

# ECO NOMIA DO CLIMA

ESTUDO ECONÔMICO DAS  
MUDANÇAS CLIMÁTICAS  
NO BRASIL

# Economia da Mudança do Clima no Brasil: custos e oportunidades

RESUMO EXECUTIVO

Este estudo foi inspirado no *Relatório Stern*, do Reino Unido, que fez uma abrangente análise econômica do problema das mudanças climáticas em nível global. Desenvolvido por instituições públicas brasileiras atuantes na área, o estudo tem como premissas o rigor científico, a liberdade de pensamento e a busca de consenso através do diálogo entre todos os seus autores, seus revisores e os membros do Conselho de Orientação. Devido a seu pioneirismo, os resultados devem ser vistos como primeiras aproximações sobre um tema complexo, servindo como contribuição para o debate.



# Ficha técnica

## **Conselho de Orientação:**

Carlos Afonso Nobre (ABC/INPE),  
Carlos Henrique de Brito Cruz (FAPESP),  
Carlos Roberto Azzoni (FEA/USP),  
Fábio Feldmann (FPMC),  
Francisco de Assis Leme Franco (MF),  
Israel Klabin (FBDS),  
Jacques Marcovitch (USP),  
José Domingos Gonzalez Miguez (MCT),  
José Goldemberg (IEE/USP),  
Luciano Coutinho (BNDES),  
Luiz Gylvan Meira Filho (IEA/USP),  
Luís Manuel Rebelo Fernandes (FINEP),  
Luiz Pinguelli Rosa (COPPE/UFRJ – FBMC),  
Marcio Pochmann (IPEA),  
Marco Antonio Zago (CNPq),  
Marcos Sawaya Jank (UNICA),  
Pedro Leite da Silva Dias (LNCC/CNPq/MCT),  
Sérgio Barbosa Serra (MRE),  
Suzanna Kahn Ribeiro (MMA/SMCQ),  
Temistocles Marcelos (FBOMS) e  
Thelma Krug (IAI).

## **Coordenador geral e institucional:**

Jacques Marcovitch (FEA/USP).

## **Coordenadores técnicos:**

Sergio Margulis (Banco Mundial) e  
Carolina Burle Schmidt Dubeux (COPPE/UFRJ).

## **Coordenadores dos estudos setoriais:**

Alisson Barbieri (CEDEPLAR/UFMG),  
Alexandre Szklo (COPPE/UFRJ),  
Bernardo Baeta Neves Strassburg  
(Instituto GAEA e Universidade de East Anglia),  
Carlos Azzoni (FEA/USP),  
Eduardo Assad (EMBRAPA),  
Eduardo Haddad (FEA/USP),  
Emílio La Rovere (COPPE/UFRJ),  
Eneas Salati (FBDS),  
Hilton Pinto (UNICAMP),  
José Feres (IPEA),  
José Marengo (CCST/INPE),  
Paulo Cesar Rosman (UFRJ),  
Paulo Moutinho (IPAM),  
Robert Schneider (consultor),  
Roberto Schaeffer (COPPE/UFRJ) e  
Ulisses Confalonieri (FIOCRUZ).

# Resumo executivo

A **transição climática** projetada pelo Painel Intergovernamental de Mudança do clima (IPCC, sigla em inglês) afetará os recursos naturais, a economia e as sociedades do mundo todo em magnitude hoje desconhecida. O estudo Economia das Mudanças do Clima no Brasil (EMCB) é uma iniciativa pioneira para analisar e quantificar o impacto da mudança do clima na agenda de desenvolvimento do país. 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.

Pela primeira vez no País reuniu-se uma grande equipe interdisciplinar para integrar projeções sobre diferentes setores, formada principalmente por cientistas das principais instituições de pesquisa do país. O ponto de partida foram modelos computacionais que forneceram projeções sobre o comportamento futuro do clima no território nacional, como temperatura, precipitação e fluxo hidrológico. Estas projeções alimentaram modelos de alguns setores 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 baseadas em hipóteses sobre o comportamento futuro da economia global. Este estudo tenta simular 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 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 dos problemas climáticos associados ao aquecimento global serem de longo prazo, adotou-se o ano de 2050 como horizonte das simulações 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 por conta 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 2050. Além dessa limitação temporal, as simulações do estudo privilegiam os comportamentos médios das variáveis, por conta 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 hoje será o aprofundamento das desigualdades regionais e de renda.

## 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, estes PIBs reduzem-se em 0,5% e 2,3% respectivamente.

■ Antecipados para valor presente com uma taxa de desconto de 1% ao ano, 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 cenários, a pobreza aumenta por conta da 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\$ 6.000 e R\$ 18.000, representando de 60% a 180% do consumo anual per capita atual.

## Perspectivas regionais

■ As regiões mais vulneráveis à mudança do clima no Brasil seriam a Amazônia e o Nordeste.

■ Na Amazônia, o aquecimento pode chegar a 7-8°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.

■ 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.

## Perspectivas setoriais

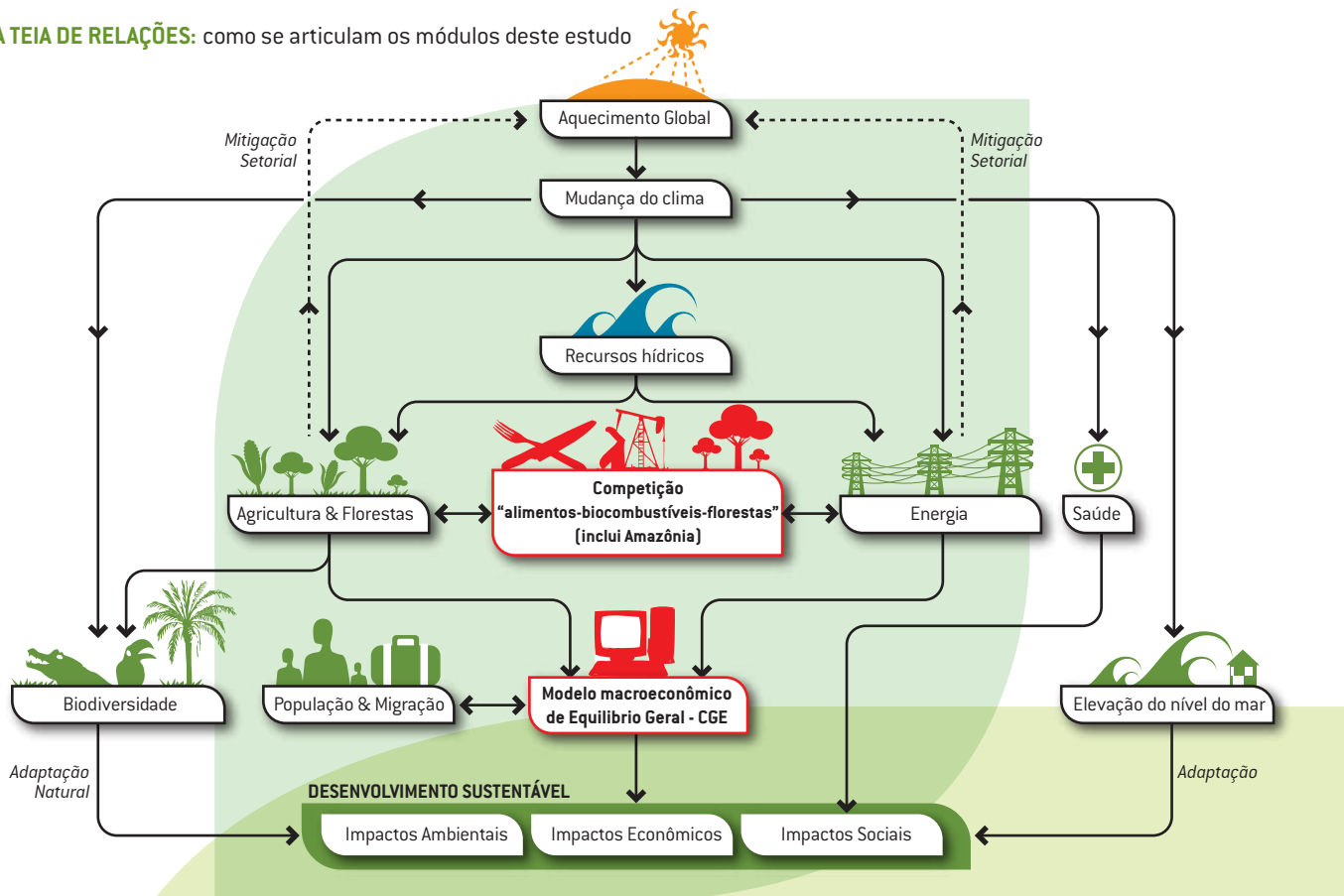
**Recursos hídricos.** Os resultados projetados seriam alarmantes para algumas bacias, principalmente na região Nordeste, com uma diminuição brusca das vazões até 2100.

**Energia.** Perda de confiabilidade no sistema de geração de energia hidrelétrica, com redução de 31,5% a 29,3% da energia firme. Os impactos mais pronunciados ocorreriam nas regiões Norte e Nordeste. No Sul e no Sudeste os impactos se mostrariam mínimos ou positivos, mas neste caso não compensariam as perdas do Norte e do Nordeste.

[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.

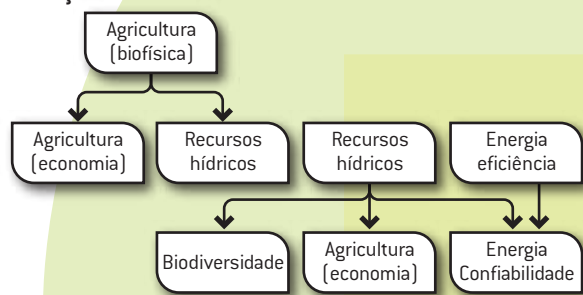


**UMA TEIA DE RELAÇÕES:** como se articulam os módulos deste estudo

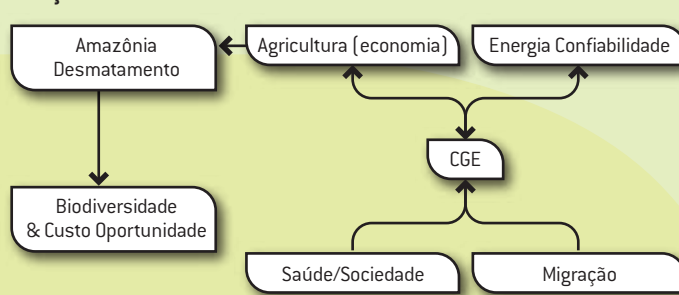


**FLUXO DE INSUMO E PRODUTOS:** Modelo Macroeconômico de Equilíbrio Geral - CGE - Saúde/Sociedade

**Interações dos setores e blocos I**



**Interações dos setores e blocos II**



**Agropecuária.** 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.

**Zona costeira.** Considerando o pior cenário de elevação do nível do mar e de eventos meteorológicos extremos, a estimativa dos valores materiais em risco ao longo da costa brasileira é de R\$ 136 bilhões a R\$ 207,5 bilhões.

**Adaptação**

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

**Energia.** Seria preciso instalar uma capacidade extra para gerar entre 162 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.

**Zona costeira.** 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.

**Oportunidades de mitigação**

**Desmatamento.** Um preço médio de carbono na Amazônia de US\$ 3 por tonelada, ou US\$ 450 por hectare, desestimularia 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.

**Biocombustíveis.**

■ A substituição de combustíveis fósseis poderia evitar emissões domésticas de 92 milhões a 203 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> 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, exposição de grandes concentrações populacionais a altos níveis de poluição atmosférica, caso não seja adotado o sistema de colheita mecanizada.

**Taxação de carbono.** O estudo estimou que o impacto de uma taxa 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%.

**Setor energético.** Tomando como referência o Plano Nacional de Energia 2030, o potencial estimado de redução de emissões seria de 1,8 bilhão de toneladas de CO<sub>2</sub> acumuladas no período 2010-2030. Com uma taxa de desconto de 8% ao ano, 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 CO<sub>2</sub>.

### Prioridades de ação

■ Os custos e riscos potenciais da mudança do clima para o Brasil seriam ponderáveis e pesariam mais sobre as populações pobres do Norte e Nordeste, de modo que políticas de proteção social nestas regiões devem ser reforçadas.

■ É possível e necessário associar metas ambiciosas de crescimento com a redução de emissões de gases de efeito estufa, para assegurar acesso a mercados que favoreçam produtos com

baixa emissão de carbono em seu ciclo de vida.

■ A mudança do clima deve integrar as políticas governamentais do setor ambiental (como incluir emissão ou sequestro de gases do efeito estufa 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.

■ Garantir que a matriz energética mantenha-se “limpa”, investir nas muitas opções de eficiência energética altamente rentáveis, e garantir que o crescimento do PIB nacional também seja gerado de forma “limpa”.

■ No presente, a principal recomendação é estancar o desmatamento da Amazônia. 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.

■ Aumentar o conhecimento técnico sobre o problema, com o desenvolvimento de modelos climáticos, modelos que traduzam as mudanças esperadas do clima em impactos físicos nos diversos setores da economia, alternativas de mitigação e adaptação mais eficientes.

■ Investir em pesquisa agrícola de ponta, em particular na modificação genética de cultivares.

■ Desenvolver mais estudos para quantificar natureza e riscos de eventos extremos além de 2050 e 2100.

Finalmente, cumpre notar que, principalmente em decorrência do debate nacional sobre a posição que o Brasil deveria adotar nas negociações internacionais, tem-se discutido intensamente cenários que levam em consideração o grande potencial de mitigação do país, ao se buscar uma economia de baixo carbono. Alguns têm denominado esta trajetória de “Brasil Potência Ambiental”. O referencial de modelagem aqui desenvolvido será útil na elaboração de uma série de diferentes cenários econômicos, sociais e climático-ambientais que incorporem as medidas de mitigação que se queira testar. Recomenda-se, assim, como



### O CUSTO DA INAÇÃO: perdas acarretadas pelos impactos das mudanças climáticas no Brasil, em reais de 2008.

<b>PIB em 2050</b>	-R\$ 719 bilhões (A2-BR) e -R\$ 3.655 bilhões (B2-BR)	0,5 % e 2,3% dos PIBs de 2050, em cada cenário	
<b>PIB per capita em 2050</b>	-R\$ 534 (A2-BR) e -R\$ 1.603 (B2-BR)		
<b>Excedente hídrico bacias Nordeste (período 2041-2070)</b>	-60% (de 7.075 para 2.833 m <sup>3</sup> /s, A2-BR) e -56% (B2-BR)	Bacias Atlântico NE Oriental e Ocidental, Parnaíba e São Francisco	
<b>Agricultura</b>	<b>Varição % da área de baixo risco (2050)</b>	<b>Perda produtividade média</b>	<b>Perda anual, Cenário A2-BR</b>
Arroz	-12% nos 2 cenários	-12% (C0) e +44% (S)	R\$ 530 milhões/ano
Algodão	-14% nos 2 cenários	---	R\$ 408 milhões/ano
Café	-17% ou -18% (A2-BR ou B2-BR)	---	R\$ 1.597 milhões/ano
Feijão	-10% nos 2 cenários	-8% (C0) e +37% (S)	R\$ 363 milhões/ano
Soja	-34% ou -30% (A2-BR ou B2-BR)	-0,7 (C0) e +21% (S)	R\$ 6.308 milhões/ano
Milho	-15% nos 2 cenários	-27% (NE) e -10% (S)	R\$ 1.511 milhões/ano
Cana	139% ou 147% (A2-BR ou B2-BR)	+66% (S) e +34% (SE)	---
<b>Energia elétrica firme</b>	-31,5% ou -29,3% (A2-BR ou B2-BR)		
<b>Energia média</b>	+ 2,7% ou 1,1% (A2-BR ou B2-BR)		
<b>Demanda de etanol (doméstica + export.) em 2050</b>	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	
<b>Aumento demanda energia elétrica</b>	1.333 ktEp (A2-BR) e 1.092 ktEp (B2-BR)		
<b>Perda de cobertura florestal (Amazônia)</b>	De 354 milhões para 199 milhões ha (A2-BR) = - 44%. 40% e 85% (sem e com desmatamento)	Projeção para 2100	
<b>Perda dos serviços ambientais</b>	-12,4% em 2100 (A2-BR) = US\$ 26 bilhões/ano	Sujeito a sérias limitações metodológicas/dados	
<b>Perda de espécies na Amazônia</b>	12% ou 30-38% (sem/com desmatamento, 2100)	Sujeito a limitações metodológicas/dados	
<b>Zona costeira, patrimônio em risco</b>	De R\$136 bilhões a R\$ 207,5 bilhões	Sujeito a limitações metodológicas/dados	

## CUSTOS E OPORTUNIDADES DA AÇÃO: investimentos para preparar a economia brasileira e seus benefícios

CUSTOS E BENEFÍCIOS DA ADAPTAÇÃO				
Agricultura	Modificação Genética	Irrigação/ano	Benef./Custo Modif. Genética	Benef./Custo Irrigação
Arroz	R\$ 65 milhões/ano	R\$ 197 milhões/ano	8,2	2,7
Algodão	R\$ 38 milhões/ano	--	10,7	--
Café	R\$ 104 milhões/ano	--	15,4	--
Feijão	R\$ 51 milhões/ano	R\$ 494 milhões/ano	7,1	0,7
Soja	R\$ 378 milhões/ano	--	16,7	--
Milho	R\$ 354 milhões/ano	R\$ 309 milhões/ano	4,3	4,9
<b>Energia</b>	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	
<b>Zona costeira</b>	R\$ 6,8 bilhões (total) ou R\$ 170,6 milhões/ano		Custos de gestão do governo, exclui obras	
OPORTUNIDADES DE MITIGAÇÃO				
<b>Desmatamento da Amazônia</b>	Redução 70-95% do desmatamento		Conforme taxa de US\$3 ou 50/ton de carbono	
<b>Produção de etanol</b>	De 187 milhões a 362 milhões de toneladas de CO <sub>2</sub> eq		Em 2035, conforme destino do álcool exportado	
<b>Taxação de carbono</b>	Emissões -1,16% e -1,87%; PIB -0,13% e -0,08%		Conforme taxa de US\$ 30 ou 50/ton de carbono	
<b>Eficiência energética</b>	Potencial de 1,8 bilhões t de CO <sub>2</sub> entre 2010-30		Custo médio equivalente de US\$ -13/t de CO <sub>2</sub>	

trabalho para o futuro imediato que se incorpore esta modelagem às recém criadas redes de pesquisa, como a Rede CLIMA e o INCT para Mudanças Climáticas, as quais incorporam a maioria dos grupos de pesquisa do EMCB.

### Limitações do estudo

O caráter pioneiro deste estudo implica uma série de limitações, que não se pode deixar de levar em conta na ponderação de seus resultados. São cinco as principais limitações:

- O uso de apenas um modelo climático global, no qual se basearam as análises setoriais e econômicas, decisão fundamentada no grau de conhecimento disponível no início do estudo com simulações de funções de distribuição de probabilidade para diversos parâmetros e na experiência do INPE com o downscaling (redução de escala) dos modelos globais.
- A abordagem determinística do estudo, isto é, a não consideração explícita do risco e da incerteza e a ênfase em valores médios esperados, com foco restrito sobre custos imediatos de pequenas mudanças de temperatura sobre um conjunto limitado de impactos mensuráveis.
- O fato de os valores estimados de precipitações futuras pelos vários modelos climáticos não concordarem em sinal (aumento

ou diminuição), o que limita projeções sobre o clima futuro e seus potenciais impactos econômicos.

- A incompletude da base de dados e de informações técnicas disponíveis, desde modelos climáticos e projeções sobre o clima futuro até dados ecológicos e socioeconômicos, incluindo a valoração econômica. Nos setores mais complexos ou com conhecimento técnico restrito (como biodiversidade e zona costeira), as análises e a valoração econômica são preliminares.
- A não incorporação de mudanças tecnológicas de longo prazo, pela falta de cenários e análises sobre as quais basear as projeções, uma decisão decorrente da incipiência dos modelos e das restrições técnicas de ligar todos os modelos, desde as projeções de variações climáticas até seus impactos socioeconômicos.

O presente estudo focalizou a perspectiva nacional, 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.