

ECONOMIA DA MUDANÇA DO CLIMA NO BRASIL*

Sergio Margulis**

Carolina Dubeux***

1 INTRODUÇÃO

Neste artigo se sumaria o estudo *Economia da Mudança do Clima no Brasil* que foi uma iniciativa pioneira para analisar e quantificar o impacto da mudança do clima na agenda de desenvolvimento do país, algumas medidas de adaptação e, ainda, as possibilidades de mitigação custo-efetivas.

A transição climática projetada pelo Painel Intergovernamental de Mudança do Clima – Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) – afetará os recursos naturais, a economia e as sociedades do mundo todo em magnitude hoje desconhecida. Sem conhecimento minimamente fundamentado sobre essas tendências, tomadores de decisão ficam desprovidos de instrumentos para identificar os riscos mais graves e urgentes e para avaliar e implantar as medidas de prevenção e adaptação mais eficientes em termos de custos e benefícios.

No estudo acima referido, pela primeira vez no país reuniu-se uma grande equipe interdisciplinar para integrar projeções sobre diferentes setores, formada principalmente por cientistas das principais instituições brasileiras de pesquisa. O ponto de partida foram modelos computacionais que forneceram projeções sobre o comportamento futuro do clima no território nacional, como temperatura e precipitação. Estas projeções alimentaram modelos de simulação de algumas áreas estratégicas da economia que traduziram em termos econômicos os impactos esperados em cada setor, de acordo com duas possíveis trajetórias do clima futuro desenvolvidas pelo IPCC – os cenários A2 e B2.

Estas trajetórias climáticas do IPCC são feitas com base em hipóteses sobre o comportamento futuro da economia global. Esse estudo simula o comportamento futuro da economia brasileira compatível, na medida do possível, com as mesmas hipóteses do IPCC para a economia global. Os cenários então gerados para a economia brasileira são aqui chamados de cenários A2-BR simulados sem mudança do clima e com mudança do clima segundo cenário climático A2 do IPCC, e cenário B2-BR, também simulado sem mudança do clima e com mudança do clima segundo o cenário climático B2 do IPCC. Eles representam

* Esse artigo foi inicialmente apresentado como *Sumário Executivo* do estudo coordenado por Margulis, S.; Dubeux, C.; Marcovitch, J. *Economia da mudança do clima no Brasil: custos e oportunidades* (EMCB). São Paulo: IBEP, 2009.

** Economista do Banco Mundial.

*** Pesquisadora do Centro de Estudos Integrados sobre Meio Ambiente e Mudanças Climáticas – Centro Clima/COPPE/UFRJ.

trajetórias futuras da economia brasileira caso o mundo se desenvolva globalmente segundo as premissas (econômicas) do IPCC do cenário climático A2 e do cenário climático B2.¹

Apesar de os problemas climáticos associados ao aquecimento global serem de longo prazo, adotou-se o ano de 2050 como horizonte das simulações econômicas excluindo assim os efeitos mais graves sobre a produtividade e o crescimento do Produto Interno Bruto (PIB), que se farão sentir com maior força na segunda metade do século XXI.

Isto foi necessário pelo fato de as incertezas envolvidas – principalmente macroeconômicas – serem ainda muito grandes e a base de dados não suportar projeções de mais longo prazo. Algumas das análises setoriais, no entanto, ultrapassam o ano 2050. Além dessa limitação temporal, as simulações do estudo privilegiam os comportamentos médios das variáveis, por causa da dificuldade de representar adequadamente nos modelos as incertezas envolvidas em situações extremas de mudança do clima.

Neste resumo estão relacionados os principais resultados obtidos com esse exercício inédito, seguidos de recomendações de políticas públicas. Entre as principais conclusões está que os piores efeitos da mudança do clima recairão sobre as regiões Norte e Nordeste, as mais pobres do Brasil, e que, portanto, o custo da inação de hoje será o aprofundamento das desigualdades regionais e de renda no futuro.

2 IMPACTOS DO CLIMA

2.1 Perspectiva macroeconômica

Estima-se que sem mudança do clima o PIB brasileiro será de R\$ 15,3 trilhões (reais de 2008) no cenário A2-BR em 2050, e R\$ 16 trilhões no cenário B2-BR. Com o impacto da mudança do clima, esses PIBs reduzem-se em 0,5% e 2,3%, respectivamente. Antecipados para valor presente com uma taxa de desconto de 1% (a.a.), estas perdas ficariam entre R\$ 719 bilhões e R\$ 3,6 trilhões, o que equivaleria a jogar fora pelo menos um ano inteiro de crescimento nos próximos 40 anos.

Com ou sem mudança do clima, o PIB é sempre maior em B2-BR do que em A2-BR. Isto quer dizer que, na trajetória mais limpa do cenário B2-BR, a economia cresce mais, e não menos. Em ambos os cenários, a pobreza aumenta devido à mudança do clima, mas de forma quase desprezível.

Haveria uma perda média anual para o cidadão brasileiro em 2050 entre R\$ 534 (ou US\$ 291) e R\$ 1.603 (ou US\$ 874). O valor presente em 2008 das reduções no consumo dos brasileiros acumuladas até 2050 ficaria entre R\$ 6 mil e R\$ 18 mil, representando de 60% a 180% do consumo anual *per capita* atual.

2.2 Perspectiva regional

As regiões mais vulneráveis à mudança do clima no Brasil seriam Norte e Nordeste. Na Amazônia, o aquecimento pode chegar a 7 °C-8 °C em 2100, o que prenuncia uma alteração radical da floresta amazônica – a chamada “savanização”. Estima-se que as mudanças climáticas resultariam em redução de 40% da cobertura florestal na região sul-sudeste-leste da Amazônia, que será substituída pelo bioma savana.

1. A distinção entre cenários climáticos e cenários socioeconômicos é importante. Apesar de a maioria dos estudos referir-se aos comportamentos da economia nacional como cenários A2 e B2, não existe um comportamento único para a economia nacional sob cada um dos cenários globais da economia. A economia global pode seguir uma trajetória A2 e o Brasil eventualmente seguir uma trajetória mais parecida com B2. Ainda que este estudo tenha tentado fazer a trajetória nacional consistente com a global, parece correto manter os nomes A2 e B2 para referir-se estritamente aos cenários climáticos globais A2 e B2; e chamar de cenários A2-BR e B2-BR para se referir aos cenários econômicos e climáticos quando aplicados ao caso brasileiro.

No Nordeste, as chuvas tenderiam a diminuir 2-2,5 mm/dia até 2100, causando perdas agrícolas em todos os estados da região. O déficit hídrico reduziria em 25% a capacidade de pastoreio de bovinos de corte, favorecendo assim um retrocesso à pecuária de baixo rendimento. O declínio de precipitação afetaria a vazão de rios em bacias do Nordeste, importantes para geração de energia, como a do Parnaíba e a do Atlântico Leste, com redução de vazões de até 90% entre 2070 e 2100. Haveria perdas expressivas para a agricultura em todos os estados, com exceção dos mais frios no Sul-Sudeste, que passariam a ter temperaturas mais amenas.

2.3 Perspectiva setorial

Os impactos da mudança do clima para as diferentes regiões brasileiras seriam alarmantes em algumas bacias hidrográficas, principalmente na região Nordeste, com uma diminuição brusca das vazões até 2100 e também mais moderadamente na região Norte. Tal diminuição pode gerar uma perda de confiabilidade no sistema de geração de energia hidrelétrica, com redução de 31,5% a 29,3% da energia firme. No Sul e no Sudeste os impactos se mostrariam mínimos ou positivos, mas neste caso não compensariam as perdas do Norte e do Nordeste.

Com exceção da cana-de-açúcar, todas as culturas sofreriam redução das áreas com baixo risco de produção, em especial soja (34% a 30%), milho (15%) e café (17% a 18%). A produtividade cairia, em particular, nas culturas de subsistência no Nordeste.

No que se refere à Zona Costeira, considerando-se o pior cenário de elevação do nível do mar e de eventos meteorológicos extremos, estimaram-se os valores materiais em risco ao longo da costa brasileira, os quais variam de R\$ 136 bilhões a R\$ 207,5 bilhões, dependendo da metodologia de cálculo utilizada.

3 ADAPTAÇÃO À MUDANÇA DO CLIMA

As modificações genéticas seriam alternativas altamente viáveis para minimizar impactos da mudança do clima nas culturas agrícolas, exigindo investimento em pesquisa da ordem de R\$ 1 bilhão por ano. A irrigação também foi investigada como alternativa de adaptação, mas revelaram razões benefício-custo em geral menores.

Para manter a confiabilidade do sistema energético, seria preciso instalar uma capacidade extra para gerar entre 162 Terawatts-hora (TWh) (25% da oferta interna de energia elétrica em 2008) e 153 TWh por ano (31% da oferta interna de energia elétrica em 2008), de preferência com geração por gás natural, bagaço de cana e energia eólica, a um custo de capital da ordem de US\$ 51 bilhões a US\$ 48 bilhões.

O custo de ações de gestão costeira e outras políticas públicas (14 ações recomendadas) somariam R\$ 3,72 bilhões até 2050, ou cerca de R\$ 93 milhões por ano. Ressalte-se que não foram estimados os custos dos investimentos necessários para a adaptação estrito senso, como obras civis, por exemplo.

4 OPORTUNIDADES DE MITIGAÇÃO

A contribuição brasileira para a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEEs) pode ser realizada a um baixo custo quando se reduz o desmatamento. O custo médio de carbono estocado na Amazônia foi estimado em US\$ 3 por tonelada, ou US\$ 450 por hectare. Se estes valores forem utilizados para remunerar os agentes econômicos, seriam suficientes para desestimular entre 70% e 80% da pecuária na região. Ao preço médio de US\$50 por tonelada de carbono, seria possível reduzir em 95% o desmatamento.

A substituição de combustíveis fósseis por renováveis poderia evitar emissões domésticas de 92 milhões a 203 milhões de toneladas de CO₂ equivalente em 2035. Exportações de etanol acrescentariam de 187 milhões a 362 milhões de toneladas às emissões evitadas em escala global. O crescimento da área plantada de 17,8 milhões a 19 milhões de hectares não causaria substituição de áreas destinadas às culturas de subsistência em nenhuma região brasileira nem pressionaria o desmatamento da Amazônia, mas nas regiões Sudeste e Nordeste poderia afetar florestas e matas dos estabelecimentos agrícolas, caso as políticas para o setor não sejam implementadas adequadamente. No Centro-Sul, principalmente, chama-se a atenção para a possibilidade de exposição de grandes concentrações populacionais a altos níveis de poluição atmosférica, caso não seja adotado o sistema de colheita mecanizada.

O estudo estimou que o impacto de uma taxação entre US\$ 30 e US\$ 50 por tonelada de carbono reduziria as emissões nacionais entre 1,16% e 1,87% e resultaria em uma queda no PIB entre 0,13% e 0,08%.

As conclusões do estudo do Banco Mundial (GOUVELLO *et al.*, 2010) foram antecipadas no estudo *Economia do Clima*: tomando como referência o Plano Nacional de Energia 2030, medidas adicionais de mitigação de emissões no setor energético têm um potencial estimado de redução de 1,8 bilhão de toneladas de dióxido de carbono (CO₂) acumuladas no período 2010-2030. Com uma taxa de desconto de 8% a.a., o custo estimado seria negativo, ou seja, haveria um ganho, ou benefício, de US\$ 34 bilhões em 2030, equivalentes a US\$ 13 por tonelada de CO₂.

5 PRINCIPAIS RESULTADOS

Os principais resultados são resumidos nas tabelas 1 e 2.

TABELA 1
Custo da inação: perdas acarretadas pelos impactos das mudanças climáticas no Brasil
(Em R\$ de 2008)

PIB em 2050	R\$ 719 bilhões (A2-BR) e R\$ 3.655 bilhões (B2-BR)	0,5% e 2,3% dos PIBs de 2050, em cada cenário
PIB <i>per capita</i> em 2050	R\$ 534 (A2-BR) e R\$ 1.603 (B2-BR)	
Excedente hídrico bacias Nordeste (período 2041-2070)	60% (de 7.075 para 2.833 m ³ /s, A2-BR) e -56% (B2-BR)	Bacias Atlântico NE oriental e ocidental, Parnaíba e São Francisco
Agricultura	Varição % da área de baixo risco (2050)	Perda produtividade média (%) Perda anual, cenário A2-BR (R\$ milhões/ano)
Arroz	-12 nos 2 cenários	-12 (CO) e +44 (S) 530
Algodão	-14 nos 2 cenários	- 408
Café	-17 ou -18 (A2-BR ou B2-BR)	- 1.597
Feijão	-10 nos 2 cenários	-8 (CO) e +37 (S) 363
Soja	-34 ou -30 (A2-BR ou B2-BR)	-0,7 (CO) e +21 (S) 6.308
Milho	-15 nos 2 cenários	-27 (NE) e -10 (S) 1.511
Cana	139 ou 147 (A2-BR ou B2-BR)	+66 (S) e +34 (SE) -
Energia elétrica firme	-31,5 ou -29,3 (A2-BR ou B2-BR)	
Energia média	+2,7 ou 1,1 (A2-br ou B2-BR)	
Demanda de etanol (doméstica + export.) em 2050	169,7 bilhões (A2-BR) e 118,2 bilhões de litros (B2)	= 16,4 ou 13,5 milhões ha (A2-BR ou B2-BR) 16% área adequada para cana
Aumento da demanda energia elétrica	1.333 ktEp (A2-BR) e 1.092 ktEp (B2-BR)	
Perda de cobertura florestal (Amazônia)	De 354 milhões para 199 milhões ha (A2-BR) = -44%, 40% e 85% (sem e com desmatamento)	Projeção para 2100
Perda dos serviços ambientais	-12,4% em 2100 (A2-BR) = US\$ 26 bilhões/ano	Sujeito a sérias limitações metodológicas/dados
Perda de espécies na Amazônia	12% ou 30%, 38% (sem/com desmatamento, 2100)	Sujeito a limitações metodológicas/dados
Zona costeira, patrimônio em risco	De R\$ 136 bilhões a R\$ 207,5 bilhões	Sujeito a limitações metodológicas/dados

Fonte: Margulis; Dubeux; Marcovitch (Coord.). *Economia da mudança do clima no Brasil: custos e oportunidades* (EMCB). São Paulo: IBEP, 2009.

TABELA 2

Custos e oportunidades para mitigação: investimentos para preparar a economia brasileira e seus benefícios

Agricultura	Modificação genética (R\$ milhões/ano)	Irrigação (R\$ milhões/ano)	Benefício-custo modificação genética	Benefício-custo irrigação
Custos e benefícios da adaptação				
Arroz	65	197	8,2	2,7
Algodão	38	-	10,7	-
Café	104	-	15,4	-
Feijão	51	494	7,1	0,7
Soja	378	-	16,7	-
Milho	354	309	4,3	4,9
Energia	Custo de capital R\$ 93,6 bilhões + R\$ 12,7 bilhões/ano de custo operacional, cenário A2-BR		R\$ 88 bilhões + R\$ 13,2 bilhões/ano, cenário B2-BR	
Zona costeira	R\$ 6,8 bilhões (total) ou R\$ 170,6 milhões/ano		Custo de gestão do governo, exclui obras	
Oportunidade de mitigação				
Desmatamento da Amazônia	Redução 70%-95% do desmatamento		Conforme um custo de US\$ 3 ou 50/t de CO ₂	
Produção de etanol	De 187 milhões a 362 milhões de toneladas de CO ₂ eq		Em 2035, conforme destino do álcool exportado	
Taxação de carbono	Emissões -1,16% e -1,87%; PIB -0,13% e -0,08%		Conforme taxa de US\$ 30 ou 50/t de carbono	
Eficiência energética	Potencial de 1,8 bilhão t de CO ₂ entre 2010 e 2030		Custo médio equivalente de US\$-13/t de CO ₂	

Fonte: Margulis; Dubeux; Marcovitch (Coord.). *Economia da mudança do clima no Brasil: custos e oportunidades* (EMCB). São Paulo: IBEP, 2009.

6 LIMITAÇÕES DO ESTUDO

É importante ressaltar que o caráter pioneiro desse estudo implicou uma série de limitações que devem ser consideradas na ponderação de seus resultados, tais como: *i*) o uso de apenas um modelo climático global, no qual se basearam as análises setoriais e econômicas; *ii*) a abordagem determinística do estudo, isto é, a não consideração explícita do risco e da incerteza e a ênfase em valores médios esperados; *iii*) foco restrito sobre custos imediatos de pequenas mudanças de temperatura sobre um conjunto limitado de impactos mensuráveis; *iv*) o fato de os valores estimados de precipitações futuras pelos vários modelos climáticos não concordarem em sinal (aumento ou diminuição) limita projeções sobre o clima futuro e seus potenciais impactos econômicos; *v*) nos setores mais complexos ou com conhecimento técnico restrito (como biodiversidade e zona costeira), as análises e a valoração econômica são preliminares; e *vi*) a não incorporação de mudanças tecnológicas de longo prazo.

Vale ainda mencionar que o estudo Economia do Clima no Brasil focalizou as perspectivas nacional e regionais, deixando para estudos futuros as análises locais e dos impactos das dimensões institucionais, legais e culturais. As análises sociais se limitaram ao que surgiu da análise macroeconômica e apenas parcialmente dos diversos capítulos setoriais. Além disso, não se estimaram os impactos das mudanças climáticas sobre a infraestrutura, e menos ainda sobre alternativas de adaptação, aspectos que aguardam pesquisas futuras e que representam custos significativos.

7 PRIORIDADES DE AÇÃO

Em que pesem as limitações acima apontadas, encontraram-se evidências e tendências que possibilitam elencar uma série de ações. Uma delas é que, devido aos custos e riscos potenciais da mudança do clima para o Brasil pesarem mais sobre as populações pobres do Norte e Nordeste, as políticas de proteção social nestas regiões devem ser reforçadas. E para que se possa contribuir para a redução do problema climático global, é necessário reduzir emissões de GEEs com incentivos que favoreçam produtos com baixa emissão de carbono em seu ciclo de vida.

No quadro regulatório devem ser realizados esforços para que a mudança do clima integre as políticas governamentais do setor ambiental, incluindo a emissão e sequestro de GEEs no processo de licenciamento, tanto no caso da agenda marrom (poluição) quanto no da agenda verde (setor rural e afins) – setores de transportes, habitação, agricultura e indústria.

Outra prioridade seria garantir que a matriz energética mantenha-se “limpa” identificando e investindo nas muitas opções de eficiência energética altamente rentáveis.

Uma das principais recomendações está no controle do desmatamento. O desmatamento gera significativas mudanças do clima local e regional e resulta em uma perda projetada de até 38% das espécies e de 12% de serviços ambientais em 2100. Também importante é investir em pesquisa agrícola de ponta, em particular na modificação genética de cultivares.

Paralelamente, há que se aumentar o conhecimento técnico sobre o problema da mudança do clima na economia brasileira com o desenvolvimento de modelos climáticos que permitam maior desagregação setorial e regional dos impactos físicos e avaliem alternativas de mitigação e adaptação mais eficientes. Imprescindível que esses modelos possam também desenvolver mais estudos para identificar a natureza e quantificar os riscos de eventos extremos para além de 2050 e 2100.

Espera-se assim que o referencial de modelagem desenvolvido no estudo seja útil na elaboração de uma série de diferentes cenários econômicos, sociais e climático-ambientais que incorporem as medidas de mitigação que o país desenvolve no momento.