão de resíduos (RSU)	0,3	412,6	1.375,5
AFOLU (agricultura)	2,3	3.876,0	1.685,2
AFOLU (agricultura)	0,4	689,0	1.722,5
Edificações (residencial)	0,1	201,5	2.015,4
Outras atividades de baixo carbono menos representativas para a redução das emissões setoriais	7,1	14.797,6	2.084,2
Setor (Segmento)	Potencial de mitigação (mtCO ₂ e)	Custo Total (US\$ milhões)	Índice (Custo/potencial de mitigação)
2030			
Indústria (cimento)	1,0	1,0	1,0
Indústria (siderurgia)	14,7	14,3	1,0
Indústria (siderurgia)	4,1	4,0	1,0
Indústria (outros setores)	2,4	3,0	1,3
Energia (refino)	1,2	7,9	6,6
Indústria (químico)	1,4	9,7	6,9
Gestão de resíduos (RSU)	20,8	234,6	11,3
Indústria (cimento)	2,8	31,7	11,3

Energia (refino)	3,9	55,0	14,1
Indústria (outros setores)	7,1	117,4	16,5
AFOLU (florestas)	23,6	483,0	20,5
Indústria (químico)	1,1	22,8	20,7
Energia (E&P de óleo e gás)	22,3	607,6	27,2
Gestão de resíduos (RSU)	8,2	234,6	28,6
AFOLU (florestas)	47,7	1576,0	33,0
Indústria (outros setores)	2,2	82,8	37,6
Energia (elétrico)	2,9	145,8	50,3
Transportes (rodoviário)	5,3	311,4	58,8
Gestão de resíduos (RSU)	6,7	399,0	59,5
Energia (refino)	6,9	489,9	71,0
Gestão de resíduos (RSU)	0,9	70,4	78,2
Gestão de resíduos (efluentes)	5,0	399,0	79,8
Gestão de resíduos (RSU)	2,1	188,6	89,8
Energia (elétrico)	23,1	2631,1	113,9
AFOLU (pecuária)	7,4	905,0	122,3
Transportes (passageiros)	15,0	2097,4	139,8
AFOLU (pecuária)	47,6	8140,5	171,0
Gestão de resíduos (RSU)	0,4	82,5	206,3
AFOLU (florestas)	9,5	2134,0	224,6
Gestão de resíduos (RSU)	1,0	330,1	330,1
Transportes (cargas)	3,8	2208,6	581,2
AFOLU (agricultura)	0,5	689,0	1378,0
AFOLU (agricultura)	2,5	3876,0	1550,4
Edificações (residencial)	0,4	925,0	2312,5
Outras atividades de baixo carbono menos representativas para a redução das emissões setoriais	51,6	11657,6	225,9

Fonte: Adaptado de MCTI (2017a)