



The turning point – América do Sul
Anexo técnico

Conteúdo

Glossário	2
The turning point: A economia das mudanças climáticas	3
1. Definições	5
2. Modelagem D.Climate	7
3. Modelagem de cenário	23
4. Descontando o futuro	29
5. Limitações	30
Notas finais	34
Autores	40
Deloitte Economics Institute	41
Agradecimentos	42

Glossário

Sigla/Abreviação	Nome por extenso
ABARES	Australian Bureau of Agricultural and Resource Economics and Sciences
AR6	Sexto Relatório de Avaliação do IPCC (Sixth Assessment Report)
BEA	Bureau of Economic Analysis
CCUS	Captura, utilização e armazenamento de carbono (Carbon capture, utilization and storage)
EGC	Equilíbrio geral computável
CMIP6	Projeto de Intercomparação de Modelo Acoplado Fase 6 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 6)
CO ₂	Dióxido de carbono
COP26	2021 United Nations Climate Change Conference (26ª)
DAE-RGEM	Modelo de equilíbrio geral regional da Deloitte Access Economics (Deloitte Access Economics Regional General Equilibrium Model)
ERP	Parâmetro de resposta a emissões (Emissions response parameter)
MCG	Modelo climático global
PIB	Produto interno bruto
GEE	Gases de efeito estufa
GSAT	Temperatura média global do ar na superfície (Global-mean surface air temperature)
GTAP	Projeto de Análise de Comércio Global (Global Trade Analysis Project)
VAB	Valor agregado bruto
IAM	Modelo de avaliação integrada (Integrated assessment model)
AIE	Agência Internacional de Energia
IIASA	Instituto Internacional de Análise de Sistemas Aplicados
FMI	Fundo Monetário Internacional
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (Intergovernmental Panel on Climate Change)
LECZ	Zona costeira de baixa altitude (Low-elevation coastal zone)
LULUCF	Uso da terra, mudança no uso da terra e florestas (Land use, land-use change and forestry)
MAGICC	Modelo para a Avaliação das Alterações Climáticas Induzidas pelos Gases de Efeito de Estufa (Model for the Assessment of Greenhouse Gas Induced Climate Change)
RCP	Caminhos de Concentração Representativos (Representative Concentration Pathway)
MCS	Matriz de contabilidade social
SLR	Aumento do nível do mar (Sea level rise)
SSP	Caminhos Socioeconômicos Compartilhados (Shared Socioeconomic Pathway)
WBGT	Temperatura do Globo de Bulbo Úmido (Wet Bulb Globe Temperature)
WGI	Grupo de Trabalho I (Working Group I)

The turning point: A economia das mudanças climáticas

Em 1990, o primeiro relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) concluiu que as alterações no clima causadas pelo homem se tornariam aparentes, mas não foi possível confirmar que isso já estava acontecendo na época.

Em agosto de 2021, o Sexto Relatório de Avaliação do IPCC trouxe o entendimento atual da física do sistema climático e das mudanças climáticas. Nessa avaliação, é “inequívoca” a evidência de que o clima mudou desde a era pré-industrial e que as atividades humanas representam a causa principal.¹ Com mais dados e melhores modelos, o relatório forneceu estimativas aprimoradas e margens mais estreitas em relação a relatórios anteriores. Segundo ele, a temperatura da superfície global continuará aumentando até pelo menos meados do século em todos os cenários de emissões que foram considerados. O aquecimento global de 1,5°C e 2°C será excedido durante o século 21, a menos que ocorram reduções profundas nas emissões de dióxido de carbono (CO₂) e de outros gases de efeito estufa dentro das próximas décadas. Há mais certeza de que, a cada aumento adicional de aquecimento global, as mudanças nos extremos aumentam; por exemplo, cada 0,5°C a mais de aquecimento global causa aumentos distintos na intensidade e frequência de calor extremo e de chuvas e secas fortes em algumas regiões, entre outros impactos.

Modelar os impactos econômicos dos riscos físicos resultantes das mudanças climáticas e os impactos econômicos das trajetórias de mitigação e adaptação pode ser difícil, mas não irresolúvel. A ciência econômica passou várias décadas debatendo os benefícios e as limitações das técnicas estabelecidas para derivar estimativas econômicas. Até hoje, embora permaneçam muitas incertezas e limitações técnicas sobre o que os modelos macroeconômicos podem razoavelmente concluir, as técnicas econômicas foram aprimoradas para integrar visões do clima físico e das economias e fornecer informações importantes sobre as escolhas que podem ser feitas para impulsionar a prosperidade.

O Deloitte Economics Institute reconhece as incertezas e os desafios técnicos na quantificação das relações entre

as emissões de gases de efeito estufa, as temperaturas da superfície global e os impactos econômicos. O uso da modelagem de avaliação integrada (IAMs) apresenta uma estrutura e abordagem para tratar essas questões, mas, como qualquer método, com limitações (Cenário A, consulte a seção 2). Contudo, da mesma maneira, reconhecemos que a economia pode fornecer informações úteis para as atuais tomadas de decisões. Este estudo não descarta a pragmática em busca da perfeição.

Nesse contexto, a modelagem econômica empregada nesta análise tem diversos objetivos voltados a suprir essas limitações:

- Os resultados apresentam um impacto de ordem de magnitude no produto interno bruto (PIB) e outras variáveis econômicas nos próximos 50 anos. Esses resultados não devem ser interpretados como previsões ou estimativas “mais prováveis” dos impactos das mudanças climáticas. Em vez disso, a modelagem apresenta uma estrutura consistente para entender a diferença econômica entre possíveis mundos futuros: um com impactos significativos das mudanças climáticas e outro com efeitos mais moderados. Estabelecer uma visão de longo prazo do impacto, ainda que limitada a especificações precisas do cenário, permite-nos tirar conclusões sobre os dilemas e a direção da mudança nas economias. Isso é verdade tanto para altas emissões, trajetórias de aumento de temperatura alta quanto para baixas emissões, trajetórias de aumento de temperatura mais baixa.
- Na ausência de transformação, uma trajetória de emissões mais altas e temperatura da superfície global mais alta é a perspectiva básica para o mundo. Isso, por sua vez, cria danos econômicos induzidos pelas mudanças climáticas. Embora existam vários cenários prováveis para perfis de emissões e aumentos de temperatura correspondentes (todos os quais resultariam em algum dano causado pelas mudanças climáticas), adotamos uma única trajetória futura de emissões mais altas e temperaturas mais altas (consulte a seção 2.1) que oferece a base para uma visão integrada dos danos físicos crônicos tornando-se

uma tendência. Essa perspectiva básica é usada para demonstrar que a escolha de uma trajetória sem mudança em relação às atuais tendências globais de emissões não é gratuita.² O crescimento econômico não ocorrerá de forma ininterrupta como as mudanças climáticas.

- Em relação a esta perspectiva básica, uma avaliação dos custos e benefícios da mitigação e adaptação pode ser considerada. Para fins de informação, modelamos uma única trajetória de transformação econômica que dissocia as emissões do sistema de produção econômica (Cenário B). Essa trajetória descarboniza as economias para atingir um perfil de emissão líquida de gases de efeito estufa quase zero e limita o aquecimento global da temperatura da superfície em cerca de 1,5°C e bem abaixo de 2°C, em comparação com os níveis pré-industriais, até 2050. Assim como a linha de base, essa trajetória de descarbonização é dada como certa – não atribuímos uma probabilidade de sua realização. Pelo contrário, o foco está no sequenciamento, ritmo e escala das ações econômicas que podem permitir que as economias se descarbonizem dentro de um orçamento de carbono que limite o aquecimento global da temperatura da superfície em bem menos de 2°C até 2050.

A análise econômica das mudanças climáticas é importante para reformular o debate e informar as atuais tomadas de decisões, tendo em mente as limitações da ciência e da economia.

Hoje governos, empresas e comunidades estão fazendo escolhas sobre como lidar com as mudanças climáticas. A cúpula do clima, COP26, em Glasgow, catalisou compromissos aprimorados de redução de emissões em muitas das principais economias. A análise dessas novas

metas – além das metas existentes – mostra que, se forem cumpridas a tempo, poderão manter o aumento nas temperaturas globais em 1,8°C até o final do século.³ Isso aproxima o mundo do que é necessário e é um passo significativo na ambição de manter o aquecimento global abaixo de 2°C. No entanto, a lacuna entre os compromissos no futuro e as ações que estão sendo tomadas hoje continua grande.

Para cumprir os compromissos declarados, os líderes deverão fazer uma série de escolhas e a análise econômica do clima é um insumo fundamental para essas escolhas. Se não pudermos reformular o ponto de partida – que a inação traz custos econômicos significativos – então qualquer ação sobre as mudanças climáticas sempre parecerá um custo desnecessário para a sociedade e as economias.

Qualquer mudança econômica terá um custo associado a ela – seja uma mudança no clima ou uma mudança para descarbonizar. A questão é como entendemos a magnitude potencial desses custos, as opções para minimizá-los e como as escolhas que todos fazemos hoje determinam a sua extensão. Há uma janela estreita de tempo – que vem se fechando – para se criar um novo motor para a prosperidade econômica sustentável, evitando as piores consequências de um mundo em aquecimento.

Este é um anexo técnico do documento “[O ponto de virada: Um novo clima econômico na América do Sul](#)”. A modelagem e a metodologia descritas a seguir sustentam uma série de relatórios para a região das Américas, incluindo Estados Unidos, Canadá e América do Sul. Embora haja referência aos Estados Unidos e Canadá em todo o documento, o foco está na América do Sul.

O Sexto Relatório de Avaliação do IPCC e esta análise

O IPCC divulgou a contribuição do Grupo de Trabalho I para o Sexto Relatório de Avaliação (AR6) como a compreensão mais atualizada da física do sistema climático e das mudanças climáticas. O AR6 descreve uma compreensão aprimorada dos processos climáticos, evidências paleoclimáticas e a resposta do sistema climático ao aumento da força radiativa (impulsionada por concentrações mais altas de gases de efeito estufa). O AR6 apresenta uma melhor estimativa da sensibilidade climática de equilíbrio de 3°C, com um intervalo mais estreito em comparação com o AR5 anterior. No AR6, a temperatura da superfície global continuará aumentando até pelo menos meados do século em todos os cenários de emissões considerados. O aquecimento

global de 1,5°C e 2°C será excedido durante o século 21, a menos que ocorram reduções profundas nas emissões de CO₂ e outros gases de efeito estufa nas próximas décadas.

Esta análise usa o modelo D.Climate. Ela não adota uma abordagem probabilística para a linha de base e os cenários ‘net zero’. Pelo contrário, a análise modela impactos econômicos estreitos relacionados a funções de dano específico das trajetórias de emissão selecionadas, sem atribuir probabilidade ao resultado. Essa abordagem visa informar uma melhor estrutura para as atuais tomadas de decisões, com base em ordens de magnitude de dilemas econômicos ao longo do tempo.

1 – Definições

1.1 'Net zero'

'Net zero' significa o alcance de um equilíbrio geral entre as emissões de gases de efeito estufa (GEE) produzidas e as emissões de GEE retiradas da atmosfera. O Deloitte Economics Institute modelou um cenário que reflete o mundo atingindo zero emissões líquidas ('net zero') de GEE até 2050. Desses, espera-se que cerca de 13,4Gt (ou cerca de 20%) de CO₂ sejam compensados ou capturados por meio de sumidouros de carbono em 2050.⁴

As emissões compensadas ou capturadas da América do Sul são referenciadas para uso da terra, mudança no uso da terra e florestas (LULUCF), sumidouros de carbono naturais e produzidos pelo homem até 2050, observando que a probabilidade de se tornarem viáveis é aumentada pelo preço do carbono modelado.

1.2 Mundo próximo a 1,5°C

Essa trajetória para o 'net zero' do mundo limita o aquecimento médio global em bem menos de 2°C e próximo a 1,5°C, em comparação com os níveis pré-industriais, de acordo com os objetivos atuais do Acordo de Paris. O aquecimento preciso na temperatura média global da superfície usada na modelagem está 1,7°C acima dos níveis pré-industriais até 2100. As implicações climáticas e econômicas dessa trajetória da temperatura global são modeladas (Cenário B) como o cenário de comparação com um mundo de inação climática.

1.3 Mundo a 3°C

Um cenário econômico referente a uma trajetória de inação climática (Cenário A). Os caminhos socioeconômicos e de emissões que sustentam este exercício são amplamente consistentes com o cenário SSP2-6.0 (consulte a seção 2.4).⁵ A mudança de temperatura implícita está 3°C acima dos níveis pré-industriais até 2100.

1.4 Conceito do ponto de virada

A transição para um mundo 'net-zero' e a limitação do aquecimento em até 1,5°C requer uma transformação industrial e econômica que normalmente ocorreria ao longo de um século em apenas três décadas. O conceito do ponto de virada destaca que, apesar dos

custos iniciais, países e indústrias verão dividendos para a rápida descarbonização. É um ponto de virada climático e econômico em que se evitam os piores efeitos das mudanças climáticas, enquanto os benefícios econômicos de novas indústrias e tecnologias compensam os custos da transição dos processos de produção intensivos em emissões.

1.5 Desvios da linha de base

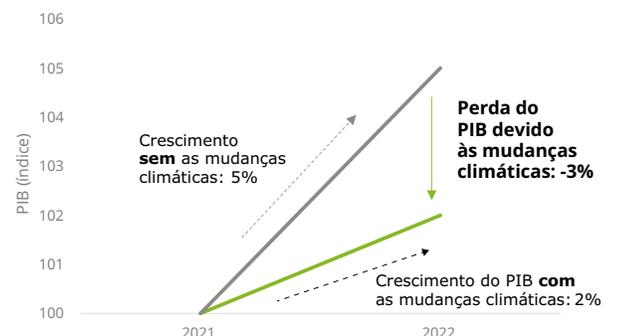
A narrativa do ponto de virada é baseada na análise de cenários. A modelagem não faz uma previsão do futuro, mas sim comparações entre possíveis mundos futuros. A discussão dos resultados da modelagem geralmente descreverá o estado da economia em referência a um futuro alternativo ou o desvio em uma variável (como o PIB) de um cenário (ou seja, um mundo próximo a 1,5°C, Cenário B) para outro (ou seja, mundo a 3°C, Cenário A).

1.5.1 Impactos das mudanças climáticas (Cenário A)

Ao comparar dois futuros alternativos, um PIB **mais baixo** no mesmo momento não é o mesmo que ter um crescimento negativo do PIB. O exemplo da figura 1.1 comparando dois cenários de PIB com e sem os impactos das mudanças climáticas mostra que ambos os cenários ainda refletem uma economia em crescimento. O impacto ou "perda" do PIB em 2022 devido às mudanças climáticas é a diferença entre os dois níveis do PIB.

FIGURA 1.1

Contabilização dos impactos das mudanças climáticas



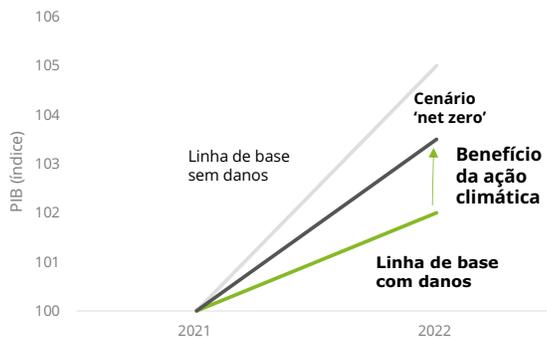
Observação: Esses dados são meramente ilustrativos.
Fonte: Deloitte Economics Institute.

1.5.2 Desvios de ‘net zero’ a partir de uma linha de base afetada (Cenário B)

Ao considerar os custos e benefícios das ações para reduzir as emissões, uma linha de base econômica inicial adequada refletiria os danos que surgiriam em um mundo em contínuo aquecimento devido às emissões irrestritas de GEE. De forma simplificada (figura 1.2), a trajetória de crescimento “corrigida” representa uma linha de base com a qual um cenário ‘net zero’ (com danos menores) pode ser comparado. O Cenário B (seção 3) estima desvios de um mundo próximo a 1,5°C em comparação a um mundo a 3°C.

FIGURA 1.2

Contabilização dos impactos das mudanças climáticas



Observação: Esses dados são meramente ilustrativos.
Fonte: Deloitte Economics Institute.

1.6. Descarbonização

O processo de dissociação das emissões do crescimento econômico em nosso contexto. A modelagem representa a descarbonização de uma forma particular. A intensidade das emissões do uso de commodities de energia não muda, mas a composição industrial e os processos de produção se adaptam para depender menos do uso de commodities de energia com emissões intensivas, tornando a produção global menos intensiva em emissões.

1.7 Energia e eletricidade limpas

A eletricidade limpa inclui tecnologias de produção solar, eólica, nuclear, hidrelétrica e geotérmica. Hidrogênio e bioenergia de emissão zero são combinados com eletricidade limpa para serem descritos como energia limpa (consulte a seção 2.3.2).

1.8 Energia e eletricidade convencionais

Inclui carvão, petróleo e gás como combustíveis e produção de energia, bem como seu uso na produção de eletricidade. A captura, uso e armazenamento de carbono não são modelados separadamente.

2 – Modelagem D.Climate

2.1 Visão geral

Até o momento, a maioria dos modelos macroeconômicos e análises de política econômica é comparada a uma “linha de base” que presume que o crescimento econômico ocorrerá sem impedimentos pelas crescentes concentrações de GEEs na atmosfera mundial. O Deloitte Economics Institute acredita que esse ponto de vista não é verdadeiro na prática – principalmente no longo prazo – e, portanto, a análise econômica e a política climática são informadas por um referencial teórico datado.

Os impactos das mudanças climáticas não devem ser considerados como um cenário relativo a uma linha de base de crescimento intensivo de emissões irrestrito, porque na ausência de mudanças sociais e econômicas fundamentais, os impactos das mudanças climáticas não mitigadas são a linha de base. Ao excluir os impactos econômicos das mudanças climáticas das linhas de base econômica, a tomada de decisão perde um ponto fundamental.

Uma mudança para entender e incorporar essa linha de base afetada pelo clima na tomada de decisões está ganhando força. A Network for Central Banks and Supervisors for Greening the Financial System (NGFS), formada por 92 bancos centrais, tem sido um exemplo proeminente, desenvolvendo orientações e cenários para auxiliar o setor financeiro a compreender melhor seus riscos climáticos.⁶

O Deloitte Economics Institute desenvolveu uma extensão de um modelo de equilíbrio geral regional interno, o DAE-RGEM, dando-lhe a funcionalidade de um modelo de avaliação integrada (IAM) completo. Ao contrário de muitos IAMs, este modelo incorpora múltiplos danos econômicos que variam por setor e

região e, ao contrário de muitos modelos regionais de equilíbrio geral computável (EGC), possui integração total com a economia global por meio do banco de dados do Projeto de Análise de Comércio Global (GTAP) e um completo conjunto de contas de emissões cobrindo gases CO₂ e não CO₂.⁷

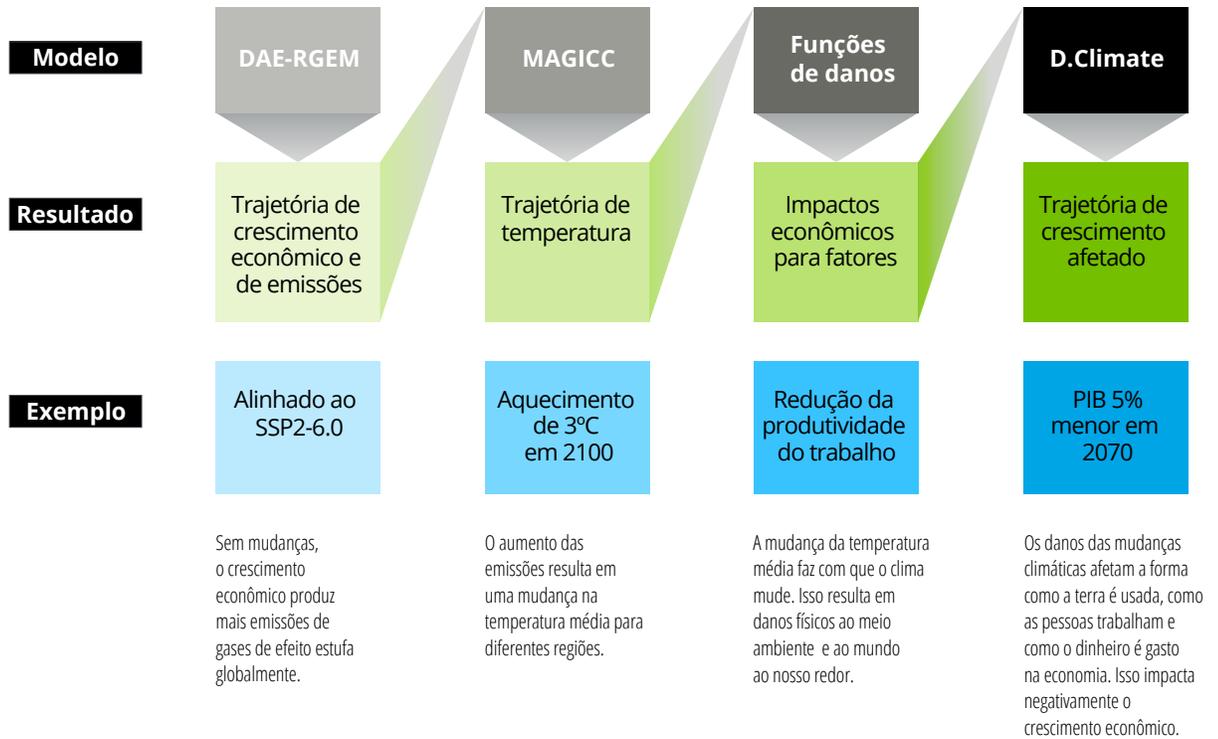
Este trabalho baseia-se e contribui para três principais linhas de pesquisa:

- O fluxo principal é o dos avanços nos modelos de EGC, permitindo a modelagem de políticas complexas e dinâmicas, como aquelas necessárias para efetuar a transição para um ambiente de baixo carbono.⁸
- Outro fluxo são os avanços nos IAMs.⁹ O fluxo de IAM, em suas fases iniciais, usava uma representação mais agregada da economia que permitia um módulo climático estilizado.¹⁰ Esses modelos buscavam incorporar danos potenciais associados às mudanças climáticas em um modelo do sistema econômico para formar uma estrutura integrada (mas simplificada) para avaliar as decisões enfrentadas pelos formuladores de políticas quando se tratava de metas de redução de emissões.¹¹
- O terceiro e mais recente fluxo busca combinar os dois descritos acima e fornecer os detalhes setoriais e políticos mais ricos dos modelos de EGC modernos, combinado a mecanismos de feedback climático que permitem uma avaliação integrada.¹²

O D.Climate é uma extensão de uma metodologia de modelagem bem estabelecida e técnica de análise de política que busca “corrigir” a linha de base típica de negócios presumida na maioria dos modelos.¹³

FIGURA 2.1

Estrutura do D.Climate



Observação: As trajetórias de temperatura fornecidas pelo MAGICC são a temperatura média global do ar na superfície. As funções de danos estimam os impactos regionais com base nessa trajetória de temperatura, bem como em outras variáveis climáticas regionais (por exemplo, precipitação), que não são fornecidas pelo MAGICC.

Fontes: Deloitte Economics Institute, Meinshausen et al. (2011, 2020), Nicholls et al. (2021).

O D.Climate é elaborado em uma estrutura de modelagem econômica que leva em conta os impactos econômicos das mudanças climáticas e estabelece um caso de referência que pode ser modelado até o ano 2100 ou mais. O processo e a lógica do D.Climate são os seguintes:

1. A modelagem apresenta uma trajetória básica de crescimento econômico que se baseia em previsões globais e regionais de curto a médio prazo em combinação com uma suposição de contração e convergência de longo prazo.
2. A trajetória básica de crescimento econômico tem uma trajetória de crescimento de emissões associada – derivada do vínculo estabelecido entre atividade econômica e emissões – que corresponde a concentrações atmosféricas de GEE aumentando de acordo com os caminhos de concentração representativos (RCP).
3. O aumento das concentrações atmosféricas de GEEs causa aquecimento global acima dos níveis pré-industriais, conforme projetado por um modelo climático de complexidade reduzida, o Modelo para a Avaliação das Alterações Climáticas Induzidas pelos Gases de Efeito de Estufa (MAGICC).¹⁴
4. O aquecimento provoca mudanças nos padrões climáticos globais e resulta em danos aos fatores de produção (capital, trabalho e terra) e suas produtividades.
5. Os danos aos fatores de produção são distribuídos pela economia, impactando o PIB.
6. Esses feedbacks são reinseridos no modelo para determinar o desvio na atividade econômica associado a um determinado nível de aquecimento (ou seja, os danos).

Traduzir esse conceito em um processo de modelagem envolve três modelos vinculados por meio de três resultados principais. A abordagem do Deloitte Economics Institute estende os métodos adotados pelo Australian Bureau of Agricultural and Resource Economics and Sciences (ABARES), pelo IPCC e por outras organizações de pesquisa. O método é estendido por necessidade para fins práticos de políticas públicas, e a modelagem é regionalizada – permitindo que resultados e informações sejam produzidos em níveis geográficos mais granulares (como países ou regiões subnacionais).

O processo de modelagem é resumido da seguinte forma:

1. O modelo de equilíbrio geral regional interno da Deloitte (DAE-RGEM) é usado para apresentar uma trajetória projetada para resultado econômico e emissões que se alinham com os caminhos socioeconômicos compartilhados (SSP) e os caminhos de concentração representativos (RCP) escolhidos.
2. Para cada cenário de RCP, os dados climáticos associados (aumento anual da temperatura da superfície global e concentrações atmosféricas) são provenientes de um modelo de mudança climática: a versão MAGICC 7.¹⁵ Separadamente, as variáveis de temperatura média regional, precipitação e umidade relativa são provenientes de uma síntese dos modelos disponíveis no Projeto de Intercomparação de Modelo Acoplado Fase 6 (CMIP6).¹⁶
3. Esses dados climáticos são então inseridos em funções de danos para informar como as mudanças na temperatura podem se manifestar em termos de impactos nos estoques e produtividades dos fatores de produção em cada setor/região. Ao contrário da maioria dos outros modelos, modelamos danos múltiplos, incluindo danos de capital, danos de aumento do nível do mar (SLR) ao estoque de terra, danos por estresse térmico na produtividade do trabalho, danos referentes à saúde humana à produtividade do trabalho, danos agrícolas de mudanças no rendimento das safras e danos referentes ao turismo à entrada líquida de moeda estrangeira.

2.2 Premissas econômicas básicas

A linha de base inclui um conjunto de premissas sobre taxas de crescimento macroeconômico e melhorias tecnológicas entre 2015 e 2070. Essas variáveis-chave foram calibradas com base em séries históricas e de previsão a partir de diversas fontes respeitáveis.

2.2.1 Variáveis macroeconômicas

Variáveis macroeconômicas incluindo PIB (tabela A.3), população e oferta de trabalho (tabela A.4) e taxa de desemprego (tabela A.5) são calibradas para cada ano ao longo do período do modelo.

As taxas de crescimento do PIB são baseadas em informações do banco de dados das Perspectivas da Economia Mundial do Fundo Monetário Internacional (FMI), que apresenta o crescimento histórico e previsto do PIB no período entre 1980 e 2025.¹⁷ Essas taxas de crescimento são extrapoladas usando taxas de crescimento históricas e presumindo um grau de convergência no longo prazo.

As taxas de crescimento populacional são calibradas usando as trajetórias populacionais totais do segundo Caminho Socioeconômico Compartilhado (SSP2) disponibilizado pelo Instituto Internacional de Análise de Sistemas Aplicados (IIASA). Uma interpolação linear é aplicada para obter dados anuais.¹⁸ As mudanças na oferta de trabalho são estimadas com o emprego de uma abordagem semelhante e presume-se que reflitam amplamente as tendências do crescimento populacional.

As taxas de desemprego são baseadas em previsões de curto prazo desenvolvidas pelo FMI¹⁹ e extrapoladas usando uma média móvel. Esta abordagem pressupõe implicitamente uma taxa de desemprego estável a médio e longo prazo.

2.2.2 Emissões, eficiência energética e melhorias de produtividade

Impactos no primeiro ano da simulação são usados para combinar a matriz de energia observada para cada região, para garantir uma reflexão precisa do estado atual da matriz de energia entre fontes renováveis e tradicionais. Os dados da matriz de energia são extraídos de OurWorldInData.org.²⁰

Uma melhoria uniforme de eficiência energética (0,5% ao ano) é aplicada em todas as regiões, refletindo a continuação da melhoria de longo prazo observada até o momento.

2.3 Banco de dados: Regiões e setores

Os principais dados econômicos que sustentam o DAE-RGEM – a matriz de contabilidade social (SAM) – são provenientes do banco de dados do GTAP.²¹ Esses dados econômicos são complementados com dados específicos sobre eletricidade, diferenciados por tipo de geração de energia (carvão, gás, solar etc.) do banco de dados de satélites GTAP, GTAP-Power, bem como com dados de emissões de CO₂ e não CO₂.²² Os parâmetros comportamentais também são originados do GTAP em sua maior parte, com algumas exceções, conforme discutido a seguir.

2.3.1 Agregação regional

O D.Climate é um modelo global e pode ser adaptado para uma concordância regional especificada de acordo

com o banco de dados do GTAP.²³ Para este projeto, a região das Américas foi isolada no modelo com 11 agregações regionais modeladas dentro desta área geográfica (tabela 2.1).

TABELA 2.1.

Concordância regional

Nome da sub-região informada	País ou área	Abreviações do GTAP
Canadá	Canadá	CAN
Montanhas Rochosas	Alasca	EUA
	Colorado	
	Idaho	
	Montana	
	Dakota do Norte	
	Utah	
	Virgínia Ocidental	
	Wyoming	
	Sudoeste	
Novo México		
Oklahoma		
Texas		
Oeste	Arizona	
	Califórnia	
	Havaí	
	Nevada	
	Oregon	
	Washington	
Grandes Lagos	Illinois	
	Indiana	
	Michigan	
	Ohio	
	Wisconsin	
Nordeste	Connecticut	
	Delaware	
	Distrito de Colúmbia	
	Maine	
	Maryland	
	Massachusetts	
	Nova Hampshire	
	Nova Jersey	
	Nova York	
	Pensilvânia	
Rhode Island		
Vermont		

Nome da sub-região informada	País ou área	Abreviações do GTAP
Centro-Norte	Iowa	
	Kansas	
	Minnesota	
	Missouri	
	Nebraska	
	Dakota do Sul	
Sudeste	Alabama	
	Arkansas	
	Flórida	
	Geórgia	
	Kentucky	
	Mississippi	
	Carolina do Norte	
	Carolina do Sul	
	Tennessee	
Virgínia		
América do Sul*	Não tropical	
	Argentina	ARG
	Chile	CHL
	Ilhas Malvinas	XSM
	Uruguai	URY
	Tropical	
	Bolívia	BOL
	Brasil	BRA
	Colômbia	COL
	Equador	ECU
	Guiana Francesa	XSM
	Guiana	XSM
	Paraguai	PRY
	Peru	PER
Suriname	XSM	
Venezuela	VEN	
Restante do mundo	Todos os demais	ROW

Observação: *Informado como uma região da América do Sul, mas modelado como duas regiões separadas.

Fonte: Deloitte Economics Institute.

A América do Sul foi modelada como duas regiões baseadas em países: “tropicais” e “não tropicais”. Os países tropicais se distinguem por sua proximidade com a floresta amazônica e sua latitude norte.²⁴ Isso foi feito para garantir que a extensão de efeitos climáticos não fosse calculada em média para todo o continente, dada a variedade de climas e produção econômica nos diferentes países.

Os Estados Unidos foram agrupados em sete regiões menores com estruturas industriais e climáticas similares, com base em análise da Deloitte, O Canadá foi modelado como uma única região, embora possa haver variações climáticas e industriais subnacionais relevantes.

2.3.2 Agregação setorial

O D.Climate também pode ser adaptado a uma concordância setorial especificada de acordo com o banco de dados do GTAP.²⁵ Para este projeto, foi escolhida uma agregação setorial de nível relativamente alto, dado o nível de detalhamento regional exigido na região das Américas. No entanto, houve um esforço

específico para distinguir dois setores não GTAP (hidrogênio e bioenergia) para auxiliar na representação da transição para o ‘net zero’.

A concordância setorial para este estudo é apresentada na tabela 2.2.

TABELA 2.2

Concordância setorial

Nome do setor	Abreviação	Setor GTAP
Agricultura, silvicultura e pesca	AGRI	Arroz com casca
		Trigo
		Cereais
		Vegetais, frutas, nozes
		Sementes oleaginosas
		Cana de açúcar, beterraba
		Fibras à base de plantas
		Plantações
		Bovinos, ovinos e caprinos, cavalos
		Produtos animais
		Leite cru
		Lã, casulos de bicho-da-seda
		Pesca
Silvicultura	SILVICULTURA	Silvicultura
Carvão	CARVÃO	Carvão
Petróleo	PETRÓLEO	Petróleo
Gás	GÁS	Gás
Outra mineração	OMIN	Outra mineração
Fabricação de alimentos	FOODMAN	Produtos de carne bovina
		Produtos de carne
		Óleos vegetais, gorduras
		Laticínios
		Arroz processado
		Açúcar
		Produtos alimentícios
Bebidas, produtos do tabaco		
Fabricações leves	LIGHTMAN	Têxteis
		Vestuário
		Produtos de couro
		Produtos de madeira
		Produtos de papel, publicação
Hidrogênio	HYD	Petróleo, produtos de carvão*
Bioenergia (neutra em carbono)	BIO	Petróleo, produtos de carvão*
Petróleo, produtos de carvão	P_C	Petróleo, produtos de carvão

Nome do setor	Abreviação	Setor GTAP
Fabricações pesadas	HEAVYMAN	Produtos químicos Produtos farmacêuticos básicos Produtos de borracha e plástico Produtos minerais Metais ferrosos Metais Produtos de metal Produtos de informática, eletrônicos e ópticos Equipamentos elétricos Máquinas, equipamentos Peças e veículos automotores Equipamentos de transporte Outros produtos fabricados
Transmissão e distribuição de eletricidade	ELYTND	Transmissão e distribuição de eletricidade
Eletricidade convencional	ELYDIRTY	Carga de base a carvão Carga de base a gás Carga de base a carvão Carga de base a carvão Carga de pico a gás Carga de pico a carvão
Eletricidade limpa	ELYCLEAN	Carga de base nuclear Carga de base eólica Carga de base hídrica Carga de pico hídrica Carga de pico solar
Fabricação e distribuição de gás	GDT	Fabricação e distribuição de gás
Água	ÁGUA	Água
Construção	CONS	Construção
Comércio varejista e turismo	TRADE	Comércio Atividades de hospedagem, alimentação e serviços
Transporte	TRANS	Transporte Transporte aquático Transporte aéreo Atividades de armazenamento e suporte
Outros serviços	OSERV	Comunicação Serviços financeiros Seguros Atividades imobiliárias Serviços empresariais Serviços recreativos e outros Habitações
Serviços do governo	GOVSERV	Administração pública e defesa Educação Atividades de saúde humana e serviço social

Observações: *Os setores de hidrogênio e bioenergia não são identificados como setores individuais no banco de dados do GTAP, mas foram distintamente separados do setor de produtos de petróleo e carvão. Uma explicação desse processo é fornecida na seção a seguir.
**Inclui serviços do governo federal, estadual e local.

Fonte: Análise do banco de dados do GTAP pelo Deloitte Economics Institute.

2.3.3 Divisões de commodities

Para fornecer maior granularidade representando a transição para o ‘net zero’, os setores de hidrogênio e bioenergia foram separados de seu setor original de “produtos de petróleo e carvão”. Esse processo foi necessário, pois o banco de dados do GTAP não identifica especificamente nenhum desses setores de energia emergentes individualmente.

O setor produtos de petróleo e carvão foi apontado como o setor original devido às semelhanças em sua estrutura de vendas com a de hidrogênio e bioenergia. Essa transformação foi baseada em informações coletadas sobre a dimensão atual dos setores de hidrogênio, bioenergia e petróleo e coqueificação, bem como as respectivas estruturas de custos e vendas de cada setor individual. A divisão foi executada de forma a manter as seguintes condições:

- A dimensão do setor de hidrogênio é de aproximadamente 2% do setor original (produtos de petróleo e carvão). Sua estrutura de custos é diferente na medida em que se baseia mais fortemente em carvão e P_C (o setor original em si; produtos de petróleo e carvão), embora haja flexibilidade suficiente em sua função de produção para permitir uma mudança visando o uso de eletricidade de emissão zero e fatores primários como principais insumos. A estrutura de vendas é a mesma de sua origem.
- A dimensão do setor de bioenergia é de aproximadamente 1,4% do setor original (produtos de petróleo e carvão). Baseia-se exclusivamente no produto da agricultura e de resíduos como insumos para a produção em conjunto com fatores primários. A estrutura de vendas é a mesma de sua origem. Este é um subconjunto do setor de bioenergia mais amplo, pois é exclusivamente neutro em carbono.
- O setor P_C restante é essencialmente o mesmo que o setor GTAP original, mas um pouco menor.

Há espaço para um maior refinamento desse processo, com base em dados mais detalhados para ajudar a obter uma imagem melhor da produção, consumo e exportação, especificamente no nível regional detalhado.

2.4 Modelagem de clima físico para o D.Climate

O futuro das mudanças climáticas contém incertezas importantes. A taxa na qual o CO₂ e outros poluentes se acumulam na atmosfera terrestre pode seguir várias trajetórias, cada uma levando a uma série de efeitos climáticos físicos variando em escopo e escala. O que é certo, no entanto, é que a temperatura média global tem aumentado e provavelmente continuará aumentando até que um esforço sustentado e concertado seja feito para a descarbonização global.

Em 2011, um conjunto de quatro trajetórias de emissões e aquecimento foi publicado para apoiar a análise consistente de cenários na comunidade de modelagem climática.²⁶ Esses caminhos de concentração representativos (RCPs) foram selecionados como plausíveis futuras emissões de GEE e trajetórias de concentração atmosférica que se estendem até 2100. São eles:

- RCP2.6 (presume rigorosa descarbonização)
- RCP4.5 e RCP6.0 (dois cenários centrais)
- RCP8.5 (um cenário de altas emissões de GEE)

O “Quinto Relatório de Avaliação” do IPCC de 2014 adotou esses RCPs como cenários centrais para projeções e avaliações de longo prazo.

Em 2017, um esforço de pesquisa simultâneo buscou desenvolver um conjunto semelhante de cenários futuros consistentes para o desenvolvimento humano – os cinco caminhos socioeconômicos compartilhados (SSPs).²⁷ Isso inclui uma série de fatores sociais, como demografia, desenvolvimento humano (por exemplo, saúde e educação), crescimento econômico, desigualdade, governança, mudança tecnológica e orientações políticas.²⁸ Os cinco SSPs são:

- SSP1 – Sustentabilidade
- SSP2 – Meio do Caminho
- SSP3 – Rivalidade Regional
- SSP4 – Desigualdade
- SSP5 – Desenvolvimento movido a combustíveis fósseis

Nem RCPs nem SSPs são “completos” sem o outro. Os RCPs geram projeções climáticas que não correspondem a caminhos sociais específicos. Os SSPs fornecem futuros sociais alternativos, onde os impactos e as políticas das mudanças climáticas não estão presentes. Assim, é cada vez mais comum encontrar pesquisas, incluindo o *Sexto Relatório de Avaliação (AR6)* do IPCC, adotando uma estrutura de cenário SSP-RCP integrado.²⁹ Os cinco principais cenários apresentados no relatório do Grupo de Trabalho I AR6 do IPCC são:

- SSP1-1.9 (emissões muito baixas)
- SSP1-2.6 (emissões baixas)
- SSP2-4.5 (emissões médias)
- SSP3-7.0 (emissões altas)
- SSP5-8.5 (emissões muito altas)

As demandas computacionais dos modelos climáticos neste relatório limitam uma análise detalhada de uma gama mais ampla de cenários, embora outros cenários apareçam em certas seções. A viabilidade ou probabilidade de qualquer um desses cenários não faz parte da avaliação do IPCC.³⁰

Seguindo esta estrutura SSP-RCP, os dados consistentes com a narrativa SSP2 e o cenário climático RCP6.0 foram integrados no D.Climate, representando o estado básico na série Ponto de Virada. A narrativa SSP2 reflete uma continuação das atuais tendências sociais, econômicas e tecnológicas, bem como retardar o progresso global para alcançar as metas de desenvolvimento sustentável.³¹ O RCP6.0 representa um futuro econômico com uma alta taxa de emissões de GEE, onde nenhuma ação adicional significativa é tomada para reduzir as emissões e o forçamento radiativo se estabiliza após 2100. O perfil econômico e de emissões consistente com o RCP6.0 tem potencial para aumentar a temperatura média global em mais de 3°C.³²

Embora o SSP2-6.0 não seja um dos cinco cenários apresentados no WGI AR6 do IPCC, ele se alinha melhor com a visão do Deloitte Economics Institute de uma linha de base de inação que reflete as ações de mitigação tomadas até o momento e o estado atual da tecnologia. Ele também foi aplicado em mais de 150 estudos entre 2014 e 2019 e é um dos cenários mais comumente implementados que reflete o crescimento contínuo das emissões e o aumento da temperatura a partir de hoje.³³

Com relação ao SSP2, ele pressupõe que as tendências socioeconômicas não mudem acentuadamente dos padrões históricos e as emissões continuem a aumentar até 2100.³⁴ Os cenários climáticos mais extremos incluem futuros socioeconômicos: SSP3 Rivalidade Regional e SSP5 Desenvolvimento movido a combustíveis fósseis como parte do SSP3-7.0 e do SSP5-8.5, respectivamente. Esses futuros socioeconômicos geram resultados de aquecimento global mais altos do que um cenário “Meio do Caminho” (SSP2) presumiria e, portanto, são relevantes para consideração em uma revisão da ciência física das mudanças climáticas e dos riscos de emissões mais altas. Esses SSPs, no entanto, não se alinham com a visão do Deloitte Economics Institute de um futuro básico.

O cenário SSP2 apresentado no WGI AR6 do IPCC, SSP2-4.5, projeta um caminho de emissões que se estabiliza em meados do século e depois declina até 2100. Os caminhos das emissões, como os RCPs 6.0, 7.0 e 8.5, continuam aumentando até o final do século, de acordo com a visão básica de inação do Deloitte Economics Institute. Embora o RCP8.5 seja um possível cenário de emissões futuras, ele é considerado um futuro sem políticas de altas emissões. Ele se baseia em uma

combinação de pressupostos, como o rápido crescimento populacional e um aumento persistente no uso de carvão até 2100, que parecem cada vez menos prováveis devido aos recentes desenvolvimentos políticos e tecnológicos.³⁵ Cenários que usam RCPs mais baixos, como o 6.0 e o 7.0, podem, portanto, ser considerados linhas de base de inação mais apropriadas, observando que cenários futuros piores, como o RCP8.5, ainda são possíveis.

2.4.1 Clima de aumento da temperatura média global – MAGICC

As emissões produzidas pelo modelo DAE-RGEM da Deloitte são traduzidas em temperatura média global do ar na superfície (GSAT) em relação ao período pré-industrial (1750) com base nessas trajetórias de emissões, usando um modelo climático de complexidade reduzida. Especificamente, a estrutura D.Climate usa os resultados do MAGICC, conforme descrito em Meinshausen et al. (2011) e Meinshausen et al. (2020), (2020), e configurado por Nicholls et al. (2021).³⁸ Os aumentos da temperatura global são o principal fator dos impactos climáticos e são regionalizados por meio das funções de danos. O MAGICC não apresenta resultados regionais de temperatura ou impactos climáticos regionais.

2.4.2 Outras variações climáticas – CMIP6

Separadamente, as variáveis de temperatura média regional, precipitação e umidade relativa – especificamente a Temperatura do Globo de Bulbo Úmido (WBGT) – também foram usadas. Os dados para cada variável são a média multimodelo de 17 modelos climáticos globais (MCGs) para os futuros caminhos SSP-RCP modelados que estão disponíveis no Projeto de Intercomparação de Modelo Acoplado Fase 6 (CMIP6).³⁹ O resultado dos MCGs foi baixada do portal da Earth System Grid Federation e, em seguida, processada em períodos mensais por geografia/região nas regiões modeladas das Américas e no restante do mundo desde os dias atuais até 2100.⁴⁰

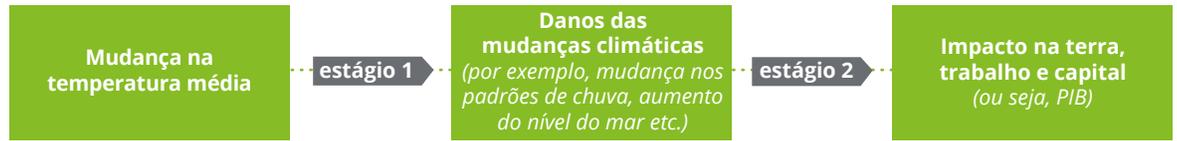
As médias de vinte anos das projeções do MCG são usadas aqui para avaliar os principais sinais para futuras mudanças climáticas em horizontes de curto a longo prazo. Cada período médio de 20 anos representa o clima do ano mediano. Por exemplo, supõe-se que a projeção de temperatura média para o período de 2011 a 2030 represente o clima no horizonte de 2020.

2.4.3 Visão geral da função de danos

O fator fundamental dos danos econômicos é o aumento da temperatura. Como o aumento da temperatura induz as mudanças climáticas, a produção econômica (medida pelo PIB) é impactada pelos danos físicos que afetam a produtividade e/ou o estoque de fatores de produção (figura 2.2).

FIGURA 2.2

Relação de danos econômicos em dois estágios



Fonte: Deloitte Economics Institute.

Este estudo inclui seis danos regionalizados:

1. Danos por estresse térmico à produtividade do trabalho
2. Danos referentes à saúde humana à produtividade do trabalho
3. Danos por aumento do nível do mar à terra e ao estoque de capital
4. Danos de capital
5. Danos agrícolas de mudanças no rendimento das safras
6. Danos referentes ao turismo à entrada líquida de moeda estrangeira

A seção a seguir descreve cada dano e como cada um afeta a economia.

2.4.4 Danos por estresse térmico à produtividade do trabalho

Um ambiente de trabalho suficientemente quente pode afetar negativamente a saúde e a segurança dos trabalhadores, bem como restringir sua capacidade de realizar tarefas e limitar sua capacidade produtiva.³⁹ Para trabalhos em que as tarefas são realizadas ao ar livre, pode ser difícil para os trabalhadores moderar sua exposição ao calor. O mesmo pode ser verdade para trabalhos internos onde o ar condicionado não é facilmente acessível.

O aumento das temperaturas médias globais leva a mudanças na distribuição dos picos diários de temperatura e umidade relativa. As ondas de calor provavelmente se tornarão mais frequentes e cada vez mais extremas para muitos países.

Quando os trabalhadores empregam energia para realizar tarefas físicas, seus corpos produzem energia térmica e começam a se aquecer internamente. Para que a temperatura corporal seja mantida em um nível saudável, a energia térmica precisa ser transferida para um ambiente externo mais frio. Se a temperatura corporal de uma pessoa exceder 39°C, ela pode sofrer insolação. Temperaturas superiores a 40,6°C podem ser fatais. No entanto, em níveis mais baixos de exposição ao calor, os trabalhadores ainda podem sofrer diminuição da capacidade de trabalho ou capacidade de tarefa mental e aumento do risco de acidentes.

Para continuar trabalhando em temperaturas corporais elevadas, eles podem tomar ações instintivas para reduzir a intensidade do trabalho ou aumentar a frequência de pausas curtas. Essa desaceleração da atividade (seja por meio de intervenções de instinto próprio ou de gestão de saúde ocupacional) resulta em redução da “capacidade de trabalho” e menor produtividade do trabalho.⁴⁰

Essa análise estima o efeito do aumento das temperaturas e da alteração dos níveis de umidade relativa na produtividade do trabalho usando a Temperatura do Globo de Bulbo Úmido (WBGT) como medida de estresse térmico. A análise é realizada em nível regional. Presume-se que as mudanças na produtividade do trabalho (um conceito econômico) sejam iguais às mudanças na capacidade estimada de trabalho (um conceito fisiológico).

A metodologia segue uma abordagem proposta por Kjellstrom et al. (2017), que usa uma série de funções que descrevem a relação entre a WBGT e a produtividade do trabalho em três diferentes intensidades de trabalho: 200W (equivalente a trabalho manual leve, como trabalho de escritório), 300W (equivalente a trabalho manual moderado, como manufatura) e 400W (equivalente a trabalho manual de alta intensidade, como agricultura). As relações foram determinadas por Kjellstrom et al. (2017), com base em uma revisão de conjuntos de dados epidemiológicos.

Trabalhadores em cada setor GTAP devem realizar tarefas em uma das três intensidades de trabalho especificadas acima. Os setores GTAP foram alocados para intensidades de trabalho específicas com base em recomendações internas de especialistas no assunto da Deloitte.

De acordo com a abordagem proposta por Kjellstrom et al. (2017), presume-se que a WBGT de uma geografia ou região varia em três intervalos de 4 horas, compreendendo aproximadamente 12 horas em um dia útil:

1. De manhã cedo e no início da noite: 4 horas na WBGT média (calculada usando a temperatura média mensal)

2. Meio do dia: 4 horas na WBGT máx (calculada usando a temperatura máxima mensal)
3. Horas intermediárias: 4 horas na metade da WBGT (calculada como o ponto médio entre a WBGT média e a WBGT máx.)

Essas três variantes de WBGT foram projetadas em intervalos mensais usando o índice WBGT simplificado – sWBGT – com base na temperatura da superfície e na pressão do vapor de água (desenvolvido pelo Australian Bureau of Meteorology).⁴¹ A pressão do vapor de água foi derivada usando estimativas de umidade relativa e a temperatura da superfície correspondente.

A produtividade do trabalho é então estimada para cada geografia/região em intervalos mensais, em cada um dos três intervalos de 4 horas presumidos para compreender o dia de trabalho. A média dessas três estimativas é então considerada para representar a produtividade média do trabalho para os trabalhadores ao longo do dia de trabalho. Presume-se que os trabalhadores mantenham o mesmo nível de produtividade para todos os dias contidos em cada mês. As estimativas mensais de produtividade do trabalho são então calculadas em média para fornecer uma medida agregada da produtividade do trabalho para cada ano no período de modelagem.

2.4.5. Danos referentes à saúde humana à produtividade do trabalho

Os impactos das mudanças climáticas na saúde humana são muitos e complexos.⁴² A elevação das temperaturas pode aumentar os problemas de saúde relacionados ao calor, principalmente para aqueles com distúrbios cardiovasculares e respiratórios pré-estabelecidos.⁴³ O aumento das temperaturas também pode reduzir os problemas de saúde relacionados ao frio.⁴⁴

As mudanças climáticas podem afetar o alcance, a abundância e a dispersão de doenças transmitidas por espécies. Os estudos geralmente concordam que a prevalência da malária aumenta com a elevação da temperatura. Outras doenças transmitidas por vetores podem aumentar ou diminuir.⁴⁵ As mudanças climáticas permitiriam que doenças invadissem populações imunologicamente indefesas com sistemas médicos despreparados e afetariam doenças transmitidas por alimentos e água, sendo a cólera e a diarreia potencialmente mais problemáticas.⁴⁶

À medida que os eventos climáticos extremos se tornam mais severos e frequentes, o mesmo acontece com a ameaça que eles representam para as populações humanas. As mudanças climáticas podem afetar a qualidade do ar, levando a uma maior incidência de doenças causadas pela poluição do ar. Também podem afetar a saúde humana indiretamente, por meio de

mudanças na produção de alimentos, recursos hídricos, migração e desenvolvimento econômico.⁴⁷

A saúde humana é, portanto, proeminente nas estimativas dos futuros impactos das mudanças climáticas. Os custos (ou benefícios) com auxílios em virtude de impactos na saúde contribuem substancialmente para os custos totais das mudanças climáticas. Muitas estimativas de danos econômicos dependem de metodologias de custos diretos (ou seja, preço vezes quantidade). No que diz respeito à saúde humana, o preço é normalmente igual ao valor de uma vida estatística, com base em estimativas de disposição de pagar para reduzir o risco de morte ou doenças, ou de disposição de aceitar indenização por aumento de risco.⁴⁸ No entanto, esses métodos ignoram os impactos da saúde humana na produtividade do trabalho e na demanda por serviços de saúde.

A abordagem adotada para esta análise é baseada no trabalho realizado por Roson e Sartori (2016), que por sua vez se baseia em Bosello et al. (2006), considerando algumas doenças transmitidas por vetores (malária, dengue, esquistossomose), doenças relacionadas ao calor e frio e diarreia. Ela não considera outras doenças e impactos mencionados no Quinto Relatório de Avaliação do IPCC (2014), como efeitos de eventos extremos, efeitos da exposição ao calor na produtividade do trabalho (considerados separadamente), febre hemorrágica com síndrome renal, peste, febre chikungunya, encefalite japonesa e transmitida por carrapatos, cólera e outras infecções entéricas (não-diarreicas), qualidade do ar e doenças relacionadas à nutrição, doenças alérgicas e saúde mental.⁴⁹

O ponto de partida da análise apresentada em Bosello et al. (2006) é uma meta-análise da literatura epidemiológica, médica e interdisciplinar para obter as melhores estimativas para o número adicional de casos extras de mortalidade e morbidade associados a um determinado aumento da temperatura média.⁵⁰ As informações obtidas nesta pesquisa foram combinadas com dados sobre a estrutura da população ativa para inferir o número de dias de trabalho perdidos. As mudanças na morbidade e mortalidade são interpretadas como mudanças na produtividade do trabalho.

Roson e Sartori (2016) atualizam o trabalho de Bosello et al. (2006) para considerar a literatura recente sobre impactos na saúde e estudos mencionados no IPCC (2014), aumentando ou diminuindo as variações na produtividade do trabalho.

Os resultados desses estudos são expressos como mudanças na produtividade média do trabalho para um aumento de 1°C na temperatura (presumindo

implicitamente que a relação seja quase linear). Para fins desta análise, e para entender a relação entre os impactos na saúde humana, um aumento na temperatura média e o tempo, regredimos as variáveis para encontrar uma equação com um ajuste satisfatório para a relação.

A análise estima os efeitos econômicos de ordem superior (ou custos indiretos) dos impactos na saúde humana e variações na produtividade do trabalho. É importante notar que esta metodologia exclui a demanda induzida por cuidados de saúde.

2.4.6 Danos por aumento do nível do mar à terra e ao estoque de capital

À medida que as temperaturas médias globais continuam subindo, as geleiras e o gelo polar estão derretendo e os corpos d'água estão sofrendo expansão térmica. Juntos, esses fatores causam o aumento do nível do mar (SLR).

O SLR pode impactar o estoque total de terra de uma geografia (um fator econômico de produção) por meio de uma combinação de erosão, inundação e intrusão de sal ao longo do litoral. À medida que o estoque global de terra diminui devido ao SLR, a atividade produtiva que de outra forma ocorreria naquela terra também é abandonada.

A extensão da terra perdida para o SLR dependerá de várias características geográficas específicas, incluindo (i) a composição da costa (falésias e costas rochosas estão menos sujeitas à erosão do que costas arenosas e zonas úmidas), (ii) o comprimento total da costa, (iii) a parte da costa que é adequada para fins produtivos (por exemplo, na agricultura ou em terras urbanas) e (iv) o movimento vertical da terra (por exemplo, subsidência ou elevação costeira).⁵¹

Este relatório estima a área de terra perdida devido ao SLR usando uma metodologia proposta por Roson e Sartori (2016), que estimaram o SLR médio (em metros) associado à mudança de temperatura média global do ar na superfície a partir de uma série de regressões baseadas em dados do *Quinto Relatório de Avaliação (AR5)* do IPCC, além de contabilizar o movimento vertical de terra.

A proporção de terras agrícolas perdidas por metro de SLR é então estimada com base nas descobertas de Roson e Sartori (2016), bem como nos dados do Banco Mundial que descrevem a extensão das zonas costeiras de baixa altitude (LECZ) para cada geografia ou região. A proporção da LECZ usada para produção agrícola em cada geografia é considerada igual à proporção da área total de terra usada para agricultura nessa mesma geografia.

Esta análise estende a metodologia de Roson e Sartori (2016) para também capturar a área de terra urbana perdida devido ao SLR, novamente alavancando os dados do Banco Mundial que descrevem a extensão da área urbana na LECZ. Em áreas urbanas baixas e costeiras, propriedades residenciais e comerciais podem sofrer danos físicos. A atividade econômica que de outra forma ocorreria nessas áreas urbanas também precisará fazer a transição para outras geografias.

O processo para estimar ambos os componentes é o seguinte:

- A porcentagem de área de terra efetiva perdida por metro de SLR é calculada pela multiplicação dos seguintes fatores: a porcentagem de perda em zonas úmidas costeiras (um *proxy* para perda de terra devido a SLR, estimado pelo modelo climático HadCM3 no cenário A1b SRES),⁵² a área da LECZ, e a porcentagem de costa erosiva e costa relevante.
- Considerando qual proporção da costa total é adequada para fins agrícolas (produtivos)/urbanos, a porcentagem de mudança efetiva do solo é ajustada pela área agrícola/área urbana.
- A mudança percentual no estoque de terras agrícolas e urbanas é calculada multiplicando-se a porcentagem de mudança efetiva de terras por metro de SLR e o SLR estimado.

Particularmente, há uma série de limitações envolvidas nesta metodologia de medição de SLR. Uma delas é o pressuposto de que a área da LECZ em cada região seja utilizada para fins agrícolas ou urbanos. Isso não será verdade para todas as regiões, algumas das quais possuem grandes áreas costeiras improdutivas.

Além disso, o método utilizado concentra-se principalmente na perda do estoque total de terra. O método não considera explicitamente os danos à produtividade do trabalho devido ao deslocamento forçado e os danos de SLR à infraestrutura, que geralmente são considerados maiores do que os danos ao estoque de terra.⁵³ No entanto, presume-se amplamente que a submersão pelo SLR não leva a danos ao capital, pois é um processo lento, e quando o SLR chegar ao estoque de capital estará totalmente depreciado e os mercados imobiliários estarão ajustados.⁵⁴

Além disso, à medida que o SLR médio aumenta (um processo gradual), o impacto do SLR extremo ou agudo (por exemplo, marés reais e tempestades) causará danos que podem não ser totalmente refletidos nesta função.⁵⁵ Impactos financeiros e de valor patrimonial de SLR para

propriedades costeiras também não serão capturados por meio desse dano, mas podem representar um risco econômico significativo se o aquecimento continuar.⁵⁶

2.4.7 Danos de capital

Este estudo captura os danos de capital induzidos pelo clima em função da temperatura média global do ar na superfície (GSAT).

Danos de capital, neste contexto, são **“medidos como uma redução na produtividade de capital entre setores”** – isto é, a produção por unidade de insumo de capital. A redução da produtividade de capital como resultado das mudanças climáticas representa a necessidade de as empresas gastarem mais em capital para atingir a mesma quantidade de produção em todos os períodos. Isso efetivamente atua como depreciação e desvia o investimento de aplicações de outra maneira produtivas.

A contabilização de danos de capital dessa maneira representa um afastamento da modelagem de impacto econômico existente e das avaliações integradas das mudanças climáticas. Em alguns casos, os danos de capital são incluídos, mas em um nível altamente agregado que limita a análise regional. Frequentemente, os relatórios discutem a exposição ou o risco de geografias a danos de capital, mas não tentam monetizar um impacto.

A relação entre a GSAT e a produtividade de capital é parametrizada usando dados projetados estimados por Neumann et al. (2020). Esses dados fornecem projeções de danos estimados de temperatura (em milhões de dólares) ao capital que ocorreriam em 15 setores nos Estados Unidos devido às mudanças climáticas.⁵⁷ Os danos são agregados a três categorias de impacto: danos à saúde, perdas de infraestrutura e eletricidade e efeitos do ecossistema natural ou gerenciado.⁵⁸ As funções de danos setoriais modeladas nesta análise foram informadas na Quarta Avaliação Climática Nacional dos EUA divulgada pela Agência de Proteção Ambiental dos EUA em 2018.⁵⁹

O estudo de Neumann et al. (2020) usa dados de temperatura média do ar na superfície e de precipitação anual de cinco modelos climáticos globais (MCGs) para dois cenários de emissões, RCP8.5 e RCP4.5, para fornecer danos anuais de temperatura para o capital no setor de infraestrutura.⁶⁰ Esse capital inclui infraestrutura como estradas, pontes, ferrovias, drenagem urbana e propriedades costeiras. Uma vez que os efeitos do aumento do nível do mar são capturados na função de danos de SLR (descrita na seção 2.4.6), o impacto de capital nas propriedades costeiras deste estudo é excluído desta função de danos

específica para evitar dupla contagem. As projeções estão disponíveis para os anos de 2030, 2050, 2070 e 2090 e são fornecidas em nível regional.⁶¹

A relação entre o aumento da temperatura e os danos anuais estimados no estudo de Neumann et al. (2020) é usada como *proxy* para a variação anual da produtividade de capital no modelo D.Climate, por país e região. Isso efetivamente facilita um processo estocástico de impactos de desastres naturais ao longo do tempo em uma estimativa média anual de danos capturada por uma redução na produtividade de capital.

Essa estimativa de danos **não mede** o impacto direto de qualquer aumento de temperatura específico, em um local específico, em um momento específico, em períodos futuros modelados. No entanto, a relação implícita entre a mudança de temperatura e os danos de capital em Neumann et al. (2020) reflete indireta e implicitamente o fato de que, à medida que as temperaturas globais continuam aumentando acima dos níveis pré-industriais, a frequência e a intensidade dos desastres naturais aumentarão em conjunto e a produtividade do capital cairá, em média.

2.4.8 Danos agrícolas de mudanças no rendimento das safras

As mudanças climáticas terão temperaturas crescentes, maiores concentrações de CO₂ na atmosfera e diferentes padrões regionais de precipitação.⁶² Todos esses fatores afetam o rendimento das safras e a produtividade agrícola.

Os efeitos das mudanças climáticas na produtividade agrícola são uma das áreas mais estudadas de impactos das mudanças climáticas. No entanto, apesar dos muitos estudos existentes e da extensa evidência empírica, ainda é difícil identificar um “consenso” sobre os impactos das mudanças climáticas na produtividade agrícola. Há muitos fatores em jogo, inclusive o papel do comportamento de adaptação dos agricultores, empresas e organizações, incluindo seleção de variedades, rotatividade de safras, épocas de semeadura, quantidade de fertilização devido à maior concentração de CO₂, nível efetivo de água disponível para irrigação, e técnicas de irrigação.⁶³

Modelar as consequências econômicas das mudanças de rendimento para entender as consequências dos impactos das mudanças climáticas na agricultura é importante por duas razões principais. Primeiro, existem vários níveis de adaptação agrônômica e econômica no setor agrícola; os agricultores podem ajustar a forma como cultivam uma safra específica, a localização e o tempo de crescimento da safra mudarão em resposta aos impactos das mudanças climáticas; o comércio de

commodities agrícolas se ajustará; e os consumidores poderão substituir os produtos à medida que os preços se ajustam.⁶⁴ Cada uma dessas respostas adaptativas mediará os impactos das mudanças de rendimento. Segundo, os impactos das mudanças climáticas variam de acordo com a safra e a região, alterando a vantagem comparativa dos países e criando vencedores e perdedores nos mercados agrícolas globais.⁶⁵

A abordagem adotada nesta análise fornece uma estimativa das mudanças de produtividade para todo o setor agrícola nas regiões modeladas. A metodologia é baseada em Mendelsohn e Schlesinger (1999) e Cline (2007), onde a variação da produção por hectare é expressa em função da temperatura, precipitação e concentração de CO₂.⁶⁶

Uma desvantagem dessa abordagem é que a adaptação não é incorporada à função. Estudos que incluem uma adaptação agrônômica relatam, em média, rendimentos mais altos do que aqueles que não incluem; no entanto, pesquisas recentes notaram que os efeitos das adaptações agrônômicas, em fazenda, dentro de plantações (principalmente mudanças na variedade da safra e data de plantio) são pequenos e estatisticamente insignificantes.⁶⁷

Adaptações econômicas adicionais, como mudança de safra, aumento da intensidade de produção, substituição do consumo ou ajuste das relações comerciais, são capturadas no modelo de equilíbrio geral computável (EGC).

Uma restrição adicional desta abordagem a ser observada é que a metodologia não é tão completa quanto o Projeto de Intercomparação dos Modelos Agrícolas (AgMIP). O AgMIP usou modelos de equilíbrio parcial e geral para examinar as implicações econômicas dos impactos de rendimento induzidos pelo clima, determinados com o uso de vários modelos de culturas baseados em processos (Nelson et al., 2014). A modelagem baseada no AgMIP considera explicitamente a variação regional resultante do tipo de solo, irrigação, temperatura de linha de base e limitações de nutrientes.

2.4.9 Danos referentes ao turismo à entrada líquida de moeda estrangeira

Os danos do turismo econômico induzidos pelo clima são impulsionados por mudanças nos fluxos líquidos de visitantes e despesas. No D.Climate, as mudanças nos fluxos líquidos de visitantes e despesas são fundamentalmente impulsionadas pela exposição de cada região às mudanças climáticas. No entanto, os impactos podem variar. Os países com atuais temperaturas mais baixas podem ter uma entrada

líquida benéfica de moeda estrangeira à medida que as temperaturas se elevam e o turismo aumenta na região. Por outro lado, para países com altas temperaturas atuais, novos aumentos de temperatura significam que a economia pode ter uma saída líquida de moeda estrangeira à medida que os gastos com turismo são realocados para outras regiões.

A relação funcional dos danos do turismo significa que, em uma região, há um ponto em que o aumento da temperatura atinge um limite, e a relação entre a temperatura e o fluxo líquido de moeda estrangeira muda de uma entrada líquida para uma saída líquida.

Para estimar os danos do turismo no D.Climate, são empregadas funções que relacionam as chegadas e partidas de visitantes à temperatura média. Essas funções são consistentes com aquelas empregadas por Roson e Sartori (2016) e são derivadas de modelos econométricos expressos em termos de área terrestre, temperatura média, extensão do litoral, renda per capita e número de países com fronteiras terrestres compartilhadas.⁶⁸

As entradas e saídas de gastos com turismo do Canadá e países da América do Sul são baseadas em dados coletados do Banco Mundial.⁶⁹ As entradas em moeda estrangeira de gastos com turismo em estados dos Estados Unidos são baseadas em dados coletados da Associação de Viagens dos EUA.⁷⁰ Para o número de visitantes, os quatro principais estados (Califórnia, Flórida, Nova York e Texas) são baseados em dados de órgãos governamentais estaduais, enquanto o número restante de turistas de entrada nos Estados Unidos foi alocado proporcionalmente com base na magnitude da despesa de entrada.⁷¹ Os fluxos de saída de turismo nos Estados Unidos são baseados em dados de turismo internacional do Banco Mundial e dados de viagens domésticas da Associação de Viagens dos EUA, com a proporção de gastos e visitantes para estados baseada no Tourism Intelligence International para os 10 principais estados de viagens de saída e os estados restantes proporcionais ao tamanho da sua população.⁷²

As temperaturas médias projetadas são usadas como entradas para essas funções a fim de determinar um fluxo líquido resultante de moeda estrangeira.

A magnitude e a persistência dos danos referentes ao turismo também são função da estrutura econômica de cada região. Regiões com estruturas econômicas mais diversificadas são menos propensas a sofrer danos econômicos persistentes, pois as indústrias são menos dependentes do turismo e mais maleáveis e adaptáveis.

2.4.10 Benchmarking dos impactos das mudanças climáticas

Há uma ampla variedade de estimativas da relação entre as mudanças climáticas e os resultados econômicos. O consenso se formou, no entanto, em torno de uma relação negativa entre o PIB global e mais de 2°C de aquecimento.⁷³ Essa relação negativa também vale para a maioria das regiões do mundo, enquanto algumas regiões (por exemplo, Ásia-Pacífico e África) provavelmente serão mais afetadas negativamente do que outras (por exemplo, Europa).⁷⁴

Para as Américas, o efeito geral dos canais de impacto descritos na seção 2.4 pode estar situado em uma literatura de estimativas semelhantes no sentido de “razoabilidade” (tabelas 8, 9 e 10).⁷⁵ Há uma variedade de especificações de função de danos e canais de impacto adotados na literatura, bem como outros cenários (emissões, temperatura e horizonte temporal) e diferenças metodológicas,⁷⁶ portanto, os números nas tabelas abaixo não são necessariamente comparações semelhantes.

A abordagem padrão para avaliar os danos climáticos descreve os impactos médios em grandes regiões (por exemplo, impactos regionais, como na América do Sul como um todo). Examinar impactos em nível mais regional (como as regiões assumidas na modelagem da Deloitte para a América do Sul, descritas na seção 2.3.1), revela impactos mais sutis das mudanças climáticas em algumas regiões e setores que não são capturados

por médias mais agregadas (incluindo um número dos listados abaixo). Uma modelagem detalhada mais regionalmente pode revelar impactos não capturados com precisão com agregações nacionais, pois agregar variáveis climáticas (como aumentos de temperatura entre regiões) minimizará extremos.

É importante notar que, embora as estimativas da Deloitte estejam na extremidade superior (estimativas maiores) da variedade de estimativas de danos em toda a literatura (tabela 2.3), com a divisão regional no D.Climate provavelmente contribuindo para esse resultado, a dissecação regional adicional (por exemplo, em nível de país) e a adoção de uma abordagem analítica “de baixo para cima” para modelar os impactos na América do Sul poderia fornecer mais nuances em relação ao custo regional dos danos climáticos.

Nossos resultados diferem mais para a América do Sul; isso se deve provavelmente à falta de literatura voltada para essa geografia. Pouquíssimos artigos abordam especificamente a América do Sul, com a maioria estudando apenas alguns países sul-americanos sem considerar um resultado agregado. Ao olhar para um estudo que considera apenas os efeitos em nível de país, no entanto, o enorme impacto que a América do Sul verá é mais aparente, com países individuais sofrendo danos que variam de 10% a 40% do PIB em comparação com um mundo sem mudanças climáticas até 2050, sob um cenário de 4°C.⁷⁷

TABELA 2.3

Seleção de estimativas de danos de estudos comparáveis (América do Sul)

Relatório	Danos (desvio do PIB)	Cenário (°C)	Ano
Deloitte (2021)	-12,1%	3	2070
Rede de Bancos Centrais e Supervisores para Ecologização do Sistema Financeiro (2021)	-4.3%	3	2070
Swiss Re (Guo, Kubli e Saner) (2021)*	-1,8%	3,2	2050
Kompas, Pham e Che (2018)	-1,6%	3	2067
Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe	-5% to -1.5%**	2,5	2050

Observação: *A geografia usada é a América Latina e o Caribe, que inclui países fora do escopo de nossa região modelada da América do Sul (ou seja, Aruba, Granada, México e outras regiões) **Resume uma série de estudos anteriores, incluindo Bosetti et al (2009), Mendelsohn et al. (2000), Nordhaus e Boyer (2000) e Pierce et al. (1996).

Fonte: Deloitte Economics Institute.

3 – Modelagem de cenário

3.1 Fatores de redução de emissões: Dados e premissas do cenário

Vários fatores de redução de emissões de alto nível estão incluídos para refletir um possível caminho para o ‘net zero’ global até 2050. Um resumo das diferenças entre os

Cenários A e B é apresentado na tabela 3.1. Observação: O Cenário B não modela em detalhes as políticas atuais das jurisdições nas Américas, mas um conjunto de fatores que permitem que as Américas e o mundo alcancem rapidamente o ‘net zero’ até 2050.

TABELA 3.1

Resumo dos caminhos e fatores de emissões em ambos os cenários

Cenário	Fatores
Cenário A (mundo a 3°C)	<ul style="list-style-type: none"> • Caminho de emissões RCP6.0, refletindo a inação global na mitigação das mudanças climáticas • 3°C de aquecimento e uma série de danos climáticos por região e indústria
Cenário B (mundo a 1,5°C)	<ul style="list-style-type: none"> • Caminho de emissões RCP2.6, refletindo uma ação climática global significativa • 1,5°C de aquecimento e danos climáticos “bloqueados” • Economia global com emissões líquidas zero em 2050 • Melhorias de produtividade para eletricidade limpa impulsionadas por reduções de custo para energia renovável excedentes àquelas no caso base • Assistência de transição por parte dos governos para apoiar indústrias e regiões que enfrentam custos de transição mais altos

Fonte: Deloitte Economics Institute.

Existem quatro etapas implementadas no Cenário B: uma restrição de emissões, danos climáticos “bloqueados” em um mundo próximo a 1,5°C, melhorias na produtividade de eletricidade limpa e assistência à transição.

3.1.1 Restrição de emissões

A transição para uma economia de baixo carbono foi modelada como aquela em que os formuladores de políticas estabelecem metas claras e ambiciosas. Eles são implementados como restrições no nível total de emissões em cada região, de modo que as emissões globais e regionais sejam reduzidas rapidamente nos próximos 30 anos, de acordo com o orçamento previsto no cenário RCP2.6.

As restrições de emissões formam um preço sombra sobre o carbono, de modo que os processos que têm emissões associadas – como a combustão de carvão

para produzir eletricidade – se tornam mais caros. Os processos que não têm emissões associadas – como a geração de eletricidade a partir de fontes renováveis – não enfrentam esse aumento de preço. Mudanças de preços relativos como essas levam a mudanças de comportamento, como a mudança da geração de eletricidade baseada em combustíveis fósseis para energias renováveis. Como essas mudanças não são contínuas, o efeito combinado delas é impor um custo agregado a cada economia, conhecido como preço sombra do carbono. Isso não é o mesmo que um imposto de carbono legislado ou um preço de emissão negociado, mas é análogo na medida em que representa o preço projetado pelo qual uma determinada redução nas emissões pode ser alcançada.

As reduções nas emissões fugitivas e de processos industriais, que não podem ser alcançadas por meio da mudança para fontes alternativas de combustível, são

modeladas usando parâmetros de resposta a emissões (ERPs), que permitem a adoção gradual de processos de baixa emissão ou alternativas tecnológicas, à medida que se tornam mais viáveis ao longo do tempo, em resposta ao aumento do preço sombra do carbono.

Para informar a parametrização das restrições de emissões, foram consultados os compromissos e metas de redução de emissões nos Estados Unidos, Canadá e América do Sul. Para muitas partes das regiões das Américas, contribuir para uma meta global de emissões líquidas zero até 2050 irá além dos compromissos atuais.

Emissões líquidas zero e metas de redução de GEE são determinadas em nível estadual e nacional nessas regiões. Algumas metas são obrigatórias como parte da legislação (por exemplo, na Califórnia). No entanto, a maioria das metas é definida pela direção política estratégica. Para os Estados Unidos, as metas 'net zero' são amplamente determinadas no nível estadual. Em novembro de 2021, os Estados Unidos tinham uma

meta abrangente de atingir 50% de redução de GEE em relação aos níveis de 2006 até 2030. Para a América do Sul e Canadá, a partir de novembro de 2021, as metas 'net zero' são determinadas em nível de país.

Canadá, Argentina, Chile e Uruguai são os únicos países onde 100% da economia tem meta 'net zero' e meta de redução de GEE. Uma grande parte da região oeste também tem ambas as metas, amplamente impulsionadas pela Califórnia (que compõe 80% da economia regional do oeste).⁷⁸ Nenhum estado da região centro-norte contém metas 'net zero'; no entanto, 30% da economia regional está sujeita a metas de GEE, com base na meta de Minnesota de 30% de redução de emissões de GEE em comparação com os níveis de 2005 até 2025 (tabela 3.2).⁷⁹ As metas de emissões de GEE variam entre 26% dos níveis de 2005 até 2030 (vários estados nas regiões dos Grandes Lagos e das Montanhas Rochosas) a 81% de redução de emissões de GEE em comparação com os níveis de 1990 até 2030 (no oeste da Califórnia).

TABELA 3.2

Parcela das economias regionais do D.Climate com metas 'net zero'

Região do D.Climate	PIB de 2020 (bilhões de \$)	Parcela da região com meta 'net zero' (% PIB)
Canadá	1.979	100
América do Sul	2.986	72
Oeste	4.620	86
Nordeste	4.859	69
Sudeste	4.170	63
Grandes Lagos	2.784	19
Sudoeste	2.307	11
Montanhas Rochosas	945	5
Centro-Norte	1.257	0
Total	25.907	58

Fonte: Deloitte Access Economics.

3.1.2 Danos climáticos bloqueados em um mundo próximo a 1,5°C

O efeito combinado do aquecimento causado por emissões históricas já na atmosfera e a quantidade que será emitida sob o caminho de emissões descrito em 3.1.1, significa que algum dano climático é inevitável. Isso é incorporado ao Cenário B de um mundo a 1,5°C.

Um componente dos benefícios da ação climática no cenário mundial próximo a 1,5°C é o dano evitado – a diferença entre danos em um mundo a 3°C e um mundo próximo a 1,5°C.

3.1.3 Melhorias na produtividade de eletricidade limpa

Projeções de reduções no custo nivelado da eletricidade até 2050 para energia eólica e solar, combinadas com o aumento da parcela de energia eólica e solar na geração limpa do setor de eletricidade (diferentes parcelas nos cenários A e B) impulsionarão reduções de custo por unidade de produção.⁸⁰ Uma parte dessa melhoria de produtividade para essas tecnologias está incluída no Cenário A de um mundo a 3°C, refletindo o fato de que essas reduções de custos provavelmente continuarão, independentemente da política, impulsionadas pelo aprendizado na prática, economias de escala e eficiências

da cadeia de suprimentos.⁸¹ Uma melhoria incremental de produtividade impulsionada pela política está incluída no Cenário B de um mundo próximo a 1,5°C, refletindo o fato de que a parcela de energia solar e eólica na produção de eletricidade crescerá mais rapidamente, reduzindo os custos de produção nessa indústria.

3.1.4 Assistência de transição

O Cenário B incorpora o investimento coordenado do governo para compensar os custos de ajuste estrutural em indústrias e regiões à medida que a descarbonização acelera. A assistência de transição coordenada do governo reflete as configurações econômicas e regulatórias que criam novas atividades econômicas para as economias em transição – em geral, direcionadas a indústrias que não são intensivas em emissões nem em alta demanda à medida que o mundo se descarboniza.

Isso significa que o esforço coordenado do governo geralmente não se dirige à energia convencional de emissões intensivas ou à energia limpa emergente, pois elas respondem principalmente ao preço e à demanda em mudança. Por exemplo, em uma região de emissões intensivas, como as Montanhas Rochosas, a assistência de transição do governo é direcionada para diversificar a atividade econômica em áreas como construção, indústrias de serviços do setor privado, varejo e serviços públicos. Isso facilita a ruptura estrutural nas economias e suas forças de trabalho, resultando em maior criação de empregos no início das fases de descarbonização.

Os investimentos governamentais são implementados por meio de reduções efetivas de impostos e/ou subsídios sobre capital e mão de obra nas indústrias-alvo e são restritos em nível nacional pela receita do governo que é arrecadada durante a transição. No nível sub-regional nos Estados Unidos, os investimentos são distribuídos entre as regiões de acordo com os custos relativos incorridos durante a transição. Para o Canadá, de acordo com os objetivos estratégicos declarados, os investimentos são mais ponderados para o crescimento de energias renováveis – especificamente hidrogênio, para mitigar os impactos negativos da transição do petróleo e do gás, como principais mercados de exportação.

O não fornecimento de assistência de transição coordenada aumenta o custo da transição para a indústria e, mais significativamente, para os empregados nessas indústrias. Não há oportunidades de emprego novas ou emergentes para a transição dos trabalhadores, resultando na redução da criação de empregos e deslocamento significativo da força de trabalho, principalmente em algumas regiões. A assistência de transição é necessariamente simplificada na modelagem. Na prática, a América do Sul precisará de ação coordenada e formulação de políticas efetivas entre governos

individuais para minimizar os custos da transição.

3.2 Resultados de redução de emissões: Resultados do Cenário

3.2.1 Caminhos de emissões

O caminho de redução de emissões na figura 3.1 reflete a rápida descarbonização em toda a América do Sul à medida que empresas, famílias e governos respondem aos fatores descritos na seção 3.1. Embora a região das Américas não tenha uma meta única de redução de emissões, dos países que adotaram metas para 2030 e 2050, esses caminhos estão alinhados e, em alguns casos, excedem essas taxas de mudança aspiradas.

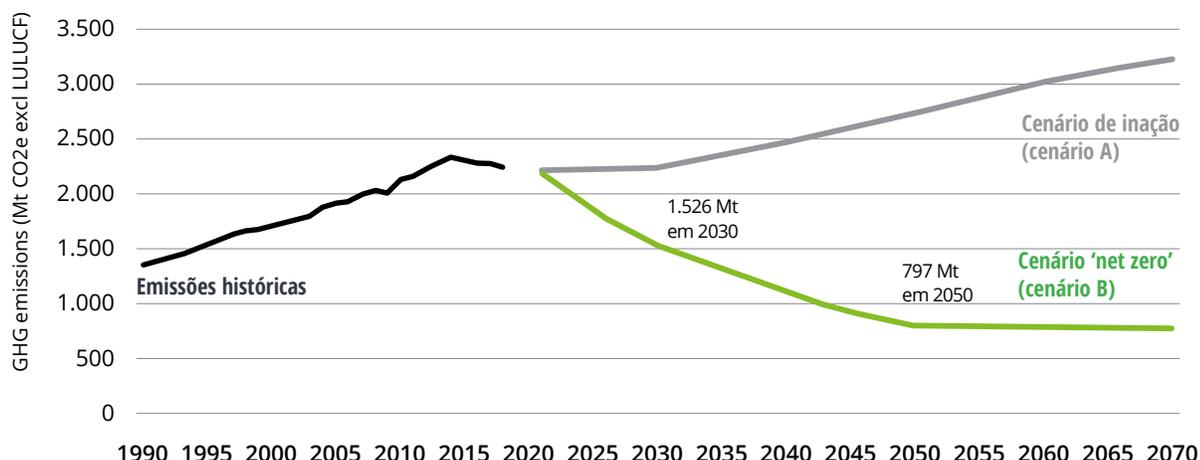
Esse caminho reflete as emissões brutas, excluindo as tecnologias de emissões negativas LULUCF, feitas pelo homem e naturais. Até 2050, presume-se que 2.735 Mt de CO₂ e serão capturados por essas fontes em toda a região, embora elas não sejam modeladas explicitamente. Dentro da estrutura de modelagem, acredita-se que um preço sombra do carbono que atinja uma média de US\$190/ton em toda a região até 2070 torne viáveis várias dessas opções de redução atualmente menos econômicas.

Presume-se que o potencial global para fontes de emissões negativas seja de 13,4 Gt de CO₂e até 2050 (ver seção 1.1). Globalmente, há diversas incertezas em torno do potencial das tecnologias de emissões negativas produzidas pelo homem. Os cenários SR1.5 do IPCC que atingem 'net zero' até 2050 têm um nível médio de captura, utilização e armazenamento de carbono (CCUS) de 15 Gt de CO₂ e uma faixa de remoção direta de carbono (bioenergia com captura e armazenamento de carbono e captura direta de carbono no ar e armazenamento) de 3,5–16,0 Gt de CO₂.⁸² O relatório 'net-zero' da Agência Internacional de Energia (AIE) inclui uma projeção menos otimista de 7,6 Gt de CO₂ em 2050 sendo capturado por uma série de tecnologias de emissões negativas.⁸³ Apesar das diversas incertezas, o pressuposto de que 13,4 Gt de CO₂ e serão removidos da atmosfera até 2050 parece viável.

3.2.2 Transição de matriz de energia

A transição global para o 'net zero' exigirá uma transformação total do sistema energético atual. Não há um caminho único ao longo do qual isso possa ocorrer. A matriz de energia em 2050 foi comparada a dois cenários de transição proeminentes (tabela 3.3). Embora empreguem diferentes abordagens e pressupostos de modelagem, eles demonstram alinhamento com a narrativa ampla de transição energética: uma redução significativa do uso de combustíveis fósseis, uma ampliação da eletricidade limpa e uma adoção mais ampla de combustíveis limpos em setores e aplicações onde a eletrificação é não seja possível.

FIGURA 3.1

Caminho de emissões nos Cenários A e B (América do Sul)

Fonte: World Resources Institute (2021) and Deloitte Economics Institute.

Certas fontes de energia, como a bioenergia, têm definições que variam entre as fontes e não são diretamente comparáveis. A fonte de bioenergia do D.Climate é limitada a variedades neutras em carbono. A bioenergia associada a emissões positivas será parcialmente capturada na categoria de petróleo. A fonte de energia do petróleo que restar em 2050 incluirá aplicações difíceis de redução, como combustível de aviação, e como insumos na fabricação de produtos

químicos específicos (conhecidos como matéria-prima). Conforme descrito na seção 3.2.1, as emissões dessas fontes serão removidas da atmosfera por meio de tecnologias de emissões negativas.

As Américas – EUA, Canadá e América do Sul – começaram a se mover na transição para o ‘net zero’, embora em ritmos diferentes.

TABELA 3.3

Matriz de energia global – parcela percentual da demanda total de energia final

Período	2020		Até 2050	
	Histórico	D.Climate	Cenário ‘net zero’ da AIE ¹	BNEF (cenário verde e vermelho) ²
Eletricidade limpa	7%	56%	51%	48%
Eletricidade convencional	19%	~0%	1%	1%
Petróleo	46%	30%	13%	7%
Gás	18%	1%	6%	5%
Carvão	10%	~0%	3%	1%
Hidrogênio	0%	12%	10%	22%
Bioenergia	0%	0%	15%	11%
Outros*	N/A	N/A	N/A	4%

Observação: AIE – Agência Internacional de Energia. BNEF – Bloomberg NEF. *A categoria “outros” é exclusiva da modelagem Bloomberg NEF e provavelmente inclui fontes como calor. As parcelas não somarão necessariamente 100% devido ao arredondamento.

1 Ibid.

2 Seb Henbest et al., *New energy outlook 2021* [Novas perspectivas de energia 2021], BloombergNEF, julho de 2021.

Fonte: Deloitte Economics Institute.

Para a América do Sul, em vez de estudos comparáveis da região como um todo, foram comparados estudos do Brasil, Colômbia e Argentina como grandes economias para uma indicação da viabilidade da transição energética. Köberle et al (2020) avaliaram a matriz de energia limpa do Brasil para quatro cenários dependentes do momento da ação climática.⁸⁴ Até 2050, estima-se que entre 50% e 80% da demanda final de energia do Brasil poderá ser atendida com energia renovável. A maioria consiste em fontes de biomassa, dada a vantagem relativa do Brasil na produção de matéria-prima de biomassa (por exemplo, através do cultivo de cana-de-açúcar).⁸⁵ Outro estudo da Colômbia estimou que a energia limpa poderia atender entre 61% e 100% da demanda final de energia.⁸⁶

Köberle et al (2020) também estimaram que até 2050, entre 80% e 99% da matriz elétrica do Brasil poderia ser derivada de fontes renováveis.⁸⁷ Dado o volume significativo de hidroeletricidade que já abastece o Brasil (cerca de 80% da oferta total de eletricidade), não se espera que essa capacidade cresça, mas que outras fontes de energia renovável, como bagaço e biomassa, atendam ao aumento da demanda de eletricidade até 2050.

Na Argentina, Lallana et al (2021) avaliaram a matriz de energia para três cenários, constatando que ela depende da taxa de transição da Argentina para o 'net zero'. Até 2050, estima-se que entre 23% e 75% da demanda final líquida de energia poderá ser atendida por fontes de energia limpa.⁸⁸ A maioria das quais poderia ser impulsionada pela energia nuclear, particularmente no cenário de transição rápida (onde fornece cerca de 25% da energia da Argentina até 2050).

A forte vantagem comparativa da Argentina em gás natural contribui para a geração de eletricidade a gás, que compreende uma parcela significativa da atual matriz de eletricidade da Argentina. No cenário de transição de baixa intensidade, espera-se que isso permaneça em 2050 em combinação com a captura e armazenamento de carbono. Os três cenários descritos em Lallana et al (2021) variaram de um baixo fornecimento de gás (cerca de 2%) no cenário de transição de alta intensidade para um alto fornecimento de gás (cerca de 50%) no cenário de transição de baixa intensidade. Em todos os cenários, as fontes de energia renovável representaram entre 50% e 98% do fornecimento total de eletricidade da Argentina até 2050. A energia nuclear foi o substituto dominante do gás no cenário de transição de alta intensidade, contribuindo com 48% para a oferta total de energia.⁸⁹

Esses estudos são amplamente consistentes com as estimativas de transição energética da América do Sul fornecidas pelo D.CLIMATE. Em 2050, estima-se que a América do Sul consumirá 68% do total de energia final de eletricidade limpa de acordo com o D.CLIMATE. Essa alta taxa de eletrificação com emissão zero permite o desenvolvimento de uma fonte de energia de hidrogênio com emissão zero, que fornecerá 11% da energia em 2050. No nível nacional, no entanto, provavelmente haverá uma variação significativa nos caminhos de transição energética.

4 – Descontando o futuro

É inerentemente difícil “descontar” o futuro, particularmente em relação a uma questão tão social e economicamente complexa como a mudança climática global.

Ao considerar essa questão, é importante reconhecer o impacto intergeracional das mudanças climáticas na sociedade e, ao fazê-lo, como avaliar “renda”, “consumo”, “utilidade” ou “bem-estar” em um ponto no tempo relativo a outro. Ao comparar essas condições entre gerações, a taxa de desconto deve refletir uma preferência pelo consumo de curto prazo sobre o longo prazo e o custo de oportunidade da economia.

*Ao determinar a taxa, a questão é, que taxa é apropriada para incorporar essas preferências na estimativa do valor presente líquido dos impactos nas economias e sociedades das mudanças climáticas e várias respostas políticas às mudanças climáticas?*⁹⁰

As emissões de GEE têm um longo tempo de residência na atmosfera, o que significa que o valor dos impactos das emissões de hoje deve ser considerado para as gerações futuras. Da mesma forma, as respostas políticas relativas a mitigação e adaptação a condições climáticas alteradas impactam significativamente as gerações futuras.

Nesse contexto:⁹¹

- O uso de uma “alta taxa de desconto” implica que a sociedade atribui menos peso aos impactos futuros e, portanto, menos ênfase na proteção contra esses custos futuros.
- O uso de uma “baixa taxa de desconto” destaca a importância do bem-estar das gerações futuras.⁹² A sociedade deve agir agora para proteger as gerações futuras dos impactos das mudanças climáticas.

Uma taxa de desconto de 2% foi usada pelo Deloitte Economics Institute nesta análise, após considerar as diferentes perspectivas na literatura, a estrutura econômica adotada para análise no D.Climate e ações políticas mais amplas modeladas.⁹³ Essa taxa reflete uma visão consistente com o desconto social em outras análises econômicas de mudanças climáticas.

Além disso, os resultados de uma pesquisa com economistas do *American Economic Journal: Economic Policy* (a amostra contém mais de 200 acadêmicos que são definidos como especialistas em descontos sociais em virtude de suas publicações) indica que a maioria prefere uma taxa de desconto baixa, com mais de 75% confortável com uma taxa de desconto mediana de 2%.⁹⁴

5 – Limitações

Modelar todas as consequências físicas das mudanças climáticas no sistema econômico global e os impactos econômicos das trajetórias de mitigação e adaptação pode ser difícil, mas não intransponível. A abordagem descrita neste artigo fornece uma visão detalhada da literatura e da ciência que sustenta nossa análise. No entanto, permanecem muitas incertezas, limitações técnicas e áreas de pesquisa futura que se beneficiarão do reconhecimento e da discussão separada.

O Deloitte Economics Institute reconhece que existem críticas e limitações legítimas dos IAMs, bem como a complexidade envolvida na determinação das relações entre as emissões de GEE, a temperatura da superfície global e os impactos econômicos.⁹⁵ Mas também reconhecemos que essa estrutura pode fornecer informações úteis para os formuladores de políticas que estão fazendo uma escolha hoje que terá consequências de longo alcance. Não devemos descartar a pragmática em busca da perfeição. Há valor que essas estruturas fornecem em sua capacidade de modelar consistentemente esses relacionamentos, políticas e tecnologias complexas.⁹⁶ Nossa abordagem é melhorar e construir de forma incremental as limitações identificadas anteriormente nessas estruturas de modelagem, em vez de dispensar completamente seu uso.

Em particular, uma área-chave de crítica anterior – a função de danos – se beneficiou de uma literatura econométrica em rápida expansão, que permitiu a parametrização de relações causais plausíveis que capturam com mais precisão as relações entre o clima e a economia.⁹⁷ Nós as incorporamos em uma visão mais desagregada e multissetorial dos danos e atualizamos as estimativas de danos com base em pesquisas e ciências disponíveis mais recentemente.⁹⁸ Por exemplo, várias de nossas funções de danos refletem uma descoberta central de que os aumentos de temperatura têm uma

relação não linear com os resultados econômicos.⁹⁹ No entanto, reconhecemos que há uma série de canais de impacto que não são modelados explicitamente aqui. Nesse sentido, este trabalho pode ser considerado uma estimativa conservadora de impactos, e o desenvolvimento do modelo em andamento procurará incorporar esses canais ao longo do tempo. Uma seleção deles inclui:

- Desastres naturais individuais e eventos extremos¹⁰⁰
- Mudanças na demanda de energia doméstica¹⁰¹
- Disponibilidade de água¹⁰²
- Crimes e outros impactos sociais¹⁰³
- Acidificação do oceano¹⁰⁴

Uma vasta literatura concentra-se em não linearidades climáticas que não são capturadas neste quadro. Dentro da modelagem econômica do clima, o argumento mais renomado para considerar esses impactos é feito por Martin Weitzman.¹⁰⁵ Esses “pontos de inflexão” incluem eventos como a desintegração parcial das camadas de gelo, colapsos da biosfera ou perda do permafrost que representam uma ameaça de mudança climática abrupta e irreversível. Positivamente, o relatório mais recente do IPCC argumenta que há uma confiança crescente de que tomar medidas para reduzir as emissões reduzirá significativamente a probabilidade de atingir certos pontos de inflexão.¹⁰⁶ O AR5 foi mais pessimista sobre a extensão de pontos de inflexão que correm o risco de serem cruzados, independentemente da ação de redução e mitigação. Mais uma vez, dadas essas incertezas, consideramos nossa análise dos impactos principalmente crônicos do aquecimento para subestimar os possíveis danos futuros das mudanças climáticas.

A modelagem econômica dos impactos climáticos não está interessada apenas nos efeitos diretos dos resultados climáticos nos espaços físicos, mas também nas respostas comportamentais que ocorrem em resposta a essas mudanças.¹⁰⁷ Estas podem ser referidas como respostas de adaptação.¹⁰⁸ O D.Climate considera a adaptação de duas maneiras principais:

1. As funções de danos são informadas por relações empíricas que refletem processos de adaptação contínuos e de longo prazo que já estão incorporados em dados subjacentes.
2. O componente de equilíbrio geral computável (EGC) do modelo captura a tomada de decisão por empresas e famílias que são capazes de alternar entre conjuntos de consumo e insumos com base em preços relativos e mudanças de produtividade na economia. Essa alternância flexível é semelhante à adaptação.

Haverá alguma adaptação que não pode ser modelada explicitamente; em particular, a adaptação que busca reduzir os danos marginais causados pelo aquecimento além do que já é capturado pelos parâmetros da função de danos (por exemplo, a construção de paredes ou outra mudança tecnológica). A vantagem da abordagem do D.Climate é que adaptações e mudanças econômicas dinâmicas ocorrem em resposta a um clima em mudança, o que melhora as abordagens que projetam padrões históricos adiante. Melhorar a capacidade do modelo para dar conta de uma gama mais ampla de respostas adaptativas é o foco do trabalho em andamento.

Notas finais

1. Valérie Masson-Delmotte et al., *Climate-change 2021: The Physical Science Basis. Contribuição do Grupo de Trabalho I para o Sexto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas* (Cambridge University Press, 2021).
2. Esta linha de base não é necessariamente o caminho de emissões globais “business as usual” mais provável a partir de hoje, dado que os atuais compromissos políticos sugerem cada vez mais que “business as usual” incluirá alguma ação de mitigação.
3. Agência Internacional de Energia (AIE), “COP26 climate pledges could help limit global warming to 1.8°C, but implementing them will be the key” [As promessas climáticas da COP26 podem ajudar a limitar o aquecimento global em 1,8°C, mas implementá-las será a chave], 4 de novembro de 2021, <https://www.iea.org/commentaries/cop26-climate-pledges-could-help-limit-global-warming-to-1-8-c-but-implementing-them-will-be-the-key>.
4. Joeri Rogelj et al., “Mitigation pathways compatible with 1.5°C in the context of sustainable development”, *Global Warming of 1.5°C* [Caminhos de mitigação compatíveis com 1,5°C no contexto do desenvolvimento sustentável], Aquecimento Global de 1,5°C]. *Um relatório especial do IPCC sobre os impactos do aquecimento global de 1,5°C acima dos níveis pré-industriais e trajetórias de emissão global de gases de efeito estufa relacionadas, no contexto do fortalecimento da resposta global à ameaça das mudanças climáticas, desenvolvimento sustentável e esforços para erradicar a pobreza* (Cambridge University Press, 2018), p. 93.
5. Brian C. O'Neill et al., “Achievements and needs for the climate-change scenario framework [Conquistas e necessidades para a estrutura do cenário de mudanças climáticas]”, *Nature Climate-change* 10 (2020): p. 1074.
6. Network of Central Banks and Supervisors for Greening of the Financial System (NGFS), *The macroeconomic and financial stability impacts of climate-change: Research priorities* [Os impactos das mudanças climáticas na estabilidade macroeconômica e financeira: Prioridades de pesquisa], junho de 2021.
7. Hom Pant, Vivek Tulpulé, e Brian S. Fisher, “The Global Trade and Environment Model: A projection of non- steady state data using intertemporal GTEM [O Modelo Global de Comércio e Meio Ambiente: Uma projeção de dados de estado não estacionário usando GTEM intertemporal]”, *Conference Paper* do Australian Bureau of Agricultural and Resource Economics (ABARE), Taiwan, 5 a 7 de junho de 2002.
8. Philip D. Adams e Brian R. Parmenter, “Chapter 9 – Computable general equilibrium modeling of environmental issues in Australia: Economic impacts of an emissions trading scheme [Capítulo 9 – Modelagem de equilíbrio gerenciável computável de questões ambientais na Austrália: Impactos econômicos de um esquema de comércio de emissões]”, *Manual de Modelagem de Equilíbrio Geral Computável* (Nova York: Elsevier, 2013), pp. 553–657.
9. Peter H. Howard e Thomas Sterner, “Few and not so far between: A meta-analysis of climate damage estimates [Poucas e não tão distantes entre si: Uma meta-análise de estimativas de danos climáticos]”, *Environmental and Resource Economics* 68 (2017): pp. 197–225.
10. Zheng Wang et al., “Introduction [Introdução]”, *Integrated Assessment Models of Climate-change Economics* (Springer Nature Singapore, 2017), pp. 1–19.
11. William Nordhaus, “Chapter 16 – Integrated economic and climate modeling [Capítulo 16 – Modelagem econômica e climática integrada]”, *Manual de Modelagem de Equilíbrio Geral Computável* (Nova York: Elsevier, 2013), pp. 1069–1131.
12. Tom Kompas, Van Ha Pham, and Tuong Nhu Che, “The effects of climate-change on GDP by country and the global economic gains from complying with the Paris climate accord [Os efeitos das mudanças climáticas no PIB por país e os ganhos econômicos globais com o cumprimento do acordo climático de Paris]”, *Earth's Future* 6, nº 8 (agosto 2018): pp. 1153–73; N. W. Arnell et al., “The impacts of climate-change across the globe: A multi-sectoral assessment [Os impactos das mudanças climáticas em todo o mundo: Uma avaliação multissetorial]”, *Climatic Change* 134 (2016): pp. 457–74.
13. Deloitte Access Economics (DEA), *A new choice: Australia's climate for growth* [Uma nova escolha: o clima de crescimento da Austrália], novembro de 2020; DEA, *Asia Pacific's turning point: How climate action can drive our economic future* [O ponto de virada da Ásia-Pacífico: Como a ação climática pode impulsionar nosso futuro econômico], agosto de 2021.
14. Conforme descrito em Malte Meinshausen, Sarah C. B. Raper, e Tom M. L. Wigley, “Emulating coupled atmosphere-ocean and carbon cycle models with a simpler model, MAGICC6 – Part 1: Model description and calibration [Simulando modelos acoplados de atmosfera-oceano e ciclo de carbono com um modelo mais simples, MAGICC6 – Parte 1: Descrição e calibração do modelo]”, *Atmospheric Chemistry and Physics* 11, nº 4 (2011): pp. 1417–56; e Malte Meinshausen et al., “The shared socio-economic pathway (SSP) greenhouse gas concentrations and their extensions to 2500 [As concentrações de gases de efeito estufa do caminho socioeconômico compartilhado (SSP) e suas extensões até 2500]”, *Geoscientific Model Development* 13, nº 8 (2020): pp. 3571–3605; e configurado de acordo com Zebedee R. J. Nicholls et al., “Reduced Complexity Model Intercomparison Project Phase 2: Synthesizing Earth System knowledge for probabilistic climate projections [Projeto de Intercomparação do Modelo de Complexidade Reduzida Fase 2: Sintetizando o conhecimento do Sistema Terrestre para projeções climáticas probabilísticas]”, *Earth's Future* 9, nº 6 (junho de 2021).
15. As informações desenvolvidas pela Climate Resource Pty Ltd baseiam-se no Modelo para a Avaliação das Alterações Climáticas Induzidas pelos Gases de Efeito de Estufa (MAGICC) versão 7.5.1, conforme descrito em Malte Meinshausen et al. (2011), incluindo atualizações em Meinshausen et al. (2020), e configuradas de acordo com Nicholls et al. (2021).

16. Apenas modelos que permitem uma licença apropriada para aplicação comercial são usados no processo de modelagem.
17. Fundo Monetário Internacional (FMI), [banco de dados das Perspectivas da Economia Mundial](#), 2020.
18. Matthew J. Gidden et al. “[Global emissions pathways under different socioeconomic scenarios for use in CMIP6: A dataset of harmonized emissions trajectories through the end of the century](#) [Trajetórias de emissões globais em diferentes cenários socioeconômicos para uso no CMIP6: Um conjunto de dados de trajetórias de emissões harmonizadas até o final do século]”, *Geoscientific Model Development* 12, nº 4 (2019): pp. 1443–75; Rogelj et al., “Mitigation pathways compatible with 1.5 C in the context of sustainable development” [“Caminhos de mitigação compatíveis com 1,5 C no contexto do desenvolvimento sustentável”]; Keywan Riahi et al. (2017) “[The shared socioeconomic pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview](#) [Os caminhos socioeconômicos compartilhados e suas implicações de energia, uso da terra e emissões de gases de efeito estufa: Uma visão geral]”, *Global Environmental Change* 42 (janeiro de 2017): pp. 153–68.
19. FMI, [banco de dados das Perspectivas da Economia Mundial](#), 2020.
20. Hannah Ritchie e Max Roser, “[Energy](#) [Energia]”, OurWorldInData.org.
21. Peter Minor e Terrie Walmsley, [MyGTAP: A program for customizing and extending the GTAP database for multiple households, split factors, remittances, foreign aid and transfers](#) [MyGTAP: Um programa para personalizar e estender o banco de dados do GTAP para várias famílias, fatores de divisão, remessas, ajuda externa e transferências] (Working Paper nº 79 do GTAP), Projeto de Análise de Comércio Global (GTAP), 2013.
22. Jeffrey C. Peters, “[The GTAP-Power Data Base: Disaggregating the electricity sector in the GTAP Data Base](#) [O banco de dados do GTAP-Power: Desagregando o setor elétrico no banco de dados do GTAP]”, *Journal of Global Economic Analysis* 1, nº 1 (2016): pp. 209–50.
23. GTAP, [Banco de Dados do GTAP](#), acessado em novembro de 2021.
24. Lawrence F. Katz e Olivier Blanchard, “[Regional evolutions](#) [Evoluções regionais]”, *Brookings Papers on Economic Activity* 1 (1992); Eric C. Howe e Jack Stabler, “[The regional structure of the United States economy](#) [A estrutura regional da economia dos Estados Unidos]”, *Papers in Regional Science* (Wiley Blackwell) 71, nº 2 (abril de 1992): 175–91; Theodore M. Crone, “[An alternative definition of economic regions in the United States based on similarities in state business cycles](#) [Uma definição alternativa de regiões econômicas nos Estados Unidos com base em semelhanças nos ciclos de negócios estaduais]”, *Review of Economics and Statistics* 87, nº 4 (novembro de 2005): pp. 617–26.
25. US Bureau of Economic Analysis (BEA), [GDP by Industry](#) [PIB por Setor], acessado em novembro de 2021.
26. Graciela O. Magrin et al., “[Central and South America](#) [América Central e do Sul]”, *Climate-change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Part B: Regional aspects. Contribuição do Grupo de Trabalho II o Quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas* (Cambridge University Press, 2014) pp. 1499–1566.
27. GTAP, [Banco de Dados do GTAP](#).
28. Delta P. van Vuuren et al., “[The representative concentration pathways: An overview](#) [As trajetórias de concentração representativa: Uma visão geral]”, *Climatic Change* 109, nº 5 (2011).
29. Riahi et al. (2017) “[The shared socioeconomic pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview](#) [Os caminhos socioeconômicos compartilhados e suas implicações de energia, uso da terra e emissões de gases de efeito estufa: Uma visão geral].”
30. O'Neill et al., “[Achievements and needs for the climate-change scenario framework](#) [Conquistas e necessidades para a estrutura do cenário de mudanças climáticas]”,
31. Masson-Delmotte et al., *Climate-change 2021*
32. Ibid.
33. Senses, “[Socioeconomic development](#)”, *Climate-change Scenarios*, 2021. [Senses, “Desenvolvimento socioeconômico”, Cenários de mudanças climáticas, 2021.]
34. Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), *Climate-change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability* (Cambridge University Press, 2014).
35. O'Neill et al., “[Achievements and needs for the climate-change scenario framework](#) [Conquistas e necessidades para a estrutura do cenário de mudanças climáticas]”,
36. Cenários Climáticos. (2021) “[Mitigação](#)”
37. Hausfather (2019) “[Explainer: The high-emissions 'RCP8.5' global warming scenario](#) [Explicativo: O cenário de aquecimento global de altas emissões 'RCP8.5']”, acessado em dezembro de 2021.
38. As informações desenvolvidas pela Climate Resource Pty Ltd baseiam-se no Modelo para a Avaliação das Alterações Climáticas Induzidas pelos Gases de Efeito de Estufa (MAGICC) versão 7.5.1, conforme descrito em Malte Meinshausen et al. (2011), incluindo atualizações em Meinshausen et al. (2020) e configuradas de acordo com Nicholls et al. (2021).
39. Veronika Eyring et al., “[Overview of the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 \(CMIP6\) experimental design and organization](#) [Visão geral da concepção e organização experimental do Projeto de Intercomparação de Modelo Acoplado Fase 6 (CMIP6)]”, *Geoscientific Model Development* 9 (26 de maio de 2016): pp. 1937–58.

40. Apenas modelos que permitem uma licença apropriada para aplicação comercial são usados no processo de modelagem. Neil Cameron Swart et al., [CCCma CanESM5 model output prepared for CMIP6 ScenarioMIP](#) [Resultado do modelo CCCma CanESM5 preparado para CMIP6 ScenarioMIP], Versão 20190429. Earth System Grid Federation.
41. Tord Kjellstrom et al., “The direct impact of climate-change on regional labor productivity [O impacto direto das mudanças climáticas na produtividade do trabalho regional]”, *Archives of Environmental & Occupational Health* 64, nº 4 (2009): pp. 217–27.
42. Ibid.
43. Australian Government Bureau of Meteorology, “[Thermal Comfort observations](#) [Observações de conforto térmico]”, acessado em novembro de 2021.
44. Francesco Bosello, Roberto Roson e Richard Tol, “[Economy-wide estimates of the implications of climate-change: Human health](#) [Estimativas de toda a economia sobre as implicações das mudanças climáticas: Saúde humana]”, *Ecological Economics* 58, nº 3 (2006): pp. 579–91.
45. Ibid.
46. Ibid.
47. Ibid.
48. Ibid.
49. Ibid.
50. Ibid.
51. Roberto Roson e Martina Sartori, “[Estimation of climate-change damage functions for 140 regions in the GTAP9 database](#) [Estimativa das funções de danos das mudanças climáticas para 140 regiões no banco de dados do GTAP 9]”, Working Paper nº 2016:06, Departamento de Economia, Ca 'Foscari University of Venice, 2016.
52. Ibid.
53. Movimento vertical da terra (VLM) é um termo geral para todos os processos que afetam a elevação em um determinado local (movimento tectônico, subsidência, extração de água subterrânea) fazendo com que a terra se mova para cima ou para baixo. O VLM local é relevante ao analisar os efeitos locais do aumento do nível do mar
54. Roson e Sartori, “[Estimation of climate-change damage functions for 140 regions in the GTAP9 database](#) [Estimativa das funções de danos das mudanças climáticas para 140 regiões no banco de dados do GTAP 9].”
55. Thomas Schinko et al., “[Economy-wide effects of coastal flooding due to sea level rise: A multi-model simultaneous treatment of mitigation, adaptation, and residual impacts](#) [Efeitos em toda a economia das inundações costeiras devido ao aumento do nível do mar: Um tratamento simultâneo multimodelo de mitigação, adaptação e impactos residuais]”, *Environmental Research Communications* 2, nº 1 (2020).
56. Richard S. J. Tol et al., “[Comment on ‘The global impacts of extreme sea-level rise: A comprehensive economic assessment’](#) [Comentário sobre ‘Os impactos globais do aumento extremo do nível do mar: Uma avaliação econômica abrangente’]”, *Environmental and Resource Economics* 64, nº 2 (junho de 2016): pp. 341–4.
57. Jochen Hinkel et al., “[Assessing risk of and adaptation to sea-level rise in the European Union: An application of DIVA](#) [Avaliação do risco e adaptação ao aumento do nível do mar na União Europeia: Uma aplicação de DIVA]”, *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 15 (2010): pp. 703–19.
58. Asaf Bernstein, Matthew T. Gustafson e Ryan Lewis, “[Disaster on the horizon: The price effect of sea level rise](#) [Desastre no horizonte: O efeito no preço do aumento do nível do mar]”, *Journal of Financial Economics* 134, nº 2 (2019): pp. 253–72; Benjamin J. Keys e Philip Mulder, *Neglected no more: Housing markets, mortgage lending, and sea level rise* [Negligenciados nunca mais: mercados imobiliários, empréstimos hipotecários e aumento do nível do mar], NBER Working Paper nº 27930, outubro de 2020.
59. Exclusive of adaptation expenditures [Exclusivo de despesas de adaptação]; James E. Neumann et al., “Climate damage functions for estimating the economic impacts of climate-change in the United States [Funções de danos climáticos para estimar os impactos econômicos das mudanças climáticas nos Estados Unidos]”, *Review of Environmental Economics and Policy* 14, nº 1 (Inverno de 2020).
60. Ibid.
61. Pesquisa para Mudanças Globais dos EUA, [Impacts, Risks, and Adaptation in the United States: Fourth National Climate Assessment, Volume II](#) [Impactos, Riscos e Adaptação nos Estados Unidos: Quarta Avaliação Climática Nacional, Volume II], 2018.
62. Neumann et al., “Climate damage functions for estimating the economic impacts of climate-change in the United States [Funções de danos climáticos para estimar os impactos econômicos das mudanças climáticas nos Estados Unidos].”
63. Ibid.
64. Francesco Bosello, Roberto Roson e Richard Tol, “[Economy-wide estimates of the implications of climate-change: Human health](#) [Estimativas de toda a economia sobre as implicações das mudanças climáticas: Saúde humana].”
65. Roson e Sartori, “[Estimation of climate-change damage functions for 140 regions in the GTAP9 database](#) [Estimativa das funções de danos das mudanças climáticas para 140 regiões no banco de dados do GTAP 9].”

66. Frances Moore et al., “[Welfare changes from climate-change impacts on the agricultural sector: New damage functions from over 1000 yield studies](#) [Mudanças de bem-estar a partir de impactos das mudanças climáticas no setor agrícola: Novas funções de danos de mais de 1.000 estudos de rendimento]”, apresentado na 19ª Conferência Anual sobre Análise Econômica Global (Washington, DC), 2016.
67. Ibid.
68. Roson e Sartori, “[Estimation of climate-change damage functions for 140 regions in the GTAP9 database](#) [Estimativa das funções de danos das mudanças climáticas para 140 regiões no banco de dados do GTAP 9].”
69. Frances Moore et al., “[Welfare changes from climate-change impacts on the agricultural sector: New damage functions from over 1000 yield studies](#) [Mudanças de bem-estar a partir de impactos das mudanças climáticas no setor agrícola: Novas funções de danos de mais de 1.000 estudos de rendimento].”
70. Roson e Sartori, “[Estimation of climate-change damage functions for 140 regions in the GTAP9 database](#) [Estimativa das funções de danos das mudanças climáticas para 140 regiões no banco de dados do GTAP 9].”
71. Banco Mundial, “[International tourism, number of arrivals](#) [Turismo internacional, número de chegadas]”, acessado em novembro de 2021; Banco Mundial, “[International tourism, number of departures](#) [Turismo internacional, número de partidas]”, acessado em novembro de 2021; Banco Mundial, “[International tourism, expenditure \(current US\\$\)](#) [Turismo internacional, despesas (atualmente em US\$)]”, acessado em novembro de 2021; Banco Mundial, “[International tourism, receipts \(current US\\$\)](#) [Turismo internacional, receitas (atualmente em US\$)]”, acessado em novembro de 2021.
72. Associação de Viagens dos EUA, “[Interactive Travel Analytics: Travel Economic Impact 2018](#) [Análise interativa de viagens: Impacto econômico de viagens 2018].”
73. Economia do Turismo, “[California travel-related spend & visitation forecast](#) [Previsão de visitas e gastos relacionados a viagens na Califórnia] (atualização de junho), 2021; Visite a Flórida, “[Pesquisa](#)”, 2021; Estado de Nova York – Desenvolvimento do Empire State, “[Tourism industry is crucial to New York state growth](#) [A indústria do turismo é crucial para o crescimento do estado de Nova York]”, acessado em novembro de 2021; Viaje para o Texas, “[Out-of-state travel to Texas](#) [Viagem de fora do estado para o Texas]”, acessado em novembro de 2021.
74. Banco Mundial, “[International tourism, number of departures](#) [Turismo internacional, número de partidas]”, acessado em novembro de 2021; Banco Mundial, “[International tourism, expenditure \(current US\\$\)](#) [Turismo internacional, despesas (atualmente em US\$)]”, acessado em novembro de 2021; Banco Mundial, “[International tourism, receipts \(current US\\$\)](#) [Turismo internacional, receitas (atualmente em US\$)]”, acessado em novembro de 2021; Associação de Viagens dos EUA (2021); “[Travel: The hardest-hit US industry](#) [Viagens: a indústria dos EUA mais atingida]”, acessado em novembro de 2021; Inteligência de Turismo Internacional, “[The top ten US states for outbound travel](#) [Os dez principais estados dos EUA para viagens]”, 2018.
75. NGFS, [NGFS Climate Scenarios for central banks and supervisors](#) [Cenários Climáticos da NGFS para bancos centrais e supervisores], segunda safra, junho de 2021.
76. Matthias Kalkuhl e Leonie Wenz, “[The impact of climate conditions on economic production. Evidence from a global panel of regions](#) [O impacto das condições climáticas na produção econômica. Evidências de um painel global de regiões]”, *Journal of Environmental Economics and Management* 103 (setembro de 2020).
77. Kompas, Pham e Che, “[The effects of climate-change on GDP by country and the global economic gains from complying with the Paris climate accord](#) [Os efeitos das mudanças climáticas no PIB por país e os ganhos econômicos globais com o cumprimento do acordo climático de Paris]”; Roshen Fernando, Weifeng Liu e Warwick J. McKibbin, *Global economic impacts of climate shocks, climate policy and changes in climate risk assessment* [Impactos econômicos globais de impactos climáticos, política climática e mudanças na avaliação de riscos climáticos], Working Paper 37/2021 do Australian National University Centre for Applied Macroeconomic Analysis (CAMA), abril de 2021; Robert Roson e Dominique van der Mensbrugghe, “[Climate-change and economic growth: Impacts and interactions](#) [Mudanças climáticas e crescimento econômico: Impactos e interações]”, *International Journal of Sustainable Economy* 4, nº 3 (2012): pp. 270–85; Jessie Guo, Daniel Kubli e Patrick Saner, *The economics of climate-change: No action not an option* [A economia da mudança climática: Nenhuma ação não é uma opção], Swiss Re Institute, abril de 2021; Kahn et al., *Long-term macroeconomic effects of climate-change: A cross-country analysis* [Efeitos macroeconômicos de longo prazo das mudanças climáticas: Uma análise entre países], Working Paper nº 19/215 do FMI, 11 de outubro de 2019; NGFS, [NGFS Climate Scenarios for central banks and supervisors](#) [Cenários Climáticos da NGFS para bancos centrais e supervisores], primeira safra, junho de 2020; Lafakis et al., “[The economic implications of climate-change](#) [As implicações econômicas das mudanças climáticas]”, Moody’s Analytics, junho de 2019; Solomon Hsiang et al., “[Estimating economic damage from climate-change in the United States](#) [Estimando os danos econômicos das mudanças climáticas nos Estados Unidos]”, *Science* 356, nº 6345 (30 de junho de 2017): pp. 1362–9; Walter Vergara et al., *The Climate and Development Challenge for Latin America and the Caribbean: Options for climate-resilient, low-carbon development* [O desafio climático e de desenvolvimento para a América Latina e o Caribe: Opções para um desenvolvimento de baixo carbono e resiliente ao clima], Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), 2013; Canada National Round Table on the Environment and the Economy, *Paying the price: The economic impacts of climate-change for Canada* [Pagando o preço: Os impactos econômicos das mudanças climáticas para o Canadá], 2011.
78. A diferença metodológica mais substantiva está entre os modelos IAM e as abordagens econométricas de “dose-resposta”. Consulte a discussão em Auffhammer (2018).
79. Cavallo, E e Hoffman, B. (2020). Climate change is a Threat to Economic Growth and to reducing Income Inequality in Latin America and the Caribbean. Inter-America Development Bank.
80. Informações Legislativas da Califórnia, [California Renewables Portfolio Standard Program: Emissions of greenhouse gasses](#) [Programa Padrão da Carteira de Renováveis da Califórnia: Emissões de gases de efeito estufa], Senate Bill 100, 10 de setembro de 2018.

81. Laboratório de Transição de Energia, [Pathways to Minnesota's clean energy future: National, state, and local policy examples](#) [Caminhos para o futuro da energia limpa de Minnesota: Exemplos de políticas nacionais, estaduais e locais], University of Minnesota's Institute on the Environment, Primavera de 2019.
82. Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA), [Renewable Costing Alliance](#) [Aliança de Custos Renováveis], acessado em novembro de 2021; Agência Internacional de Energia (AIE), [Net zero by 2050: A roadmap for the global energy sector](#) ['Net zero' até 2050: Um roteiro para o setor global de energia], maio de 2021; Ioannis Tsiropoulos et al., [Towards net-zero emissions in the EU energy system by 2050](#) [Rumo a emissões líquidas zero no sistema de energia da UE até 2050], EUR 29981 EN, Serviço das Publicações da União Europeia, 2020.
83. Eric Larson et al., [Net-zero America: Potential pathways, infrastructure, and impacts](#) [América 'net zero': potenciais caminhos, infraestrutura e impactos] (Princeton, NJ: Princeton University, 2020).
84. Rogelj et al., "Mitigation pathways compatible with 1.5 C in the context of sustainable development [Caminhos de mitigação compatíveis com 1,5°C no contexto do desenvolvimento sustentável]."
85. AIE, [Net zero by 2050: A roadmap for the global energy sector](#) ['Net zero' até 2050: um roteiro para o setor global de energia]; Tsiropoulos et al. [Towards net-zero emissions in the EU energy system by 2050](#) [Rumo a emissões líquidas zero no sistema de energia da UE até 2050].
- 86. Eric Larson et al., [Net-zero America: Potential pathways, infrastructure, and impacts](#) [América 'net zero': potenciais caminhos, infraestrutura e impactos].
87. Köberle, A. C., Rochedo, P. R., Lucena, A. F., Szklo, A., & Schaeffer, R. (2020). Brazil's emission trajectories in a well- below 2° C world: the role of disruptive technologies versus land-based mitigation in an already low-emission energy system [Trajetórias de emissões do Brasil em um mundo bem abaixo de 2°C: o papel das tecnologias disruptivas versus mitigação terrestre em um sistema de energia já de baixa emissão]. *Climatic Change*, 162(4), 1823-1842.
88. Ibid.
89. Delgado, R et al, Options for Colombia's mid-century deep decarbonization strategy [Opções para a estratégia de descarbonização profunda de meados do século na Colômbia], *Energy Strategy Reviews*, Vol 32, nov 2020
90. Ibid.
91. Lallana, F., Bravo, G., Le Treut, G., Lefevre, J., Nadal, G., & Di Sbroiavacca, N. (2021). Exploring deep decarbonization pathways for Argentina [Explorando caminhos profundos de descarbonização para a Argentina] *Energy Strategy Reviews*, 36, 100670.
92. Ibid.
93. John O'Mahony et al., [At what price? The economic, social and icon value of the Great Barrier Reef](#) [A que preço? O valor econômico, social e icônico da Grande Barreira de Corais], Deloitte Access Economics, 2017.
94. London School of Economics and Political Science and Grantham Research Institute on Climate-change and the Environment, ["What are social discount rates? \[O que são taxas de desconto sociais?\]"](#), 1º de maio de 2018.
95. Ibid.
96. Esta literatura inclui *Superpower: Australia's Low-Carbon Opportunity* [Superpotência: A oportunidade de baixo carbono da Austrália] (2019) de Garnaut; *The Economics of Climate-change: The Stern Review [A Economia da Mudança Climática: A Revisão de Stern]* (2007) de Stern; e *The Garnaut Review 2011: Australia in the Global Response to Climate-change* [A Revisão de Garnaut 2011: Austrália na resposta global às mudanças climáticas] (2011) de Garnaut.
97. Moritz Drupp et al., ["Discounting disentangled \[Desconto descomplicado\]"](#), *American Economic Journal: Economic Policy* 10, nº 4 (novembro de 2018): pp. 109–34.
98. Nicholas Stern e Joseph E. Stiglitz, [The social cost of carbon, risk, distribution, market failures: An alternative approach](#) [O custo social do carbono, risco, distribuição, falhas de mercado: Uma abordagem alternativa], Working Paper nº 28472 do NBER, fevereiro de 2021.
99. Ajay Gambhir et al., ["A review of criticisms of Integrated Assessment Models and proposed approaches to address these, through the lens of BECCS \[Uma revisão das críticas aos Modelos de Avaliação Integrada e abordagens propostas para tratá-los, através das lentes do BECCS\]"](#), *Energies* 12, nº 9 (2019): p. 1747.
100. Maximilian Auffhammer, ["Quantifying economic damages from climate-change \[Quantificando os danos econômicos das mudanças climáticas\]"](#), *Journal of Economic Perspectives* 32, nº 4 (Outono de 2018): pp. 33–52.
101. Roson e Sartori, ["Estimation of climate-change damage functions for 140 regions in the GTAP9 database \[Estimativa das funções de danos das mudanças climáticas para 140 regiões no banco de dados do GTAP 9\]"](#)
102. Marshall Burke, Solomon M. Hsiang e Edward Miguel, ["Global non-linear effect of temperature on economic Production \[Efeito global não linear da temperatura na produção econômica\]"](#), *Nature* 527 (2015): pp. 235–9.
103. Fernando et al., [Global economic impacts of climate shocks, climate policy and changes in climate risk assessment](#) [Impactos econômicos globais de choques climáticos, política climática e mudanças na avaliação de riscos climáticos].

104. Hsiang et al., "[Estimating economic damage from climate-change in the United States](#) [Estimando os danos econômicos das mudanças climáticas nos Estados Unidos]."
105. Mark Howells et al., "[Integrated analysis of climate-change, land-use, energy and water strategies](#) [Análise integrada de estratégias de mudança climática, utilização da terra, energia e água]", *Nature Climate- change* 3, (2013): pp. 621–6.
106. Hsiang et al., "[Estimating economic damage from climate-change in the United States](#) [Estimando os danos econômicos das mudanças climáticas nos Estados Unidos]."
107. Peter H. Howard e Thomas Sterner, "[Few and not so far between: A meta-analysis of climate damage estimates](#) [Poucas e não tão distantes entre si: Uma meta-análise de estimativas de danos climáticos]", *Environmental and Resource Economics* 68, nº 1 (2017): pp. 197–225.
108. Martin L. Weitzman, "[On modeling and interpreting the economics of catastrophic climate-change](#) [Sobre modelar e interpretar a economia das mudanças climáticas catastróficas]", *Review of Economics and Statistics* 91, nº 1 (2009): pp. 1–19.
109. Masson-Delmotte et al., *Climate-change 2021*
110. Solomon Hsiang, "[Climate econometrics](#) [Econometria climática]", *Annual Review of Resource Economics* 8 (outubro de 2016): pp. 43–75.
111. Auffhammer, "[Quantifying economic damages from climate-change](#) [Quantificando os danos econômicos das mudanças climáticas]."
- 112. Deloitte Economics Institute, "[Australia remade: A country fit for the age of disruption](#) [Austrália refeita: um país apto para a era da disrupção]", 2021.

Autores

Os economistas e especialistas a seguir elaboraram e criaram os insights deste relatório:

Pradeep Philip | pphilip@deloitte.com.au

Pradeep Philip é sócio e lidera a Deloitte Access Economics na Ásia-Pacífico. Com profundo conhecimento em economia, Pradeep atuou como funcionário sênior do governo nos mais altos níveis de políticas públicas. Pradeep é sócio do Deloitte Economics Institute.

Claire Ibrahim | cibrahim@deloitte.com.au

Claire Ibrahim lidera a análise da equipe de Estratégia Econômica e Políticas Públicas e tem experiência em análise microeconômica, modelagem de cenários econômicos e agendas de reforma de políticas públicas. Usa a economia para responder como a mudança estrutural afeta a sociedade – liderando projetos entre governos, setor privado e grandes instituições. Claire é sócia do Deloitte Economics Institute com experiência em economia climática e análise usando o D.Climate.

Cedric Hodges | cehodges@deloitte.com.au

Cedric Hodges é diretor e lidera a equipe de modelagem de Equilíbrio Geral Computável (EGC) no Deloitte Economics Institute. Essa equipe de modelagem concluiu análises em todo o mundo sobre questões que abrangem os setores público e privado. Cedric é especialista em economia climática e modelagem de avaliação integrada usando o D.Climate.



Dr. Pradeep Philip

Sócio,
Deloitte Economics Institute
pphilip@deloitte.com.au



Claire Ibrahim

Sócia,
Deloitte Economics Institute
cibrahim@deloitte.com.au



Cedric Hodges

Diretor,
Deloitte Economics Institute
cehodges@deloitte.com.au

Deloitte Economics Institute

O ritmo e a escala da disrupção econômica, social, ambiental e digital global são rápidos, e todos nós agora atuamos em um mundo que já não reconhecemos mais. Isso cria a necessidade de entender como as mudanças econômicas estruturais continuarão impactando as economias e seus negócios, e os meios de subsistência dos cidadãos do mundo.

Em busca da prosperidade econômica, as organizações progressistas precisam de consultores confiáveis e focados no futuro para ajudá-las a lidar com a complexidade e gerar impacto positivo. O Deloitte Economics Institute (o “Instituto”) combina previsão com análise sofisticada para moldar e liberar valor econômico, ambiental, financeiro e social. Conectando a visão líder global e o conhecimento local com uma perspectiva independente, o Instituto ilumina oportunidades futuras e impulsiona o progresso.

O rigor econômico do Instituto vem de suas ferramentas analíticas de ponta; experiência de trabalho com empresas e governos; e o expertise dos profissionais das firmas Deloitte que ajudam a moldar as políticas públicas, fornecer insights de negócios e informar a estratégia de investimento. O Instituto compartilha políticas práticas, *know-how* do setor e insights baseados em evidências para ajudar empresas e governos a enfrentar os desafios econômicos, financeiros e sociais mais complexos.

Com **mais de 400 economistas atuando nas firmas Deloitte na Ásia-Pacífico, Américas e Europa**, a profundidade e a amplitude de experiência do Instituto são acompanhadas por uma forte compreensão das tendências nas economias globais e seus efeitos nos negócios. Sua equipe dedicada de economistas trabalha em estreita colaboração com os líderes do setor da rede Deloitte em todo o mundo para aplicar o pensamento econômico e a perspicácia comercial aos problemas comerciais do dia a dia.

O Instituto se orgulha de análises qualitativas e quantitativas rigorosas e é apoiado por modelos exclusivos e especializados refinados ao longo de muitos anos. Os economistas altamente qualificados do Instituto que atuam nas firmas Deloitte têm sólida reputação pela objetividade e integridade. Todos os serviços ao cliente oferecidos pelo Instituto são realizados por profissionais das firmas Deloitte.

Para mais informações sobre o Deloitte Economics Institute, visite o site:
www.deloitte.com/deloitte-economics-institute

Agradecimentos

Nossos agradecimentos especiais às seguintes pessoas que nos apoiaram para tornar este relatório possível:

Adam Davey	Gonzalo Escalona
Ana Lia Ferro de Sousa Touso	Grzegorz Jurczynszyn
Alex Borges	Hom Pant
Anselmo Bonservizzi	Hugo Vidotto
Blythe Aronowitz	Josh Appleton-Miles
Chaanah Crichton	Letícia Julião
Claudia Pizarro Faundez, Claudia	Lilian Rojas Parra
David Falcón	Liliana del Pilar Alvarez Argandona
David O'Callaghan	Lucy Mraz
Derek Pankratz	Marcela Harnecker Torres
Djahhari Pambudi	Mariella de Aurrecochea
Elizabeth Payes	Rachael Ballard
Felipe Donatti	Renato Souza
Giovanni Banchetti Cordeiro	Sam Marginson
	Sofia Morales Rodriguez
	Vasylyna Gulyn

Deloitte.

Restrição geral de uso

Esta publicação contém somente informações gerais e nenhuma das empresas Deloitte Touche Tohmatsu Limited, suas firmas-membro ou suas entidades relacionadas (coletivamente, a "Rede Deloitte") estão, por meio desta publicação, prestando consultoria ou serviços profissionais. Antes de tomar qualquer decisão ou medidas que possam afetar suas finanças ou sua empresa, você deve procurar um consultor profissional qualificado. Nenhuma entidade da Rede Deloitte será responsável por perdas sofridas por qualquer pessoa que se baseie nesta publicação.

Sobre a Deloitte

A Deloitte presta serviços de auditoria, consultoria empresarial, assessoria financeira, gestão de riscos e consultoria tributária para clientes públicos e privados em diversos setores. Atendemos a quatro de cada cinco organizações listadas pela Fortune Global 500® por meio de uma rede global de firmas-membro presente em mais de 150 países e territórios, oferecendo capacidade de classe global, visões e serviços de alta qualidade para enfrentar os desafios mais complexos dos negócios dos clientes. Para saber mais sobre como os 345.000 profissionais da Deloitte impactam positivamente nossos clientes, conecte-se conosco no Facebook, LinkedIn e Twitter. No Brasil, onde atua desde 1911, a Deloitte é uma das líderes de mercado, com seus 6.500 profissionais e com operações em todo o território nacional, a partir de 15 escritórios.

A Deloitte refere-se a uma firma-membro, a uma de suas entidades relacionadas ou à Deloitte Touche Tohmatsu Limited ("DTTL") Cada firma-membro da Deloitte é uma pessoa jurídica separada e um membro da DTTL. A DTTL não fornece serviços para clientes. Por favor, consulte www.deloitte.com/about para saber mais. A Deloitte é líder global de auditoria, consultoria empresarial, assessoria financeira, gestão de riscos, consultoria tributária e serviços correlatos. Nossa rede de firmas-membro, presente em mais de 150 países e territórios, atende a quatro de cada cinco organizações listadas pela Fortune Global 500®. Saiba como os quase 345.000 profissionais da Deloitte impactam positivamente seus clientes em www.deloitte.com.

Esta comunicação contém somente informações gerais e nenhuma das empresas da DTTL, sua rede global de firmas-membro ou suas entidades relacionadas (coletivamente, a "rede Deloitte") estão, por meio desta comunicação, prestando consultoria ou serviços profissionais. Antes de tomar qualquer decisão ou medidas que possam afetar suas finanças ou sua empresa, você deve procurar um consultor profissional qualificado.

Nenhuma declaração, garantia ou compromisso (implícito ou explícito) é dado quanto à exatidão ou integridade das informações contidas nesta comunicação, nem a DTTL, suas firmas-membro, entidades relacionadas, funcionários ou agentes serão responsáveis por qualquer perda ou dano incorrido direta ou indiretamente em relação com qualquer pessoa que se baseie nesta comunicação. A DTTL e cada uma de suas firmas-membro e suas entidades relacionadas são entidades juridicamente separadas e independentes.