



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Ciências Sociais

Instituto de Filosofia e Ciências Humanas

Pedro Ribeiro Menezes

**A ética da geoengenharia do clima: uma investigação filosófica de justiça
climática**

Rio de Janeiro

2026

Pedro Ribeiro Menezes

A ética da geoengenharia do clima: uma investigação filosófica de justiça climática



Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Filosofia, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Filosofia.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo de Araujo

Rio de Janeiro

2026

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CCS/A

A ficha catalográfica deve ser **preparada pela equipe da Biblioteca CCSA** e fica pronta em 48 horas úteis. Ela deverá ser inserida neste local e **não deve** ser contada para fins de paginação.

Na versão impressa, ela deverá constar atrás da folha de rosto.

Formatar a fonte conforme o modelo escolhido para todo o trabalho (Arial ou Times New Roman)

A ficha desta máscara foi inserida através do recurso de selecionar, copiar e colar especial como documento do Word (objeto). É possível editá-la dando dois cliques em cima da ficha com o botão esquerdo do mouse.

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação, desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Pedro Ribeiro Menezes

A ética da geoengenharia do clima: uma investigação filosófica de justiça climática

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Filosofia, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Filosofia.

Aprovada em: 25/02/2026

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Marcelo de Araujo (Orientador)
Instituto de Filosofia e Ciências Humanas - UERJ

Prof. Dr. Daniel de Vasconcelos Costa
Instituto de Filosofia e Ciências Humanas - UERJ

Prof. Dr. Pedro Fior Mota de Andrade
Instituto Federal Rondônia (IFRO)

Rio de Janeiro

2026

DEDICATÓRIA

À minha mãe, genitora e chão que se faz todos os dias para meu caminhar.

AGRADECIMENTOS

Ao estimado orientador Marcelo Araujo, pelas conversas, preocupação, apoio constante e generosa disponibilidade na condução desta pesquisa.

Aos professores Daniel Vasconcelos Costa e Pedro Fior, pelos valiosos apontamentos e orientações oferecidas na avaliação desta pesquisa.

Ao Programa de Pós-Graduação em Filosofia e à Universidade Estadual do Rio de Janeiro, pelas condições institucionais que possibilitaram a realização desta pesquisa.

Aos colegas do grupo de estudos “Pandemias, Justiça Climática e Riscos Existenciais”, pelas discussões que ajudaram a constituir esta pesquisa.

Aos meus familiares, especialmente à minha mãe, Rosangela Araujo Ribeiro, pelo cuidado incondicional e pelo suporte nos momentos de intensa turbulência.

À minha companheira Júlia Parada Lima, que me apoiou e incentivou no percurso de constituição desta pesquisa.

Aos amigos Lara de Souza Ferraz e Leonardo Gomes de Macedo, pela amizade e partilha de tantos momentos especiais.

Ao amigo Marco Antonio de Agostini Lopes, cuja amizade e o apoio foram significativos para a finalização desta pesquisa.

À Rayane Riehl, por sua amizade, escuta cuidadosa e ajuda generosa em minha formação acadêmica.

Ao amigo Márcio Gomes Pinto, pela amizade e conversas que deixaram o percurso acadêmico mais leve.

Aos amigos Josias Israel e Esdras Guedes, pela amizade e inspiração ao longo da minha trajetória acadêmica.

E, por fim, a todos que estiveram ao meu lado e contribuíram, de alguma forma, para a minha formação acadêmica e pessoal.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

RESUMO

MENEZES, Pedro. *A ética da geoengenharia do clima: Uma investigação filosófica de justiça climática*. 2026. 84 f. Dissertação (Mestrado em Filosofia) – Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2026.

Esta pesquisa terá como objetivo examinar as questões éticas suscitadas pelas tecnologias conhecidas como “geoengenharia”, bem como suas implicações no debate sobre a justiça climática. As mudanças climáticas são consideradas um problema central da ética e da filosofia política contemporâneas, com especial atenção às questões normativas suscitadas pelas tecnologias de geoengenharia do clima. Partindo do diagnóstico de que o aquecimento global é impulsionado majoritariamente por emissões antropogênicas de gases de efeito estufa, a dissertação argumenta que as mudanças climáticas não podem ser compreendidas adequadamente apenas a partir do conhecimento científico, exigindo uma análise ética e política mais ampla. No primeiro capítulo, as mudanças climáticas são caracterizadas como uma questão ética e de filosofia política. É utilizada a concepção de Stephen Gardiner sobre as mudanças climáticas como a “tempestade moral perfeita”, evidenciando suas dimensões globais, intergeracionais e teóricas, bem como as desigualdades na distribuição de seus impactos. Com base em autores como Henry Shue, David Wallace-Wells e Darrel Moellendorf, discute-se a responsabilidade moral da geração atual e a necessidade de políticas climáticas que conciliem mitigação, adaptação e justiça social, especialmente em relação às populações mais vulneráveis. O segundo capítulo analisa as principais tecnologias de geoengenharia, com foco no gerenciamento da radiação solar (SRM), discutindo seus objetivos, riscos e os principais argumentos a favor e contra sua pesquisa e possível implementação. Por fim, o terceiro capítulo examina propostas de governança ética da geoengenharia, destacando os Princípios de Oxford e os Princípios Tollgate, bem como abordagens de justiça não ideal, como a proposta de Toby Svoboda. A dissertação conclui que, embora a geoengenharia seja frequentemente apresentada como resposta emergencial ao fracasso das políticas de mitigação, ela deve ser compreendida menos como uma solução desejável e mais como um horizonte normativamente problemático, cuja pesquisa e avaliação devem ser criticamente orientadas pelos princípios da justiça climática.

Palavras-chave: mudanças climáticas; geoengenharia; justiça climática; filosofia política.

ABSTRACT

MENEZES, Pedro. *The Ethics of Climate Geoengineering: A Philosophical Investigation of Climate Justice*. 2026. 84 f. Dissertação (Mestrado em Filosofia) – Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2026.

This research aims to examine the ethical issues raised by the technologies known as “geoengineering,” as well as their implications within the debate on climate justice. Climate change is regarded as a central problem of contemporary ethics and political philosophy, with particular attention to the normative challenges posed by climate geoengineering technologies. Starting from the diagnosis that global warming is driven primarily by anthropogenic greenhouse gas emissions, this study argues that climate change cannot be adequately understood solely on the basis of scientific knowledge, but instead requires a broader ethical and political analysis. In the first chapter, climate change is characterized as an ethical and political-philosophical issue. Stephen Gardiner’s conception of climate change as a “perfect moral storm” is employed to highlight its global, intergenerational, and theoretical dimensions, as well as the inequalities in the distribution of its impacts. Drawing on authors such as Henry Shue, David Wallace-Wells, and Darrel Moellendorf, the study discusses the moral responsibility of the current generation and the need for climate policies that reconcile mitigation, adaptation, and social justice, particularly with regard to vulnerable populations. The second chapter analyzes the main geoengineering technologies, with a focus on solar radiation management (SRM), discussing their objectives, risks, and the principal arguments for and against their research and possible implementation. Finally, the third chapter examines proposals for the ethical governance of geoengineering, highlighting the Oxford Principles and the Tollgate Principles, as well as non-ideal approaches to justice, such as the one proposed by Toby Svoboda. The dissertation concludes that, although geoengineering is often presented as an emergency response to the failure of mitigation policies, it should be understood less as a desirable solution and more as a normatively problematic horizon, whose research and assessment must be critically guided by the principles of climate justice.

Palavras-chave: climate change; geoengineering; climate justice; political philosophy

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IPCC	Painel Intergovernamental sobre as Mudanças Climáticas
SRM	Gerenciamento da Radiação Solar
CDR	Captura de dióxido de Carbono
UNFCCC	Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas
PPP	Princípio do Poluidor Pagador
PBP	Princípio do Beneficiário Pagador
PCP	Princípio do Capacitado a Pagar
LAEA	Argumento do menor de todos os males

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	10
1. O PROBLEMA DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS.....	14
1.1. O que são as mudanças climáticas	15
1.2. Por que as mudanças climáticas são um problema ético e de filosofia política? ..	17
1.3. A complexidade do problema das mudanças climáticas	18
1.4. As mudanças climáticas como um problema intergeracional	21
1.5. Em busca da justiça climática	24
2 GEOENGENHARIA E SUAS IMPLICAÇÕES ÉTICAS.....	27
2.1 A definição do conceito de geoengenharia.....	30
2.2 Geoengenharia como tecnologias de SRM	32
2.3 Argumentos a favor da implementação da geoengenharia e suas objeções	35
2.4 Argumentos a favor da pesquisa de geoengenharia e suas objeções	39
3. OS DESAFIOS POLÍTICOS E DE JUSTIÇA DA GEOENGENHARIA	46
3.1 Proposta de governança feita pela Royal Society	47
3.2 Princípios de Oxford	51
3.3 Princípios Tollgate.....	54
3.4 Teoria de justiça não ideal em cenário pessimista.....	64
3.5 Princípios de justiça compensatória em um cenário pessimista.....	67
CONCLUSÃO.....	76
Bibliografia.....	79

INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas podem ser caracterizadas como um dos principais problemas que a humanidade enfrenta desde o final do século XIX. O fenômeno do aquecimento da Terra é causado pelo acúmulo de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera. O Painel Intergovernamental sobre as Mudanças Climáticas (IPCC) mostra que a emissão de GEE decorrente de atividades humanas tem sido um dos principais fatores responsáveis pela rápida elevação da temperatura média da Terra. O gás de efeito estufa com maior presença na atmosfera é o dióxido de carbono (CO₂), que é produzido em grande quantidade pela intensa queima de combustíveis fósseis realizada pela humanidade. As evoluções tecnológicas contribuíram significativamente para o aumento das emissões antropogênicas de CO₂ desde a Revolução Industrial (1760) e colocam questões éticas relevantes. Uma questão diz respeito às consequências decorrentes da utilização de tecnologias que envolvem a emissão de GEE sobre o clima global. A segunda questão diz respeito à utilização de novas tecnologias que, em princípio, poderiam ser adotadas para lidar com as consequências da alteração do clima global. Uma tecnologia que merece destaque aqui é a denominada “geoengenharia” do clima (ou simplesmente “geoengenharia”). Embora a geoengenharia seja concebida como uma tentativa de atenuar as consequências das emissões de GEE, ela suscita uma série de questões relevantes para a ética e a filosofia política, que apenas gradualmente começam a atrair a atenção da filosofia como objeto de investigação. A presente dissertação busca estabelecer as mudanças climáticas como um problema de ética e filosofia política e tem como principal objetivo apresentar e discutir as principais questões suscitadas pela geoengenharia. Dessa forma, a dissertação divide-se em três capítulos.

O primeiro capítulo busca esclarecer o que são as mudanças climáticas e demonstrar como esse fenômeno suscita grandes questões para a ética e a filosofia política. As mudanças climáticas não podem ser compreendidas adequadamente apenas a partir do acúmulo de conhecimento científico, pois envolvem desafios éticos e políticos complexos que exigem uma análise normativa mais ampla. Apesar do amplo consenso científico e das múltiplas iniciativas internacionais voltadas à mitigação e à adaptação, a resposta política global tem sido insuficiente para conter o avanço do aquecimento global. Devido à complexidade dos problemas suscitados pelas mudanças climáticas e à falta de ação política para combatê-las, Stephen Gardiner considera as mudanças climáticas como a “tempestade moral perfeita”. Essa

tempestade, segundo Gardiner, tem dimensões globais, intergeracionais e teóricas. Gardiner evidencia a desigualdade na distribuição dos impactos das mudanças climáticas entre países desenvolvidos e em desenvolvimento, a transferência do ônus de implementar medidas de mitigação para as gerações futuras e a inadequação das teorias morais e políticas tradicionais diante de dilemas suscitados pelas mudanças climáticas.

A importância de a geração atual agir é ressaltada por Henry Shue e David Wallace-Wells. Com base nesses dois autores, o capítulo ressalta que a geração atual, conhecendo as implicações que a exploração de combustíveis fósseis tem para o meio ambiente e para as futuras gerações, tem o dever moral de implementar políticas severas de mitigação e adaptação. Fenômenos como os “pontos de não retorno” (tipping points) e o aumento de feedbacks positivos podem ser uma ameaça cada vez maior para as futuras gerações. No entanto, é preciso fazer a transição de uma economia baseada em combustíveis fósseis para uma economia sustentável de maneira justa para os povos mais vulneráveis. É utilizada a abordagem de Darrel Moellendorf para refletir sobre orientações de políticas que não prejudiquem os mais vulneráveis. Moellendorf argumenta que uma resposta climática moralmente justa deve articular o combate ao aquecimento global ao desenvolvimento sustentável e à erradicação da pobreza, formulando o “princípio antipobreza” e a “abordagem pró-pobre”. O autor sustenta que políticas climáticas que permitem o aquecimento acima de 1,5 °C são moralmente perigosas por agravarem a pobreza de populações vulneráveis, defendendo a priorização de políticas de adaptação orientadas pela proteção dos mais pobres. Para Moellendorf, políticas que promovem as tecnologias de geoengenharia seguem a abordagem pró-pobre, pois teriam uma ação mais rápida sobre o clima global se comparada à mitigação. Esse debate inicia a análise ética da geoengenharia, tema central desta dissertação.

O capítulo dois aprofunda a discussão sobre as tecnologias de geoengenharia. Apresenta-se a forma como a literatura sobre o tema divide a geoengenharia em dois tipos: remoção de dióxido de carbono (Carbon Dioxide Removal, ou CDR, em inglês) e gerenciamento da radiação solar (Solar Radiation Management, SRM, em inglês). São discutidos os objetivos dessas tecnologias e seus possíveis efeitos secundários indesejáveis. É proposta uma delimitação de quais tecnologias podem ser consideradas geoengenharia. O foco passa a ser nas tecnologias SRM, especificamente as de injeção de aerossóis na estratosfera (SAI), pois constituem intervenções adaptativas em larga escala, com efeitos globais e riscos transfronteiriços. O debate sobre a geoengenharia é marcado por profundos desacordos quanto à legitimidade de sua pesquisa e à possível implementação, especialmente em razão dos

desafios de governança global e dos riscos técnicos, políticos e morais envolvidos. Enquanto alguns autores defendem a avaliação e o avanço cauteloso das pesquisas em SRM, outros propõem sua proibição com base na impossibilidade de uma governança justa no atual sistema internacional. São abordados os principais argumentos para uma possível implementação da geoengenharia, a saber: “plano B”, o “ganho de tempo” e a relação custo-benefício da geoengenharia, bem como suas respectivas objeções, que destacam problemas de justiça intergeracional, governança global e riscos como o “choque terminal” (termination shock).

No fim do segundo capítulo, são analisados os debates normativos em torno da pesquisa em SRM, com foco em dois argumentos: o primeiro é o argumento que Gardiner identifica como sendo “a proposta central”, que é a junção do argumento de “armar o futuro” e do argumento do “mal menor”. Gardiner critica essa posição ao apontar seus riscos morais e políticos, como a transferência de responsabilidades para as gerações futuras e o incentivo à inércia mitigatória, defendendo que estratégias alternativas de prevenção e cooperação internacional podem ser eticamente mais adequadas. O segundo argumento a favor da pesquisa em geoengenharia baseia-se na visão de Joshua Horton e David Keith de que existe uma obrigação moral para com os países em desenvolvimento, pois a geoengenharia poderia aliviar, no curto prazo, os impactos climáticos sobre as populações mais pobres de forma mais rápida e menos custosa do que a mitigação. No entanto, Marion Hourdequin critica esse argumento ao apontar problemas de justiça distributiva e de governança, destacando riscos de paternalismo, paroquialismo e imperialismo da expertise. Hourdequin defende uma abordagem multidimensional de justiça que incorpore participação, reconhecimento e governança desde as fases iniciais da pesquisa.

No terceiro e último capítulo são apresentadas e analisadas orientações de governança sobre a pesquisa em geoengenharia em busca da justiça climática. A Royal Society foi uma das primeiras instituições a refletir sobre as implicações da governança das pesquisas e de uma possível implementação da geoengenharia. A governança da geoengenharia é um dos tópicos centrais da discussão sobre justiça climática pelo risco de implementação unilateral dessas tecnologias, bem como pelas incertezas científicas que fazem parte da avaliação e projeção da atuação dessas tecnologias. Nos relatórios produzidos pela Royal Society, discutem-se princípios como precaução, transparência, monitoramento e não unilateralismo, bem como diferentes modelos institucionais de governança, destacando-se a necessidade de estruturas democráticas, flexíveis e internacionalmente coordenadas para lidar com os riscos, impactos e dilemas éticos associados à geoengenharia. Dois princípios para orientar as pesquisas em

geoengenharia são discutidos: os Princípios de Oxford e os Princípios Tollgate. Os Princípios de Oxford são constituídos por cinco princípios que buscam ampla participação e divulgação pública do processo decisório no desenvolvimento da geoengenharia, assim como a avaliação independente dos impactos e o estabelecimento de uma estrutura de governança antes de qualquer implementação. Os Princípios Tollgate, formulados por Stephen Gardiner e Augustin Fragnière, baseiam-se em revisões e críticas aos Princípios de Oxford. As críticas giram em torno de sua insuficiência normativa e do enquadramento da geoengenharia de modo excessivamente instrumental. São estipulados dez princípios que orientam a governança das pesquisas em geoengenharia a partir de uma perspectiva que leve em consideração não somente o público global, mas as futuras gerações, animais não-humanos e a ecologia. Os Princípios Tollgate ressaltam que uma possível implementação da geoengenharia pode envolver riscos desiguais, inevitáveis e potencialmente injustos para humanos e não humanos, exigindo governança ética robusta desde a pesquisa até a eventual implementação.

No entanto, diante da persistente falha das políticas de mitigação, Toby Svoboda propõe uma abordagem de justiça não ideal aplicável apenas a cenários climáticos pessimistas, nos quais todas as opções disponíveis são moralmente problemáticas. Nesses cenários, a geoengenharia poderia ser encarada não como solução ideal, mas como o “menor entre todos os males”, desde que comparativamente superior às alternativas viáveis e acompanhada de arrependimento moral por seus danos inevitáveis. São apresentadas e discutidas as razões pelas quais Svoboda defende que a permissibilidade moral para implementar a geoengenharia dependeria de critérios de proporcionalidade e de comparação com as alternativas viáveis. Devido às incertezas quanto aos benefícios e prejuízos causados pela geoengenharia, a justiça deveria se basear no processo de tomada de decisão, buscando o máximo de multilateralidade possível. Quanto à compensação dos danos, Svoboda defende um sistema baseado em um limiar impessoal de bem-estar, financiado principalmente por agentes de SRM que também são grandes emissores, buscando reduzir injustiças mesmo sob elevada incerteza ética e científica. A conclusão da presente dissertação reflete sobre a impossibilidade moral de buscar a implementação da geoengenharia, compreendendo a geoengenharia menos como uma estratégia desejável e mais como um horizonte a ser evitado. A ética e a filosofia política devem orientar criticamente as pesquisas já em curso à luz da justiça climática.

1. O PROBLEMA DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Geoengenharia é um termo abrangente para designar tecnologias que têm a intenção deliberada de manipular o clima em escala global. As tecnologias de geoengenharia são divididas entre tecnologias de captura de dióxido de carbono (CDR, ou Carbon Dioxide Removal) e tecnologias de gerenciamento da radiação solar (SRM, ou Solar Radiation Management). Ainda que as medidas de mitigação dos gases de efeito estufa (GEE) e de adaptação climática sejam comumente vistas como as formas mais adequadas de conter o avanço das mudanças climáticas e, em certa medida, de tornar seus efeitos menos devastadores, a geoengenharia tem atraído cada vez mais atenção no âmbito do debate sobre as mudanças climáticas. Os tipos de tecnologia de maior destaque são as tecnologias de injeção de partículas refletoras na atmosfera, um tipo de tecnologia SRM (Crutzen, 2006, pp. 211–212). Esse tipo de tecnologia tem como função fazer com que parte da radiação solar que chega a incidir sobre o planeta seja refletida de volta para o espaço, sem atingir a superfície. Com isso, poderia ser obtida uma redução da temperatura média global. Esse tipo de tecnologia tem ganhado crescente relevância nos últimos anos.

Em abril de 2022, por exemplo, uma empresa privada lançou balões meteorológicos em direção à estratosfera com alguns gramas de dióxido de enxofre (MIT Technology Review, 2022). Esse não foi o único experimento com SRM ao longo do século XXI. Em 2018, um projeto previu a liberação de pequenas nuvens de carbonato de cálcio, cada uma pesando cerca de cem gramas, em dois voos de um balão direcionável a vinte quilômetros acima do sudoeste dos Estados Unidos. O balão então seria direcionado para observar como as partículas se dispersariam (Tollefson, 2018, pp. 613–614). O experimento foi inicialmente adiado e, em março de 2024, o projeto, enquanto uma iniciativa de geoengenharia, foi abandonado (SAPEA, 2024, p. 86). Em 2010, o Reino Unido elaborou o “Projeto de Injeção de Partículas Estratosféricas para Engenharia Climática” (SPICE, sigla em inglês). O projeto propôs um pequeno estudo de campo para testar a viabilidade técnica de um sistema de lançamento de balões que estava inicialmente programado para 2012 em Norfolk, Inglaterra. No entanto, devido a protestos públicos e questões internas, o experimento acabou sendo cancelado (Schubert, 2021, p. 12). Esses três exemplos de experimentos com SRM mostram que o interesse por esse tipo de tecnologia, no âmbito da comunidade científica, vem aumentando nos últimos anos.

A geoengenharia está inserida no debate que discute medidas para combater as consequências negativas das mudanças climáticas. As questões éticas e políticas que emergem da pesquisa, do desenvolvimento e da possível implementação de SRM são bastante diversas e complexas. O objetivo desta dissertação de mestrado é analisar esse conjunto de problemas. Este capítulo, em particular, tem como objetivo esclarecer o que são as mudanças climáticas e como elas podem ser entendidas como um problema ético e de filosofia política.

1.1. O que são as mudanças climáticas

Segundo relatório do Painel Intergovernamental sobre as Mudanças Climáticas (IPCC), as atividades humanas, principalmente por meio de emissões de GEE, vêm inequivocamente causando o aquecimento global (IPCC, 2023b). Entre os principais GEE estão o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄) e o óxido nitroso (N₂O). Esses gases possuem propriedades de retenção de calor (Williston, 2023, p. 8). O fenômeno das mudanças climáticas ocorre em decorrência do acúmulo de GEE na atmosfera, o qual retém mais radiação solar do que seria retida sem o acúmulo de GEE. Esse acúmulo, assim, eleva gradualmente a temperatura média do planeta. O aumento da temperatura, no entanto, não é imediatamente perceptível apenas em termos de uma elevação da temperatura média de cada região. As mudanças climáticas, com efeito, podem significar para algumas regiões, por exemplo, secas mais severas ou frequentes, inundações e eventos climáticos extremos como furacões, geadas, ondas de calor etc. Portanto, as mudanças climáticas ocorrem em decorrência do aumento da temperatura média do planeta, devido ao acúmulo de GEE antropogênicos, o que altera padrões médios do clima da Terra, incluindo variações de temperatura, precipitação e eventos extremos.

Em 2019, a concentração de CO₂ alcançou a marca de 410 partes por milhão. Essa medida foi superior ao registro existente em qualquer período dos últimos dois milhões de anos. As concentrações de metano e óxido nitroso foram superiores ao registro disponível dos últimos 800 mil anos (IPCC, 2023b, p. 4). Embora o vapor d'água esteja mais presente na atmosfera e o metano tenha maior capacidade de retenção de calor, o dióxido de carbono desperta maiores preocupações devido ao seu grande volume de emissões antropogênicas e à sua longa permanência na atmosfera. Cerca de um quarto do CO₂ que os seres humanos emitiram desde o início da Revolução Industrial ainda permanece na atmosfera por vários séculos antes de ser

reabsorvido pelo sistema climático do planeta, seja pelos oceanos ou pelo processo de fotossíntese (Moellendorf, 2022, p. 18).

As principais medidas de combate às mudanças climáticas são a mitigação e a adaptação. Apesar dessas medidas variarem no grau de importância e prioridade, pode-se afirmar que, no início dos anos 2010, a mitigação e a adaptação começaram a ser vistas como igualmente importantes (Araujo; Fior, 2024). Políticas de mitigação visam reduzir as emissões de GEE, principalmente as de dióxido de carbono decorrentes da queima de combustíveis fósseis. Políticas de adaptação, por outro lado, visam ampliar a capacidade social, política e econômica de resposta aos impactos adversos das mudanças climáticas e fortalecer a resiliência climática (IPCC, 2023, p. 126). Surge assim a pergunta sobre se a SRM deveria ser compreendida como uma medida de mitigação ou de adaptação. Retornarei a esse problema no próximo capítulo.

Em 1992, no Rio de Janeiro, houve a primeira Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (UNFCCC, sigla em inglês), conferência idealizada pelas Nações Unidas (UN, sigla em inglês). Nesse encontro, 179 países assinaram um acordo, conhecido como “Agenda 21”, que buscava alinhar medidas para o desenvolvimento sustentável e combater as reais causas do aquecimento da Terra (Organização das Nações Unidas, 1995). Nas últimas décadas, houve diversas tentativas políticas, por meio de acordos e protocolos, para enfrentar as mudanças climáticas. Dentre essas iniciativas, destacam-se o Protocolo de Kyoto (1998), a Conferência de Copenhague (2009) e o ainda paradigmático Acordo de Paris (2015). Apesar dessas tentativas, pesquisas apontam que, nas últimas décadas, as emissões anuais de CO₂ aumentaram em 40% (Gardiner; Obst, 2022, p. 11). Segundo os dados divulgados pela revista *Fapesp* de dezembro de 2024,

[...] as emissões globais de gases de efeito estufa (GEE) bateram novo recorde em 2023. Chegaram a 57,1 bilhões de toneladas de dióxido de carbono equivalente (CO₂eq) e foram 1,3% maiores do que no ano anterior, segundo relatório divulgado no final de outubro pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Pnuma). A taxa de crescimento foi superior à da década passada (de 2010 a 2019), quando, antes da eclosão da Covid-19, as emissões anuais subiram, em média, 0,8%”. (Marcos Pivetta, 2024)

Mesmo com a concordância dos países signatários em mitigar suas emissões e adaptar-se socioeconomicamente ao contexto das mudanças climáticas, o que se percebe é a contínua falha dos governantes em implementar essas ações. Com o surgimento das tecnologias de

geoengenharia, essas questões ganham maior grau de complexidade. Como será visto nos capítulos dois e três, além de essas tecnologias trazerem outras questões biofísicas tão sérias quanto as mudanças climáticas, elas implicam também outras questões sociopolíticas e socioculturais relevantes para a ética e a filosofia política. Por isso, no contexto atual, o combate às mudanças climáticas configura-se como um problema fundamentalmente ético.

1.2. Por que as mudanças climáticas são um problema ético e de filosofia política?

Os problemas das mudanças climáticas não se esgotam em questões que dizem respeito ao âmbito da ciência do clima, pois envolvem também questões de natureza política, econômica, jurídica, de relações internacionais e até mesmo psicológicas. No entanto, são as implicações éticas das mudanças climáticas que constituem o principal tema desta dissertação de mestrado (Gardiner et al., 2020, p. 3; Gardiner, 2011, p. 19). As consequências das mudanças climáticas constituem um desafio especialmente sério para o comportamento ético, pois envolvem a interseção de obstáculos globais, intergeracionais e teóricos à ação (Gardiner et al., 2020, cap. 16). Somente o conhecimento científico do problema não se traduz em resoluções sociopolíticas. A falha dos governantes em implementar políticas de mitigação e adaptação eficazes tem importantes implicações éticas, que dizem respeito, por exemplo, à relação entre, de um lado, os países mais pobres, que são afetados de modo mais severo pelas mudanças climáticas, e, de outro, os países desenvolvidos que usufruem das riquezas advindas das emissões de GEE e possuem maior capacidade adaptativa. A desigualdade entre os benefícios e os males das emissões entre os países coloca questões como: Como atribuir responsabilidades por essas emissões? Quem, atualmente, arcará com as consequências negativas dessas emissões? As respostas a essas perguntas podem ser complexas, pois as mudanças climáticas são um fenômeno causado pelo acúmulo não intencional de GEE pelos seres humanos desde o início da Revolução Industrial. Isso gera uma dispersão da causa e do efeito, uma fragmentação da agência e uma inadequação institucional para resolver essas questões (Gardiner, 2011, p. 24).

Além disso, as mudanças climáticas têm implicações éticas que dizem respeito à relação entre gerações e à entre seres humanos e animais não-humanos. Outra questão que se pode colocar é como os seres humanos devem viver e como devem se relacionar consigo mesmos e com o restante da natureza. As mudanças climáticas são um problema científico tanto quanto

um problema de ética e filosofia política (Jamieson, 1992, p. 142). Pode-se concluir que as mudanças climáticas colocam questões éticas e de filosofia política, além de desafiar os paradigmas teóricos vigentes na filosofia moral e na filosofia política. Hans Jonas alerta para a possibilidade de a ética ter que se adequar a novos desafios (Jonas, 1979). Mesmo que Jonas não tenha como horizonte argumentativo as questões éticas impostas pelas mudanças climáticas, sua observação sobre o agir humano pode ser enquadrada nesse problema. Ele argumenta:

[...] creio que certas transformações em nossas capacidades acarretaram uma mudança na natureza do agir humano. E, já que a ética tem a ver com o agir, a consequência lógica disso é que a natureza modificada do agir humano também impõe uma modificação na ética. (Jonas, 1979, p. 29)

Segundo o IPCC, a literatura de filosofia moral e política tem potencial de “confiança média” (medium confidence) para contribuir para a resolução de questões éticas levantadas pelas mudanças climáticas (IPCC, 2014, p. 211). Isso evidencia que as teorias atuais precisam ser aperfeiçoadas para enfrentar adequadamente os dilemas éticos complexos, transfronteiriços e intergeracionais impostos pelas mudanças climáticas. Essas questões afetam a vida das pessoas em todas as partes do mundo, a vida de animais não-humanos, bem como a vida de pessoas que ainda não existem, mas que terão de viver em um ambiente resultante de escolhas feitas hoje. O que há de singular nessas questões, e que, por isso, coloca novos desafios para teorias morais e políticas, é seu caráter transfronteiriço no espaço e no tempo. Dificuldades como a atribuição de responsabilidade pelas emissões passadas, a determinação de uma divisão justa de riscos entre a geração atual e as gerações futuras; a determinação de qual é a melhor maneira de garantir o bem-estar da natureza e dos animais não-humanos são apenas algumas delas.

1.3. A complexidade do problema das mudanças climáticas

Não se pode dar conta da totalidade dos problemas colocados pelas mudanças climáticas se somente o conhecimento científico for levado em consideração, sem uma correspondente análise sociopolítica e ética dessas questões. Stephen Gardiner considera as mudanças climáticas como uma tempestade moral perfeita (“perfect moral storm”). Em seu livro *Perfect*

Moral Storm (2011), Gardiner examina as mudanças climáticas, demonstrando como o aquecimento do planeta gera desafios éticos em diversas dimensões da esfera pública. O autor divide esse problema em três principais “tempestades”: (1) a “tempestade global” (The Global Storm); (2) a “tempestade intergeracional” (The Intergenerational Storm); (3) a “tempestade teórica” (The Theoretical Storm) (Gardiner, 2011, pp. 75, 301). Em obra posterior, o autor menciona ainda uma “tempestade ecológica” (The Ecological Storm) (Gardiner; Obst, 2022, pp. 36-39).

No que concerne à tempestade global, Gardiner aborda a questão climática como um problema internacional. As mudanças climáticas são um problema genuinamente global, pois quando a emissão ocorre em uma dada região, ela rapidamente se dissipa pela atmosfera. Como as emissões vêm ocorrendo mais rapidamente do que os oceanos e as plantas são capazes de reabsorvê-las, elas se acumulam na atmosfera. É esse acúmulo de GEE na atmosfera que constitui a principal causa do chamado efeito estufa. Gardiner mostra que existem vulnerabilidades desiguais com relação aos impactos das mudanças climáticas. Os países que historicamente mais emitiram GEE tendem a ser os menos vulneráveis, ao passo que os países que historicamente menos emitiram tendem a ser os mais vulneráveis. Diversos fatores podem explicar a vulnerabilidade e pobreza desses Estados. A geografia do Estado ou da região, o processo de marginalização e empobrecimento, um histórico de colonização e exploração por Estados hoje desenvolvidos são alguns desses fatores. Além disso, a tempestade global diz respeito à inexistência de instituições adequadas para lidar com as consequências das mudanças climáticas em âmbito internacional. A existência de acordos internacionais como, por exemplo, o Acordo de Paris, por si só não é uma garantia de que esses acordos serão cumpridos (Gardiner; Obst, 2022, pp. 21–29; Gardiner, 2011, caps. 3 e 4).

A tempestade intergeracional diz respeito às consequências das mudanças climáticas para as futuras gerações. Nessa perspectiva, Gardiner aborda a questão climática em sua dimensão temporal. O autor elabora um conceito chamado “tirania dos contemporâneos” (tyranny of the contemporary) que caracteriza a falha da humanidade, sobretudo dos líderes políticos do mundo, em levar em consideração a vida das futuras gerações (Gardiner, 2011, cap. 5). Se esse conceito for utilizado para analisar a atitude dos chefes de Estado nas últimas décadas é possível que revele a falha dos governantes contemporâneos em garantir o bem-estar, ou até mesmo a sobrevivência, das futuras gerações de cidadãos de seus Estados. A questão central do problema da tempestade intergeracional é a contínua passagem do problema climático, tanto das medidas de enfrentamento quanto das consequências indesejáveis, para as

gerações futuras. Gardiner chama essa passagem do problema de “buck-passing” (Gardiner; Obst, 2022, pp. 29–36; Gardiner, 2011).

A tempestade teórica diz respeito à questão da falta de instituições e teorias não somente políticas e sociais, mas também filosóficas, para lidar com os problemas decorrentes das mudanças climáticas (Gardiner, 2011, p. 217). Essa falta se origina da existência de áreas que são, a princípio, heterogêneas, como demonstrado nas tempestades anteriores, mas que se juntam quando o problema climático é analisado com maior profundidade (Gardiner, 2011, cap. 7; Gardiner; Obst, 2022, pp. 39-43).

A tempestade ecológica, como apresentado anteriormente, é mencionada no primeiro capítulo de seu livro *A Perfect Moral Storm*, assim como no primeiro capítulo do livro *Dialogues on Climate Justice*. Embora afirme que a tempestade ecológica esteja contida na tempestade teórica, na medida em que se leva em consideração a ausência de teorias e de instituições capazes de responder adequadamente às questões éticas relativas a entidades não humanas, Gardiner evidencia a importância de refletir sobre os impactos das mudanças climáticas tanto sobre os animais não humanos quanto sobre os ecossistemas em geral. Um dos principais questionamentos que decorre da tempestade ecológica é em relação ao nosso dever para com aqueles entes que não têm representatividade no debate público (Gardiner; Obst, 2022, pp. 36-39; Gardiner, 2011, pp. 43-44).

Gardiner expõe a complexidade das mudanças climáticas ao mostrar a dimensão internacional, intergeracional e teórica do problema. A tese central da “tempestade moral perfeita” busca demonstrar que as mudanças climáticas colocam questões substanciais à capacidade sociopolítica de tomar as decisões necessárias para enfrentá-las. Ainda que algumas questões éticas possam ser respondidas, a complexidade das mudanças climáticas torna os atores sociopolíticos vulneráveis à corrupção moral (Gardiner, 2011, p. 22). O problema da corrupção moral, segundo Gardiner, pode ser caracterizado pela distorção das sensibilidades morais da sociedade ou dos tomadores de decisão para facilitar a exploração da posição global e intergeracional (Gardiner, 2011, p. 8). Existem maneiras variadas de ser moralmente corrupto, mas existem dificuldades em diferenciar a corrupção moral daqueles que estão apenas equivocados (Gardiner, 2011, pp. 45, 308). No entanto, a corrupção moral se manifesta como um viés adotado pelos tomadores de decisão em benefício próprio que, por meio de atenção seletiva, dúvida razoável ou algum outro caminho, ignoram consequências negativas para os mais vulneráveis e para as gerações futuras (Gardiner, 2011, pp. 45-46; Moellendorf, 2022, p. 174). Gardiner demonstra como diversos aspectos das mudanças climáticas podem ser caracterizados como questões éticas e políticas. Essas questões éticas e políticas, em particular

aquelas relacionadas às dimensões global e intergeracional das mudanças climáticas, constituem problemas novos, isto é, desafios que as gerações anteriores não precisaram enfrentar.

1.4. As mudanças climáticas como um problema intergeracional

O IPCC é um dos principais órgãos avaliadores das mudanças climáticas. As “trajetórias” (*pathways*) estipuladas pelo IPCC são projeções que analisam diferentes futuros com base nas possíveis emissões antropogênicas e nas respostas climáticas do ambiente. As trajetórias variam desde conjuntos de cenários quantitativos e qualitativos, bem como narrativas de futuros potenciais até processos de tomada de decisão orientados a soluções para alcançar metas sociais desejáveis (IPCC, 2023a, p. 1810). É importante destacar que o IPCC faz projeções, não previsões. Ao contrário das previsões, projeções são condicionais a suposições sobre como se darão, por exemplo, os desenvolvimentos socioeconômicos e tecnológicos futuros que podem ou não se concretizar (IPCC, 2023, p. 1811). Dependendo do rumo que as ações de mitigação e adaptação tomarem em nível global, além de reações ambientais imprevisíveis, existem diversos cenários possíveis. Devido à abundância de conhecimento e aos novos meios de medição, pode-se ter uma “projeção” acerca do que ocorrerá no futuro, mas isso não equivale a dizer que se possam ter “previsões” epistemicamente seguras sobre como as mudanças climáticas ocorrerão. O conhecimento da gravidade das mudanças climáticas faz com que a geração atual seja, segundo Henry Shue, “a geração fundamental” (*the pivotal generation*).

O fato de ainda termos a oportunidade de agir a tempo nos torna aqui e agora a geração mais importante de humanos que já viveu em relação às condições de vida neste planeta para nós e para todas as outras espécies [...]. A hora é agora, e o tempo é curto. Portanto, aqueles de nós vivos agora são a geração fundamental na história humana para o destino da habitabilidade do nosso planeta (Shue, 2021, p. 2).

A delimitação da geração atual, para Shue, é estabelecida por aqueles que estão vivos agora. Essa geração é a primeira a entender, de maneira mais completa, a dinâmica do sistema climático do planeta. É claro que as mudanças climáticas têm uma dimensão essencialmente transgeracional, no sentido de gerações sobrepostas, e intergeracional, no sentido de gerações não sobrepostas. No entanto, cada geração enfrentou problemas postos em seu tempo; podem-se destacar eventos como a escravidão, a Peste Negra, a Primeira e a Segunda Guerra Mundiais,

a pandemia de COVID-19, todos problemas que cada geração teve de enfrentar. Ainda que esses problemas sejam sobrepostos e, muitas vezes, acarretem consequências para as gerações seguintes, a eclosão e o primeiro enfrentamento do problema são realizados pelas pessoas que estão vivas naquele momento histórico. Desde o início da Revolução Industrial (1760) até meados do século XX, a humanidade vem contribuindo para a emergência e agravamento das mudanças climáticas de maneira não intencional. Continuar com o modelo de produção atual, baseado em combustíveis fósseis, conhecendo as implicações para o meio ambiente e para as futuras gerações, torna-se uma questão moral. Tal conhecimento faz com que não apenas a geração atual seja a primeira a ter uma ideia mais completa do problema das mudanças climáticas, mas também a torne, possivelmente, a última geração em posição de agir antes que ameaças maiores surjam (Shue, 2021, p. 6).

Assim como Gardiner faz referência, ao escrever sobre a “tempestade intergeracional”, à transferência do problema do enfrentamento das mudanças climáticas para as futuras gerações (*buck passing*), na visão de Shue, o fardo passado para as próximas gerações será tão grande que, possivelmente, não haverá mais o que passar adiante. A geração atual, ao manter níveis elevados de emissões de GEE, pode gerar os chamados “pontos de não retorno” ou “pontos de virada”, conhecidos na literatura inglesa como *tipping points*. Esses pontos de não retorno ocorrem quando um sistema ultrapassa um certo limite e se reorganiza de forma abrupta, ou se torna irreversível (IPCC, 2023, p. 1816). São eventos que, uma vez ocorridos, não podem mais ser facilmente revertidos, ou irreversíveis. Um bom exemplo é a elevação do nível dos mares em função do degelo das calotas polares. Após o degelo das calotas polares e a consequente elevação do nível dos mares, não se pode ter a expectativa de que esse problema possa ser revertido, pelo menos não no horizonte dos próximos milhares de anos. As inundações decorrentes do aumento do nível do mar podem causar a migração forçada de populações de cidades como Mumbai, Xangai, Miami e Nova York, bem como de grandes áreas da Holanda e Bangladesh. O fenômeno é especialmente grave para diversas populações de ilhas do Pacífico, como, por exemplo, Tuvalu (Dev, 2025). O mesmo se aplica à perda de biodiversidade. Uma vez que uma espécie tenha entrado em extinção, ela provavelmente não pode mais ser trazida de volta (Williston, 2023, p. 11). A suposição de que poderíamos “de-extinguir” (*de-extinction*) é pouco razoável para fins de políticas climáticas e pode mesmo agravar problemas de biodiversidade em vez de resolvê-los efetivamente (Ivry, 2025; Martinelli; Oksanen; Siipi, 2014). Um dos argumentos utilizados para incentivar as pesquisas em geoengenharia é a possibilidade de desacelerar a chegada a esses pontos de não retorno. Isso ocorre porque tecnologias de gerenciamento da radiação solar poderiam diminuir a temperatura terrestre ao

refletirem parte da radiação solar incidente sobre a Terra, reduzindo, assim, a possibilidade de atingir os pontos de não retorno causados pelo aumento da temperatura. Essa questão será mais bem explorada no próximo capítulo.

Outra questão importante para incentivar a ação imediata da geração atual é elucidar que existem feedbacks positivos e negativos. Feedbacks positivos são consequências em cadeia que aumentam o poder de aquecimento de um determinado fenômeno, enquanto feedbacks negativos são consequências em cadeia que reduzem o aquecimento de um determinado fenômeno (Williston, 2023, p. 10). Um exemplo de feedback positivo é o derretimento de solos congelados (*permafrost*) que, ao se descongelarem, liberam grandes quantidades de metano, contribuindo para aumentar o aquecimento e provocar mais derretimento do *permafrost*, gerando um ciclo contínuo de aquecimento e degelo. Um exemplo de feedback negativo são as nuvens, que poderiam refletir parte da radiação solar, impedindo que a superfície da Terra aqueça (Gardiner, 2011, p. 410). Existe um perigo ainda maior na possível ocorrência em cascata desses feedbacks positivos. David Wallace-Wells destaca isso:

Um planeta cada vez mais quente leva ao derretimento do gelo ártico, o que significa menos luz do sol refletida e mais luz absorvida por um planeta que esquenta cada vez mais rápido, o que por sua vez significa um oceano menos capaz de absorver o carbono da atmosfera e desse modo um planeta aquecendo em ritmo maior ainda. [...] Temperaturas mais elevadas significam mais incêndios florestais, menos árvores, menor absorção de carbono, mais carbono na atmosfera, um planeta ainda mais quente. mais vapor d'água na atmosfera, e o vapor d'água, sendo um gás de efeito estufa, resulta em temperaturas ainda mais elevadas. [...] Oceanos mais quentes absorvem menos calor, o que significa mais calor no ar, e contêm menos oxigênio, que é a morte para o fitoplâncton — cuja função no oceano é a mesma das plantas na terra, comer carbono e produzir oxigênio (Wallace-Wells, 2019, pp. 34–35).

Em um mundo com aumento de 4°C na temperatura global, o ecossistema terrestre pode entrar em colapso como resultado da emergência de diversos pontos de não retorno (Wallace-Wells, 2019, p. 15). Isso poderia ser interpretado como a caracterização de um determinado regime climático: tufões e tornados, inundações e secas fora de controle, com o planeta sendo regularmente assolado por eventos climáticos que, historicamente, destruíram civilizações inteiras (Wallace-Wells, 2019, p. 100). A escalada progressiva do aumento da temperatura da Terra corrobora a preocupação com os feedbacks positivos e a aproximação desses pontos de não retorno. Essa escalada, com recordes e mais recordes de temperaturas sendo batidos a cada ano, é amplamente divulgada e seu conhecimento não se restringe apenas aos cientistas e políticos. Em 2023, uma matéria publicou que o mês de julho, desse mesmo ano, foi o mais quente já registrado na história. Pouco menos de um ano depois, outra matéria apontou o mês de maio de 2024 como o mês mais quente já registrado (National Geographic, 2023; ONU

News, 2024). Shue relaciona essa questão dos pontos de não retorno ao seu argumento sobre a necessidade de ação imediata da geração atual. Ele diz:

É, então, provável que o futuro próximo seja a última chance de evitar passar por pontos de não retorno significativos e é perfeitamente possível que o futuro próximo seja a última chance de evitar provocar uma cascata de pontos de não retorno (Shue, 2021, pp. 24–25)

A construção de um futuro em que as consequências das mudanças climáticas sejam minimizadas exige a implementação imediata de políticas de mitigação e adaptação. Todavia, considerando que a economia global permanece dependente de combustíveis fósseis, é indispensável que a transição energética ocorra de maneira justa, de forma que povos e países mais vulneráveis às mudanças climáticas não sejam ainda mais prejudicados. A busca dessa justiça configura-se como uma implicação ética da geração presente, uma vez que as decisões tomadas no contexto atual possuem consequências para as condições de vida das futuras gerações. Assim, esta seção teve como objetivo salientar que as mudanças climáticas têm um peso intergeracional, impondo responsabilidades morais à geração atual. Na próxima seção, serão discutidos os vínculos entre pobreza, justiça social e políticas climáticas, a partir da perspectiva de Darrel Moellendorf.

1.5. Em busca da justiça climática

As mudanças climáticas agravam as injustiças que já estão em nossa estrutura social, política e econômica. Essas injustiças surgiram por uma série de razões, incluindo o legado do colonialismo, o racismo sistêmico e a exploração econômica tanto em nível doméstico quanto internacional (Gardiner; Obst, 2022, p. 25). Darrel Moellendorf mostra como o problema da pobreza e das mudanças climáticas está interligado. Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (SDGs, sigla em inglês), adotados pelas Nações Unidas em 2015, têm como primeiro objetivo acabar com a pobreza em todas as suas formas em todos os lugares (Moellendorf, 2022, p. 6; Nações Unidas Brasil, 2025). Moellendorf defende que o combate às mudanças climáticas só seria moral e justo se fosse relacionado ao combate à pobreza a partir de um desenvolvimento sustentável. Existem dois conceitos-chave na proposta de Moellendorf, “o princípio antipobreza” e a “abordagem pró-pobre”.

Com base no 2º artigo do documento proposto em 1992 pela Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas (UNFCCC, sigla em inglês), que estabelece: “evitar interferências antropogênicas perigosas no sistema climático”, Moellendorf faz uma diferenciação entre “perigo” e “risco” (Moellendorf, 2022, p. 27; United Nations, 1992). O conceito de perigo, conforme apresentado pela UNFCCC, tem uma dimensão normativa, ou seja, refere-se uma ação ou condição que tem o potencial de causar dano e, por isso, deve ser evitada por meio do estabelecimento de regras (políticas). O conceito de risco pode ser definido como a probabilidade de um perigo ocorrer, ou seja, um risco específico pode ser assumido ou tolerado dependendo do grau de impacto ou dos interesses que o risco afete. A intenção de Moellendorf é estabelecer que ações e políticas que resultem em pobreza involuntária constituem um risco a ser evitado (Moellendorf, 2022, p. 28). Uma ação normativa que é considerada evitável por um raciocínio de interesse coletivo apresenta um aspecto tipicamente ético. A identificação de políticas climáticas perigosas é um julgamento moral, pois excede os limites do interesse próprio. Ao aplicar o princípio da antipobreza às reivindicações empíricas feitas pelas pesquisas científicas, a conclusão geral é que as políticas que permitem que o aumento da temperatura global exceda 1,5 °C são perigosas, pois isso prolongaria e agravaria a pobreza de centenas de milhões de pessoas (Moellendorf, 2022, p. 29).

Ao estabelecer o princípio antipobreza, Moellendorf prioriza as políticas de adaptação, em vez das de mitigação. As políticas de mitigação tendem a ser menos eficazes para reduzir a temperatura no curto prazo e as políticas de adaptação poderiam ser formuladas de maneira específica e direcionadas para populações e espécies de animais não-humanos vulneráveis às mudanças climáticas (Moellendorf, 2022, pp. 97, 99). Geralmente, os países mais desenvolvidos dispõem de maior capacidade de adaptação e resiliência em comparação com os países em desenvolvimento. Um dos indicadores de vulnerabilidade e menor poder de adaptação de um país é seu nível de pobreza (Moellendorf, 2022, p. 103). Moellendorf utiliza o exemplo de dois países, os Estados Unidos da América (EUA) e Bangladesh, em seu argumento. A capacidade de adaptação aos impactos de uma inundação em, por exemplo, Miami Beach, nos EUA, difere da capacidade adaptativa das pessoas que vivem na região do Delta do Ganges, em Bangladesh, após uma inundação. Quando um princípio baseado no custo-benefício é aplicado a uma inundação nas duas regiões utilizadas no exemplo, a ação orientada tende a priorizar a área em que se encontra maior capital previamente investido. Apesar de, nos dois cenários, milhões de pessoas correrem risco, quando os recursos são limitados, as respostas adaptativas podem reforçar e ampliar a pobreza. Nesse contexto, Moellendorf estipula a abordagem pró-pobre, que defende projetos de lei mais efetivos na proteção do maior número possível de

pessoas vulneráveis em vez da adoção de um princípio baseado no custo-benefício. A abordagem pró-pobre funciona como uma heurística na deliberação de políticas públicas, preocupando-se fundamentalmente, em todas as discussões políticas, com uma determinada política resultar no aumento do aquecimento global até 2°C e com a possibilidade de que centenas de milhões de pessoas corram o risco de cair ou permanecer na pobreza (Moellendorf, 2022, p. 169).

Um estudo, utilizado por Moellendorf com o objetivo de aprofundar a formulação de seu conceito pró-pobre, indica dez referências para políticas em todo o mundo com o objetivo de limitar o aquecimento a 1,5 °C. Nesse estudo, explica-se que a “pesquisa e o planejamento para a implementação de tecnologias de emissões negativas devem ser acelerados” (Kuramochi *et al.*, 2018). Em seguida, são abordadas as tecnologias conhecidas como geoengenharia¹, Moellendorf discute, de maneira resumida, o ônus e os bônus dessas tecnologias e argumenta que as políticas que as promovem seguem a abordagem pró-pobre (Moellendorf, 2022, p. 176). Existe um amplo debate sobre as tecnologias de geoengenharia na literatura sobre justiça climática. A presente dissertação apresentará essas tecnologias, aprofundará os argumentos de Moellendorf e de outros autores sobre essas tecnologias e refletirá sobre as principais implicações éticas.

Neste capítulo foi apresentada a definição do que são as mudanças climáticas e por que elas são um problema fundamentalmente filosófico. A intenção foi mostrar que, apesar da abundância de conhecimento científico, os principais líderes mundiais têm sido ineficazes em mitigar as emissões globais de GEE e em criar políticas para a adaptação a uma nova realidade sustentável. Desse modo, as mudanças climáticas se tornaram um problema de ação política e socioeconômica. O papel da ética e da filosofia política tornou-se imprescindível para o debate sobre a justiça climática. Gardiner expôs a complexidade das questões colocadas pelas mudanças climáticas com seu livro de 2011, e os autores Henry Shue e Darrel Moellendorf evidenciaram parte da dimensão global e intergeracional de diversos problemas. A partir do próximo capítulo, o foco estará em um importante aspecto da ética climática, a saber, as implicações éticas decorrentes das tecnologias de geoengenharia.

¹ Embora o termo “geoengenharia” não seja utilizado no corpo do texto de Moellendorf, que em inglês seria “geoengineering”, a palavra aparece nove vezes em referências bibliográficas

2 GEOENGENHARIA E SUAS IMPLICAÇÕES ÉTICAS

O termo “geoengenharia”, no contexto do debate sobre as mudanças climáticas, designa a manipulação deliberada e em larga escala do sistema climático (Royal Society, 2009). O IPCC define a geoengenharia como um amplo conjunto de métodos e tecnologias que operam em larga escala e visam alterar deliberadamente o sistema climático para aliviar os impactos das mudanças climáticas (IPCC, 2014, p. 89). As tecnologias de geoengenharia podem ser divididas em dois tipos, a saber: remoção de dióxido de carbono (Carbon Dioxide Removal, ou CDR, em inglês) e gerenciamento da radiação solar (Solar Radiation Management, SRM, em inglês). As tecnologias CDR se caracterizam por remover o dióxido de carbono da atmosfera, enquanto as tecnologias de SRM se caracterizam pela tentativa de gerenciamento da radiação solar que incide sobre o planeta.

As tecnologias de CDR envolvem desde o reflorestamento e florestamento de áreas desmatadas ou ainda não exploradas até mesmo máquinas que absorvem o dióxido de carbono diretamente do ar. Essas tecnologias também são conhecidas como “emissões negativas” (IPCC, 2023b, p. 19). Segundo projeções do IPCC, dadas as diretrizes do Acordo de Paris, relativas à limitação do aumento da temperatura média global idealmente a 1,5°C, ou, no máximo, a 2°C, o emprego desse tipo de tecnologia torna-se necessário como forma de geração de “emissões negativas” (IPCC, 2022b, pp. 17–39). Para cada tipo de tecnologia de CDR existem considerações a serem feitas sobre seu custo e as consequências de sua utilização em larga escala. Estipulam-se dois tipos de CDR: a “CDR convencional em terra” e a “CDR inovadora”. Os principais métodos da CDR convencional em terra são os métodos de florestamento (que consistem em florestar terras nas quais antes não havia cobertura vegetal) e reflorestamento. A CDR inovadora caracteriza-se por tecnologias de captura de carbono, cujos principais métodos são: a Bioenergia com Captura e Armazenamento de Carbono (BECCS) e a Captura e Armazenamento Direto do Ar (DAC) (Baum *et al.*, 2023, p. 17).

Existem algumas implicações éticas relevantes tanto para a CDR convencional em terra quanto para a CDR inovadora. No que se refere à técnica de reflorestamento, uma pesquisa indica que, se todas as pessoas na Terra plantassem uma árvore (cerca de 8 bilhões de árvores), o CO₂ absorvido por essas árvores, após atingirem a maturidade, corresponderia a apenas cerca de 43 horas de emissões antropogênicas anuais (Ho, 2023). O uso massivo de áreas para o reflorestamento poderia afetar o setor de atividades humanas conhecido como “Uso da Terra, Mudança de Uso da Terra e Florestas” (LULUCF, sigla em inglês). A ampliação das áreas

destinadas ao reflorestamento poderia causar conflitos entre as populações que teriam de ser realocadas para viabilizar a arborização dessas terras. Além disso, nem todas as plantas têm a mesma capacidade de absorver o dióxido de carbono. A manutenção e preservação das florestas já existentes são desejáveis, mas apenas essa medida pode não ser suficiente para evitar que o CO₂ seja liberado para a atmosfera em razão das diferentes estimativas das taxas de sequestro de carbono e da disponibilidade de terras (Gardiner; Obst, 2022, p. 184; Wang *et al.*, 2025, p. 931).

Quanto às tecnologias CDR inovadoras, a BECCS funciona por meio da remoção de dióxido de carbono da atmosfera ao mesmo tempo em que produz energia. Sua operação consiste em dois pontos-chave. O primeiro está na queima de biomassa de espécies de plantas de rápido crescimento, como plantações de cana-de-açúcar. O segundo consiste na captura do dióxido de carbono, produzido pela queima dessa biomassa, em uma instalação de conversão de energia. Alguns problemas relevantes surgem com a possibilidade de implementação dessa tecnologia. Além de seu processo de desenvolvimento ser conduzido lentamente, existem grandes desafios para comprimir e transportar vastas quantidades de biomassa. Para as escalas de implementação estipuladas pelo IPCC, em que a BECCS teria um impacto relevante no clima global, massivas quantidades de terras teriam de ser utilizadas, entre 0,4 e 1,2 bilhão de hectares, o que corresponde a 25% a 80% das terras cultiváveis do planeta (Gardiner; Obst, 2022, pp. 185-186). A utilização massiva dessa tecnologia para interferir no clima poderia rivalizar com a produção de alimentos em todo o mundo.

O último exemplo de tecnologia de CDR inovadora é conhecido como DAC. Essa tecnologia consiste em um processo químico em que o dióxido de carbono é capturado diretamente do ar e realocado em locais de armazenamento geológico. A DAC atua por meio da captura do dióxido de carbono do ar ambiente, independentemente de fontes pontuais de emissão. Por sua atuação ocorrer em locais em que a concentração de dióxido de carbono é menor, o processo de captura exige o uso de mais energia quando comparado à BECCS. Outras desvantagens da DAC são a utilização de grandes quantidades de água limpa no processo de captura de carbono e o encarecimento da possível implementação dessa tecnologia, causado pelo elevado consumo de energia em comparação com qualquer outra tecnologia de CDR (Baum *et al.*, 2023, p. 18-19; Gardiner; Obst, 2022, p. 187-188).

As tecnologias SRM são conhecidas pelo gerenciamento, ou pela manipulação, da radiação solar que atinge o planeta. A ideia é minimizar a contribuição da radiação solar para o aumento da temperatura média da Terra. Existem algumas estratégias que envolvem desde pintar os telhados das casas de branco, tornar as nuvens mais brilhantes até mesmo introduzir

partículas de sulfato, ou aerossóis, na estratosfera para refletir os raios solares (Gardiner; Obst, 2022, p. 179; SAPEA, 2024, pp. 11–12). A injeção de aerossóis na estratosfera (SAI, sigla em inglês) é a tecnologia SRM mais pesquisada, potencialmente capaz de reduzir as temperaturas superficiais e de amenizar alguns riscos das mudanças climáticas, em comparação com outras tecnologias (IPCC, 2022a, p. 2474). A SAI engloba outra tecnologia similar em sua possível implementação, que consiste na injeção de sulfato na estratosfera (SSI, sigla em inglês). Essas tecnologias têm como inspiração a erupção do monte Pinatubo, nas Filipinas, em 1991. A erupção emitiu uma massa de partículas de sulfato de enxofre que bloqueou parcialmente a luz do Sol por tempo suficiente para afetar a temperatura média da Terra nos dois anos subsequentes. Não há consenso sobre qual tipo de aerossol seria mais adequado. Alguns materiais alternativos podem ser mais eficientes do que o enxofre e apresentar efeitos colaterais reduzidos ou diferentes. No entanto, ainda são necessárias pesquisas básicas para determinar qual é a partícula refletora mais eficaz (SAPEA, 2024, p. 33).

Dentre as tecnologias de SRM disponíveis, a SAI é considerada a mais viável economicamente, além de ter uma ação mais rápida sobre o clima (Crutzen, 2006; Gardiner; Obst, 2022, p. 180). A expectativa de estabilizar ou reduzir a temperatura média da Terra carrega consigo efeitos secundários considerados negativos. Os efeitos para a biosfera como um todo, decorrentes da contínua injeção de partículas na estratosfera, ainda não são conhecidos. Todavia, mudanças nos climas regionais podem ocorrer dependendo das estratégias e das quantidades empregadas na implementação da SAI, podendo acarretar alterações potenciais no crescimento das plantas, nas colheitas, na disponibilidade de recursos e na ocorrência de secas (SAPEA, 2024, cap. 3). Na erupção do vulcão Pinatubo, além de produzir efeitos de redução da temperatura média da Terra, estudos demonstram que esse evento natural teve relevante influência na redução das precipitações e no aumento da ocorrência de secas em algumas partes do mundo (Gardiner; Obst, 2022, p. 190; Trenberth; Dai, 2007). As consequências de uma possível implementação da SAI e da SSI tendem a ser semelhantes no ambiente.

Em 2000, David Keith alertava que, quando se discutia geoengenharia, o foco era tipicamente técnico, com pouca consideração às implicações mais amplas, como as normas jurídicas e políticas adequadas para a tomada de decisões e a distribuição de riscos e benefícios (Keith, 2000, p. 269). Keith argumentou que, apesar do desaparecimento do termo nos relatórios, as tecnologias não perderam sua importância para o debate:

O desaparecimento do termo geoengenharia do debate principal, como representado pelos processos da FCCC e do IPCC, não sinaliza o desaparecimento da questão. O inverso está mais próximo da verdade: o uso do termo diminuiu à medida que algumas tecnologias que antes eram chamadas de geoengenharia ganharam aceitação (Keith, 2000, p. 279).

Foi sobretudo a partir da publicação de um artigo de Paul Crutzen, em 2006, que o debate sobre geoengenharia começou a atrair mais atenção no âmbito da discussão sobre justiça climática (Bonnheim, 2010, p. 894; Crutzen, 2006). Crutzen incentiva as pesquisas sobre geoengenharia devido ao acúmulo de GEE na atmosfera e à falta de implementação de medidas efetivas de mitigação. No artigo, o autor defende a intensificação das pesquisas e o gradual teste de algumas dessas tecnologias (Crutzen, 2006, p. 215). Até o fim da década de 2010, a injeção de aerossóis estratosféricos foi classificada como a forma de geoengenharia mais fácil e barata de realizar, e a Royal Society, citada no início deste capítulo, publicou um relatório inteiramente dedicado a explorar as definições e implicações das tecnologias de geoengenharia (Bonnheim, 2010, p. 894; Royal Society, 2009).

O objetivo desta seção foi apresentar os principais tipos de tecnologias de geoengenharia, destacando tanto as de remoção de dióxido de carbono (CDR), convencionais e inovadoras, quanto as de gerenciamento da radiação solar (SRM), com ênfase na SAI e na SSI, bem como abordar seus mecanismos operacionais, desafios técnicos, impactos ambientais e implicações sociais e éticas, além de examinar o modo como tais tecnologias adquiriram relevância no debate sobre o enfrentamento das mudanças climáticas. No âmbito da presente dissertação, será desenvolvida, nas duas próximas seções, uma investigação mais aprofundada sobre a definição conceitual de geoengenharia e uma proposta de delimitação do conceito especificamente das tecnologias SRM.

2.1 A definição do conceito de geoengenharia

Antes da definição proposta pela Royal Society, o termo geoengenharia já havia sido empregado de outras maneiras. Na década de 1970, o termo foi usado para designar um sistema complexo que integrava a ação humana e a força da natureza (Isachenko, 1975; Keith, 2000, pp. 250-251; Reteyum; D'yakonov; Kunitsyn, 1973). Cesare Marchetti, em 1977, utilizou o termo “geoengineering” para intitular um artigo que tratava da possibilidade de criação de uma tecnologia para coletar carbono da atmosfera (Marchetti, 1977). Ainda que Marchetti não utilizasse a palavra “geoengineering” no corpo do texto, o artigo explora questões que, posteriormente, foram consideradas derivadas das tecnologias de geoengenharia.

Há ações deliberadas de manipulação climática em nível regional que podem ser confundidas com as tecnologias de geoengenharia em larga escala. Um exemplo de manipulação climática regional são as chuvas artificiais que os Emirados Árabes Unidos (EAU) promovem para evitar o calor extremo (Neumam, 2021). É importante fazer a diferenciação entre tentativas de geoengenharia no âmbito regional e as no âmbito global, pois um dos elementos centrais do conceito de geoengenharia é sua atuação em larga escala. O sentido de geoengenharia proposto pela presente dissertação começa a ser identificado na bibliografia a partir da década de 1980. Thomas Schelling escreveu um artigo em que menciona a possibilidade de tornar o clima mais frio por meio de tecnologias futuras, antecipando debates que posteriormente seriam associados à geoengenharia.

[...] não devemos descartar a ideia de que tecnologias para resfriamento global, talvez por meio da injeção das certas partículas na estratosfera ou por meios mais sutis, se tornarão econômicas nas próximas décadas (Schelling, 1984, p. 30).

No entanto, esse artigo de Schelling foi criticado por defender a priorização de novas pesquisas científicas em detrimento da adoção de ações políticas de mitigação mais robustas, o que poderia resultar em falta de ação política eficaz. Ademais, tal defesa tenderia a deslocar a atenção da influência que o CO₂ tem no aquecimento global ao atribuir relevância equivalente à contribuição da radiação solar para esse fenômeno (Oreskes; Conway, 2010, cap. 6). Em 1983, a Academia Nacional de Ciências dos Estados Unidos afirmou que “em princípio, as modificações climáticas e meteorológicas são viáveis; a questão é apenas que tipos de avanços surgirão no próximo século” (Keith, 2000, p. 255). É importante ressaltar que, em outro relatório da Academia publicado em 1992, são empregados dois sentidos para a palavra “mitigação” (National Academy Press, 1992, cap. 28). Em algumas passagens, o termo é empregado no sentido de mitigação das emissões de GEE; em outras, é empregado no sentido de mitigação dos efeitos dos GEE.

A discussão dos sentidos que as palavras “adaptação” e “mitigação” podem ter dentro do debate sobre mudanças climáticas não é o foco desta dissertação. No entanto, é preciso sublinhar que não há consenso entre os pesquisadores sobre como caracterizar a geoengenharia, ou seja, se ela deve ser considerada uma medida de adaptação ou de mitigação. Quando a geoengenharia é entendida como mitigação, as tecnologias que servem de exemplo para sustentar essa visão são as tecnologias de CDR. Nesse sentido, as tecnologias CDR estariam contribuindo para a redução dos GEE presentes na atmosfera, o que seria compatível com a finalidade de reduzir as emissões de GEE, própria da mitigação.

Quando a geoengenharia é entendida como adaptação, as tecnologias que servem de exemplo para sustentar essa visão são as tecnologias de SRM. Essas tecnologias não combatem as emissões de GEE antropogênicas, que são a fonte do problema. A manipulação da radiação solar diminuiria a temperatura média da superfície terrestre, refletindo parte da radiação solar que incide sobre a atmosfera, mas sem diminuir a quantidade de GEE presentes na atmosfera. Nesse sentido, essas tecnologias se enquadrariam como medidas adaptativas. Na presente dissertação, as tecnologias de SRM são entendidas como medidas adaptativas, pois sua atuação não tem como objetivo mitigar as emissões de CO₂, mas sim “mascarar” o problema das mudanças climáticas ao alterar o balanço da radiação da Terra (IPCC, 2022, p. 2474). A intervenção humana em sistemas naturais, com o objetivo de facilitar a adaptação ao clima esperado e seus efeitos, pode ser considerada uma forma de adaptação (IPCC, 2023, p. 1794). A característica da SRM de “mascarar” o problema das mudanças climáticas pode ser compreendida como uma possível medida adaptativa, pois consiste em uma intervenção humana no sistema natural global.

Uma possível objeção a essa compreensão é que as medidas adaptativas seriam entendidas apenas como regionais, uma vez que é necessário considerar as necessidades de cada local para reduzir os efeitos negativos das mudanças climáticas. O que se propõe é que a geoengenharia seja concebida como uma medida adaptativa em nível global. Essa proposta gera uma série de questões de governança que serão exploradas no terceiro capítulo. Na próxima seção, será explicado por que somente as tecnologias SAI e SSI são consideradas como geoengenharia, enquanto as tecnologias CDR serão consideradas “tecnologias mitigatórias”.

2.2 Geoengenharia como tecnologias de SRM

A possível falta de efetividade das tecnologias CDR é a primeira razão para não as incluir neste conceito de geoengenharia. Mesmo que as projeções do IPCC, que estabelecem limites para o aquecimento global entre 1,5 °C e 2 °C acima dos níveis pré-industriais, indiquem a necessidade de remoção de carbono da atmosfera, as tecnologias CDR não teriam relevância até que a sociedade eliminasse quase completamente suas atividades poluentes (Ho, 2023). Um exemplo que David T. Ho propõe para expressar a atual falta de efetividade das tecnologias CDR é pensar nessas tecnologias como uma máquina do tempo. Em 2022, o mundo emitiu cerca de 40,5 bilhões de toneladas de CO₂. Assim, para cada ano, se quatro centros de DAC funcionassem com sua capacidade máxima, cada centro removeria apenas o equivalente a treze

minutos das emissões antropogênicas, assumindo que os centros estivessem totalmente alimentados por energia renovável. Esse exemplo ilustra a limitação da efetividade das tecnologias CDR, mesmo supondo uma implementação robusta, para diminuir a temperatura média da Terra. Diferentemente das tecnologias CDR, as tecnologias de SRM poderiam reduzir a temperatura global a curto prazo mesmo sem a redução massiva das emissões de GEE. Dessa forma, as tecnologias CDR, como concebidas atualmente, não atendem à manipulação em larga escala do sistema climático que é um elemento central do conceito de geoengenharia.

Uma segunda razão para não compreender as tecnologias CDR como geoengenharia consiste no problema do uso de terras para sua instalação e funcionamento. Como explicitado anteriormente, o uso de grandes extensões de terra para a implementação de tecnologias como DAC e BECCS poderia rivalizar com a produção de alimentos em todo o mundo, além de ter seus custos possivelmente elevados pelo consumo de energia exigido para manter a implementação. Segundo Ho, seriam necessárias mais pesquisas para identificar métodos de CDR que minimizem o uso do solo, reduzam o consumo de energia e possam ser ampliados de forma rápida e econômica. Realizar tais pesquisas atualmente é essencial para que a tecnologia esteja disponível no futuro, quando será eficaz e poderá ser utilizada para remover emissões legadas e contribuir para a justiça intergeracional (Ho, 2023). Todavia, até o momento, a implementação da CDR com o objetivo de diminuir a temperatura média global parece impraticável. Dessa forma, as tecnologias de CDR não satisfazem os requisitos de implementação em larga escala, os quais constituem uma das características centrais da definição de geoengenharia.

Para a ética e a filosofia política, pode-se considerar mais relevante a distinção entre as questões éticas que as tecnologias CDR e SRM impõem em uma possível implementação. Enquanto as tecnologias de CDR, como a DAC ou a BECCS, absorvem o CO₂ por meio de estruturas fixas em uma área, as de SRM, como a SAI ou a SSI, podem dispersar aerossóis para além da região em que foram implementadas inicialmente. Consequentemente, as tecnologias de CDR, em contraste com as de SRM, não implicam, necessariamente, riscos transfronteiriços (IPCC, 2022b, p. 1495). Um exemplo desses riscos transfronteiriços é a possibilidade de que a implementação de tecnologias de SRM realizada por um país cause impactos negativos no clima regional de outro país, o que pode gerar potenciais conflitos internacionais ou tensões na geopolítica global. O IPCC deixa claro que a CDR tem características mitigatórias, enquanto a SRM não as apresenta (IPCC, 2022b, p. 1488). Por isso, considerando que a geoengenharia é uma medida de adaptação e que sua implementação e seus efeitos podem ser projetados em escala global, a presente dissertação considera as tecnologias de CDR como tecnologias de

mitigação e as tecnologias de SRM como geoengenharia. Contudo, é preciso destacar que, com o avanço tecnológico, as tecnologias de CDR podem vir a assumir um papel importante no controle do aumento da temperatura média global, de modo a manter os limites propostos pelo Acordo de Paris (Baum *et al.*, 2023, cap. 3). Tal possibilidade implicaria uma futura revisão da distinção proposta nesta dissertação; entretanto, atualmente, apenas as tecnologias de SRM são consideradas integrantes do conceito de geoengenharia aqui adotado.

No debate contemporâneo sobre justiça climática, a geoengenharia (entendida como SRM) constitui um dos tópicos mais polêmicos. O IPCC destaca que “estudos de modelagem sugerem que é conceitualmente possível atingir vários objetivos de política climática por meio de estratégias de SRM projetadas de forma otimizada” (IPCC, 2022, p. 629). Essas tecnologias satisfazem as definições abrangentes da Royal Society e do IPCC. Uma possível objeção a essa concepção reside no fato de que a SAI, enquanto o tipo de tecnologia de SRM que melhor se adequa ao conceito de geoengenharia, continua sendo uma proposta meramente hipotética e inteiramente teórica no momento atual (SAPEA, 2024, p. 33; Sapinski; Malm; Holly Buck, 2021, p. 84). O que responde, em parte, a essa objeção é que o efeito pretendido pela SAI já pode ser observado em precedentes naturais, como, por exemplo, as erupções vulcânicas. Mesmo que a comparação entre os efeitos projetados para a SRM e as erupções vulcânicas não seja perfeitamente equivalente, essa analogia é utilizada como um elemento observacional em pesquisas sobre essa tecnologia, considerando que os modelos climáticos são as únicas ferramentas que podem avaliar o impacto total das aplicações de longo prazo da SAI no clima (SAPEA, 2024, p. 32).

Portanto, o efeito climático pretendido pela SAI, ainda que se considere uma comparação imperfeita, já pode ser observado, ao passo que o efeito das tecnologias de CDR sobre a temperatura da Terra, quando se desconsidera o processo natural da fotossíntese das plantas e árvores, não apresenta precedentes naturais. Geoengenharia é considerada, na literatura sobre o tema, um termo abrangente (Gardiner, 2011, p. 339; Sapinski; Malm; Holly Buck, 2021, p. 6). Esta seção teve como objetivo contribuir para a reflexão conceitual sobre o termo. Daqui em diante, na presente dissertação, o termo “geoengenharia” referir-se-á apenas às tecnologias de SRM. Interessa a este trabalho investigar as implicações éticas e políticas, não apenas do uso das tecnologias de SRM, mas também da própria pesquisa em SRM.

2.3 Argumentos a favor da implementação da geoengenharia e suas objeções

No debate atual sobre a ética da geoengenharia, vigoram profundos desacordos acerca da própria pesquisa científica nessa área. Diversas pesquisadoras e diversos pesquisadores chegaram mesmo a assinar um documento no qual apelavam para um “Acordo Internacional de Não Uso das Tecnologias SRM” (Biermann *et al.*, 2022). A principal preocupação desses pesquisadores relaciona-se aos desafios de governança global decorrentes dos riscos técnicos, políticos e éticos de intervenções de escala planetária. A implementação da geoengenharia é entendida como impossível de ser governada de maneira justa e eficaz no atual sistema político internacional, pois se pressupõe que não haveria participação global efetiva, nem inclusão nem justiça (Biermann *et al.*, 2022, p. 3). A questão da governança da geoengenharia será o tema central do terceiro capítulo da presente dissertação.

Por outro lado, um grupo de cientistas publicou um apelo para que fosse avaliado objetivamente o potencial das tecnologias de SRM e, eventualmente, para que fosse dado prosseguimento às pesquisas e à avaliação dessas tecnologias (Wieners *et al.*, 2023). A justificativa baseia-se na probabilidade significativa de que a humanidade eventualmente tenha de tomar uma decisão favorável ou contrária ao uso da SRM, pois tal possibilidade não desaparecerá se, no momento presente, a pesquisa e a avaliação da SRM forem proibidas. Uma porção relevante do debate acerca das formas de enfrentar as mudanças climáticas está voltada para a geoengenharia. O Acordo de Paris de 2015 “mudou a atenção política para as metas de temperatura (sem metas de emissões associadas): uma mudança que abre uma grande oportunidade para a defesa das tecnologias de SRM” (European Commission’s Group of Chief Scientific Advisors, 2023, p. 113; McLaren, 2016).

Além da razão para evitar os pontos de não retorno, outros argumentos são utilizados para defender a implementação da geoengenharia. Destacam-se três argumentos a favor da implementação da geoengenharia e suas objeções; são eles: (1) o argumento do “plano B”; (2) o argumento de “ganhar tempo”; e (3) o argumento baseado na relação de custo-benefício. O primeiro deles é o argumento que propõe encarar a geoengenharia como um “plano B”, a ser acionado caso as medidas de mitigação e adaptação não consigam conter o avanço das mudanças climáticas. Esse argumento baseia-se na possibilidade de a geoengenharia ser capaz de combater integralmente as mudanças climáticas dispensando outras medidas, sejam elas de mitigação ou adaptação (Corry, 2017, pp. 298-299). As tecnologias de SRM apenas mascarariam o problema das mudanças climáticas, não combateriam a acidificação dos oceanos, além de criarem riscos à produção agrícola, às economias, à saúde humana e aos

ecossistemas, bem como não atuariam na raiz do problema, a saber, as emissões antropogênicas de GEE (IPCC, 2022b, pp. 340; 1489).

O segundo argumento é o de “ganhar tempo” por meio da geoengenharia. Esse argumento baseia-se na ideia de que a geoengenharia seria utilizada para fomentar uma cooperação global mais rigorosa nas medidas de mitigação (Wigley, 2006; Gardiner, 2011, p. 342). Com isso, buscar-se-ia evitar que se agravem os impactos das mudanças climáticas, como o derretimento das calotas polares e o consequente aumento do nível do mar, os quais, se agravados, poderiam configurar pontos de não retorno (SAPEA, 2024, pp. 25, 34, 85). A injeção de aerossóis na estratosfera (SAI) poderia ser capaz de resfriar o clima global ou de manter as temperaturas próximas à superfície relativamente estáveis, mesmo com o aumento das concentrações atmosféricas de GEE (SAPEA, 2024, p. 55). Isso poderia adiar temporariamente potenciais pontos de não retorno, como o degelo do *permafrost*, e os efeitos de feedbacks positivos em cascata. A objeção mais evidente consiste no argumento de que tal abordagem não considera os possíveis efeitos adversos da geoengenharia para as gerações futuras e para os animais não-humanos, uma vez que a implementação da geoengenharia poderia reduzir os esforços de mitigação das emissões de GEE, fazendo com que os problemas associados ao acúmulo de GEE na atmosfera se intensificassem. Além disso, uma implementação de longo prazo da SAI pode se deparar com o fenômeno conhecido como *termination shock*, o qual será abordado adiante nesta seção. Assim como a maioria dos argumentos a favor das pesquisas e do desenvolvimento da geoengenharia, esse argumento pode implicar o problema da corrupção moral. No argumento de “ganhar tempo”, a corrupção moral pode ser identificada em admitir a decisão de não mitigar severamente agora, por razões de interesse próprio dos tomadores de decisão, e na transferência da responsabilidade e do custo de arcar com a mitigação das emissões de GEE da geração contemporânea para as gerações futuras (Gardiner, 2011, p. 45).

Por fim, o terceiro argumento é baseado na relação custo-benefício que a implementação da SRM possivelmente teria. Segundo esse argumento, a pesquisa e o desenvolvimento devem ser fomentados, pois a SRM constituiria uma solução climática com elevada relação custo-benefício e relativamente simples de implementar e administrar (Gardiner, 2011, p. 347). O problema com esse argumento é que a SAI ou a SSI, como exposto anteriormente, não eliminam a fonte do problema, a saber, as emissões de GEE, sobretudo de dióxido de carbono. O custo-benefício da implementação dessas tecnologias não leva em consideração os outros efeitos nocivos que o contínuo acúmulo desses gases pode causar em outros âmbitos biofísicos, como, por exemplo, a acidificação dos oceanos e suas implicações para os organismos e sistemas marinhos (Gardiner, 2011, p. 348).

Uma das principais objeções a uma possível implementação da geoengenharia é o possível efeito denominado “choque de terminação” (*termination shock*). Trata-se do cenário em que a implementação da SRM tenha desempenhado um papel relevante na redução da temperatura média global, se, por alguma razão, a continua implementação de e aerossóis na estratosfera for interrompida, haverá uma rápida elevação da temperatura sem que as populações disponham do tempo ou dos recursos para se adaptarem à repentina elevação da temperatura. Quanto maior a intensidade do efeito da SRM sobre a temperatura, maiores tendem a ser os impactos globais decorrentes da descontinuação do uso de SRM (SAPEA, 2024, pp. 53, 63-64). As causas da descontinuação podem incluir a quebra da cooperação internacional na governança do SRM; a ocorrência de efeitos colaterais não antecipados e catastróficos decorrentes do SRM, os quais podem levar alguns governos a optar pela descontinuação imediata; bem como ataques militares ou terroristas contra a infraestrutura física, denominada na literatura como “contra-geoengenharia” (*counter-geoengineering*), essencial para manter a operação contínua de um esquema de SRM (Heyen, Horton, Moreno-Cruz, 2019; SAPEA, 2024, p. 145). A implementação prolongada e intensa da SRM introduz dessa forma o risco de um *termination shock*.

No debate sobre a geoengenharia, a discussão não se restringe apenas aos argumentos que defendem sua eventual implementação. Para além dessa perspectiva, existem posições que enfatizam a importância de conduzir pesquisas e avaliações da geoengenharia. Um exemplo é o argumento de “pesquisar primeiro” a geoengenharia, adiando a consideração de questões de implementação. O argumento baseia-se na ideia de que, ao investigar essas tecnologias, os pesquisadores e formuladores de políticas podem descartar propostas inadequadas e estimular propostas adequadas relacionadas à geoengenharia, ou seja, quanto mais pesquisas forem realizadas, maior tende a ser o conhecimento científico sobre a geoengenharia, assim como a capacidade de identificar propostas inadequadas. No entanto, a questão a ser colocada para esse argumento é que não é evidente que qualquer projeto de pesquisa deva ser incentivado unicamente pelo conhecimento que proporciona. Em um mundo em que recursos e tempo são limitados para o investimento em qualquer tipo de conhecimento, é necessária inteligência no financiamento de pesquisas no âmbito climático a fim de evitar desperdícios. O incentivo às pesquisas de geoengenharia poderia ser redirecionado a medidas adaptativas ou mitigatórias. Dada a limitação de tempo e recursos, seria necessário definir quais tipos de pesquisa devem receber atenção ou financiamento no âmbito do combate às mudanças climáticas. (Gardiner, 2011, pp. 350–351).

As pesquisas de SRM, atualmente, são divididas entre pesquisas internas e pesquisas externas (ao ar livre). A pesquisa de SRM interna (ou seja, baseada em laboratório ou teoria) desfruta de relativa proteção jurídica em níveis internacionais. Existem meios limitados de restringir pesquisas internas. No caso da pesquisa ao ar livre, diferentes conjuntos de considerações se aplicam devido aos potenciais impactos ambientais, como, por exemplo, uso de balões meteorológicos que podem liberar partículas refletoras de enxofre na estratosfera (MIT Technology Review, 2022). Um dos principais argumentos que se opõem à possibilidade de testes externos é o “argumento da ladeira escorregadia” (*slippery slope argument*). Esse argumento, no contexto do debate sobre a geoengenharia, baseia-se na ideia de que o investimento de tempo e dinheiro em SRM, bem como em testes externos considerados bem-sucedidos, poderia conduzir à eventual implementação. A metáfora do argumento sugere que a pesquisa está no topo de uma ladeira escorregadia, na qual mais pesquisas bem-sucedidas e testes constituiriam o impulso que levaria à implementação em grande escala de uma tecnologia moralmente questionável (Callies, 2019, p. 32).

Daniel Callies afirma que o “argumento da ladeira escorregadia” é insuficiente como argumento para justificar a interrupção da pesquisa em geoengenharia por, pelo menos, duas razões. A primeira é a ausência de evidências empíricas de que a pesquisa sobre determinada tecnologia conduza necessariamente ao seu desenvolvimento e implementação. Callies utiliza o exemplo da indústria farmacêutica, na qual há dados que contradizem a afirmação de que a pesquisa sobre uma nova tecnologia (ou entidade química) conduza inevitavelmente ao seu desenvolvimento. A rejeição do desenvolvimento de uma nova tecnologia, ou medicamento, na área farmacêutica ocorre devido à ausência de aprovação por parte das agências reguladoras (Callies, 2019, p. 36). Uma objeção que pode ser colocada a esse argumento de Callies é: qual agência reguladora seria responsável por fiscalizar as pesquisas de geoengenharia? Essa é uma questão que será aprofundada no terceiro capítulo.

A segunda razão é a diferença entre o desenvolvimento de uma tecnologia e sua implementação. Callies utiliza o exemplo das tecnologias de energia nuclear e de clonagem. Apesar da humanidade possuir abundante conhecimento científico e recursos materiais para desenvolver tecnologias nessas duas áreas, tais conhecimentos e recursos não garantem necessariamente a viabilização de sua implementação (Callies, 2019, pp. 36-37). Callies defende que, apesar da implementação da SRM poder vir a acarretar efeitos negativos como afetar climas e plantações regionais, as pesquisas são o meio para conhecer melhor esses possíveis impactos da geoengenharia (Callies, 2019, p. 40). Segundo Callies, o que o “argumento da ladeira escorregadia” indica é a necessidade de regulamentar a pesquisa e

qualquer possível implementação futura da geoengenharia (Callies, 2019, p. 45). Uma questão ainda em aberto é se tanto as pesquisas internas quanto as externas, produzem o efeito da “ladeira escorregadia” da mesma forma, ou se esse problema está mais propenso a ser associado à pesquisa externa (SAPEA, 2024, pp. 133–134).

Na próxima seção, serão examinados de forma mais específica dois argumentos frequentemente utilizados em defesa da pesquisa em geoengenharia. O primeiro deles é a chamada “proposta central”, entendida como a articulação de dois argumentos complementares: o argumento de “armar o futuro”, segundo o qual a geração presente teria a responsabilidade de incluir a geoengenharia no leque de opções disponíveis para as gerações futuras, e o argumento do “mal menor”, que sustenta que uma possível implementação da geoengenharia seria melhor do que lidar com as consequências negativas das mudanças climáticas. O segundo argumento a ser analisado refere-se ao dever moral de investigar a geoengenharia considerando as populações mais pobres e vulneráveis, que tendem a ser desproporcionalmente afetadas pelos impactos das mudanças climáticas.

2.4 Argumentos a favor da pesquisa de goengenharia e suas objeções

Os dois argumentos a favor da pesquisa em geoengenharia destacados no debate são a “proposta central” e o argumento do dever moral em relação aos pobres. Gardiner denominou de “Proposta Central” a junção dos argumentos do “mal menor” e do “armar o futuro” (Gardiner, 2010; Gardiner *et al.*, 2020, cap. 16; Gardiner, 2011, cap. 10). Os argumentos baseiam-se na ideia de que há uma falha por parte dos líderes globais em implementar medidas mitigatórias severas. Com essa falha contínua, as gerações futuras podem acabar enfrentando um dilema entre duas alternativas consideradas ruins: permitir que impactos catastróficos ocorram ou implementar a geoengenharia. Gardiner denominou tal possível cenário como “cenário pesadelo” (nightmare scenario). O argumento do “mal menor” defende que seria menos ruim implementar a geoengenharia do que permitir uma mudança climática catastrófica. Sendo assim, se as gerações futuras vierem a acabar enfrentando essa escolha, dever-se-ia optar pela geoengenharia. Já o argumento de “armar o futuro” defende que a geoengenharia deve ser pesquisada agora para servir de opção para as gerações futuras em um possível “cenário pesadelo”. A combinação desses dois argumentos compõe a “proposta central”.

A objeção a essa proposta, segundo Gardiner, começa com a afirmação de que esses argumentos obscurecem boa parte do que está em jogo na ética da geoengenharia, incluindo o

que significa chamar algo de “mal”, assim como o que implica praticar o mal e as demais implicações morais associadas a essa prática. Seguindo essa linha de raciocínio, a geração atual está vulnerável à corrupção moral, ou seja, o que implica a tendência de subverter o discurso moral para perseguir os próprios objetivos. Caso os líderes globais atuais adotassem um discurso baseado nesses argumentos para defender a pesquisa e o desenvolvimento da geoengenharia, poderiam incorrer em um tipo de corrupção moral. Esse enquadramento ocorreria na medida em que moldariam o discurso em favor da oferta às gerações futuras de uma alternativa destinada a evitar o “cenário pesadelo”, sem, contudo, mitigar de modo efetivo ou promover com o devido empenho a transição energética necessária para evitar a materialização do “cenário pesadelo”. A responsabilidade por uma mitigação e adaptação robustas ficaria a cargo das futuras gerações (Gardiner, 2010, pp. 1–6).

É moralmente problemático estipular uma política que seja considerada um mal, como a geoengenharia, somente porque, em alguns cenários do tipo “pesadelo”, seria um mal menor do que a alternativa que permitiria mudanças climáticas catastróficas. O argumento de “armar o futuro” formula-se como se a decisão de realizar pesquisas não tivesse influência na probabilidade do surgimento do “cenário pesadelo”. No entanto, é possível que a pesquisa em geoengenharia incentive a inércia política em relação à mitigação e favoreça tanto o surgimento do “cenário pesadelo” quanto a implementação da tecnologia. Portanto, a justificativa de políticas preparatórias baseadas em pesquisas de geoengenharia para evitar futuras decisões em um “cenário pesadelo” falha em demonstrar sua relevância para a política atual e pode ela mesma levar ao cenário pesadelo (Gardiner, 2010, p. 8).

Ainda assim, pode-se argumentar que a decisão a ser tomada atualmente é sobre se, e como, a geração atual pode ajudar as gerações futuras a se prepararem para tal cenário de emergência. Talvez outras respostas além da geoengenharia sejam possíveis. Uma dessas respostas pode ser prevenir a emergência por meios indiretos, como investindo em um maciço projeto que produza energia alternativa muito barata para as próximas gerações, pois a melhor maneira de se preparar para uma emergência consiste em procurar impedir, tanto quanto possível, que ela aconteça (Gardiner, 2010, p. 9). Gardiner coloca outros exemplos de alternativas para a decisão em um “cenário pesadelo”, como o estabelecimento de uma reserva estratégica de painéis solares ou a implementação de um robusto programa internacional de assistência climática a refugiados, as quais não são, necessariamente, escolhas entre dois males (Gardiner, 2010, p. 9).

O que pode ser considerado a falha moral central do argumento de “armar o futuro” é transferir o fardo do “cenário pesadelo” e das políticas mitigatórias rigorosas para as futuras

gerações. O argumento de “armar o futuro” tende a obscurecer o fato de que não será a geração atual que possivelmente enfrentará o “cenário pesadelo”, mas as futuras gerações. Ao afirmar que “nós” seríamos forçados a escolher, há um sentido temporalmente ampliado de “nós”, um sentido que se refere à humanidade em geral. Dessa forma, o argumento pode esconder a agência moral da geração atual, pois pode ocultar a falha na busca por políticas climáticas mais adequadas (Gardiner, 2010, p. 9).

O segundo argumento em favor da pesquisa em geoengenharia é construído a partir da ideia de obrigação moral em relação aos países em desenvolvimento e às populações mais pobres em escala global (Horton, J, & Keith, D., 2016). Joshua Horton e David Keith argumentam que a geoengenharia seria uma das maneiras mais rápidas de aliviar os impactos das mudanças climáticas para os mais pobres no curto prazo. Medidas drásticas de mitigação, isoladamente e no curto prazo, não seriam suficientes para aliviar os riscos das mudanças climáticas para os mais pobres, além de serem significativamente mais custosas em relação aos benefícios que proporcionam, especialmente quando se considera a proporção de custos que recairia sobre os mais pobres. Horton e Keith afirmam que a geoengenharia seria um tipo de adaptação, mas com efeitos diferentes, como alcance global, mesmo com implementada localmente, além de a SRM apresentar custos inferiores aos de outras medidas adaptativas. A SRM provavelmente produziria benefícios em curto prazo, cujos principais beneficiados seriam os mais pobres, enquanto o custo da mitigação beneficiaria todos apenas no futuro (Horton, J, & Keith, D., 2016, pp. 82–83). Horton e Keith concluem seu argumento defendendo a obrigação moral de pesquisar essas tecnologias para beneficiar, em curto prazo, os países em desenvolvimento.

A adaptação e a geoengenharia solar são capazes de beneficiar os pobres de hoje de maneiras que a mitigação não pode e que os benefícios da SRM em comparação à adaptação são mais baratos, mais globais em escala e efeito, e mais dependentes da suposição realista de comportamento egoísta, concluímos que existe uma obrigação moral *prima facie* de investigar o potencial da SRM para ajudar o mundo em desenvolvimento (Horton, J, & Keith, D., 2016, p. 84).

Marion Hourdequin critica os argumentos defendidos por Horton e Keith com base em conceitos de justiça distributiva (Hourdequin, 2018). A principal crítica da autora é a negligência que Horton e Keith demonstram no que se refere à governança das pesquisas de SRM. Horton e Keith, em seu artigo, sugerem implicitamente que a decisão de prosseguir com a pesquisa deve ocorrer primeiro, seguida das decisões acerca de sua governança. Segundo Hourdequin, no entanto, a governança precisa começar já nas primeiras etapas da pesquisa em

geoengenharia. Hourdequin defende um conceito de justiça multidimensional, que incorpora justiça procedimental, participatória e de reconhecimento. A autora chama essa noção de “modelo trivalente de justiça”. O modelo trivalente não apenas incorpora os três elementos de justiça, mas cada um desses elementos apoia reciprocamente os demais. A justiça distributiva apoia a justiça participativa e a de reconhecimento, fornecendo recursos adequados que possibilitam a plena participação e o engajamento dos participantes em condições de igualdade (Hourdequin, 2018, p. 273). A justiça distributiva, enquanto conceito mais abrangente, deveria levar em consideração essas outras dimensões de justiça. Os argumentos baseados na justiça distributiva devem ser oferecidos como fundamento para um debate mais amplo e inclusivo sobre se, e como, a pesquisa e o desenvolvimento da SRM devem ocorrer, incorporando as perspectivas de todos os potencialmente afetados pela SRM.

Três preocupações principais estão no cerne da argumentação de Hourdequin, a saber: o paternalismo, o paroquialismo e o imperialismo da expertise. O paternalismo, baseado na conceitualização originalmente proposta por Gerald Dworkin, ocorre quando uma pessoa ou uma instituição interfere paternalisticamente na autonomia de outra com o objetivo de melhorar o bem-estar ou promover os interesses desta, sem seu consentimento (Dworkin, 2017; Hourdequin, 2018, p. 276). Hourdequin argumenta que esse paternalismo se manifestaria, no artigo de Horton e Keith, na medida em que se sustenta o argumento de que os países mais ricos teriam a obrigação moral de pesquisar a SRM para beneficiar os mais vulneráveis. Esse argumento é caracterizado como paternalista porque não depende do consentimento daqueles a quem se pretende beneficiar. Horton e Keith não mencionam quaisquer dados ou processos de consulta que apoiem a ideia de que os “pobres globais” partilham a opinião de que a pesquisa sobre a SRM é a melhor forma de promover seus interesses em relação às mudanças climáticas (Hourdequin, 2018, p. 277). Ainda que a pesquisa sobre a SRM fosse a melhor forma de promover os interesses dos “pobres globais”, isso não implica que prosseguir com essa pesquisa sem o seu consentimento ou participação seria justo (Hourdequin, 2018, p. 277). Um exemplo empírico de que países em desenvolvimento podem rejeitar as pesquisas de SRM foi a decisão do México de proibir todos os testes ao ar livre relacionados à SRM e o pedido da Conferência Ministerial Africana sobre o Meio Ambiente para o estabelecimento de um mecanismo de governança global para a não utilização da SRM (SAPEA, 2024, p. 92). Mesmo que as medidas adotadas por esses países sejam opostas à implementação de SRM, e não à pesquisa, a decisão de não implementar a tecnologia mostra um grau de preocupação com a governança multilateral de tal tecnologia.

O paroquialismo é caracterizado por formas de pensamento que limitam a reflexão ou a argumentação, as quais refletem apenas concepções particulares do mundo de uma determinada cultura ou região, ou seja, pela ausência de reflexividade em relação àqueles que sustentam concepções distintas. Hourdequin identifica no texto de Horton e Keith o paroquialismo em dois aspectos particulares. O primeiro é relativo à adoção de uma visão consequencialista segundo o qual os riscos e benefícios podem ser negociados entre si. Horton e Keith preferem a SRM em relação às outras opções porque ela seria a maneira mais econômica de reduzir o risco climático no futuro próximo quando comparada a outras tecnologias e ao processo de descarbonização da economia. No entanto, Hourdequin argumenta que essa é uma questão culturalmente paroquial, pois privilegia certas pressuposições dominantes do pensamento ocidental, em especial a ênfase na redução do custo econômico (Hourdequin, 2018, p. 279). O segundo aspecto consiste em como Horton e Keith concebem o que pode ser consertado ou mudado. Os custos de adaptação e mitigação em curto prazo recaem desproporcionalmente sobre os mais pobres. Com isso, os atores locais que perseguirem interesses próprios no uso da SRM podem, se a intervenção for feita de modo adequado, beneficiar o resto do mundo. Hourdequin argumenta que os custos da adaptação e da mitigação não precisam necessariamente recair sobre os mais pobres. Nações ricas, se realmente se importassem com o bem-estar dos “pobres globais”, poderiam transferir recursos a esses países ou arcar com maiores encargos no esforço de mitigação. No entanto, Horton e Keith presumem que essas possibilidades não são viáveis e entendem que a SRM seria a melhor opção (Hourdequin, 2018, p. 279).

Sobre o imperialismo da expertise, Hourdequin se baseia na conceituação de Allen Buchanan. Buchanan descreve o imperialismo da expertise como “a tendência dos especialistas a apelarem para sua expertise genuína em uma área para justificar seu exercício de controle em áreas para as quais sua expertise é, na realidade, irrelevante” (Buchanan, 2002, p. 133; Hourdequin, 2018, pp. 280–281). Horton e Keith apresentam seu argumento como conclusivo, insistindo que aqueles que discordam e se opõem à pesquisa sobre SRM estão “efetivamente condenando os países em desenvolvimento a sofrer as consequências de atividades das quais eles não foram os principais beneficiários” (Horton, J, & Keith, D., 2016, p. 80; Hourdequin, 2018, p. 280).

Hourdequin não considera razoável ou justo acusar Horton e Keith de praticar um imperialismo da expertise em seu artigo, mas identifica uma tendência nos autores a fundamentar seus argumentos a favor da pesquisa em SRM e a criticar opositores, enfatizando a priorização dos interesses e necessidades dos menos favorecidos, o que se aproxima de uma

forma de imperialismo da expertise. Segundo Hourdequin, a estrutura do argumento deles é confrontativa e parece se concentrar mais em afastar os opositores da pesquisa sobre SRM do que em engajar-se seriamente com suas preocupações (Hourdequin, 2018, pp. 280–281). Hourdequin conclui afirmando que uma abordagem multidimensional do conceito de justiça, baseada no reconhecimento e na paridade participativa, pode atenuar os problemas do paternalismo, do paroquialismo e do imperialismo da expertise. A justiça multidimensional aplicada à SRM requer não apenas instituições e estruturas de governança específicas, mas também certas práticas e hábitos de pensamento entre aqueles envolvidos na pesquisa, no desenvolvimento e na governança da geoengenharia (Hourdequin, 2018, pp. 282–283).

As perspectivas de uma futura implementação de geoengenharia são reais. Princípios de governança sobre sua pesquisa, desenvolvimento e possível implementação têm sido sugeridos e debatidos. Podemos considerar que as questões éticas envolvendo justiça (em suas diversas dimensões, como, por exemplo, distributiva, participatória, de reconhecimento e intergeracional) e governança estão entre os principais temas do debate ético sobre a geoengenharia. Um dos indicativos de que a geoengenharia pode ampliar sua presença no debate da justiça climática são as declarações de grandes líderes mundiais que indicam a contínua exploração de petróleo até, pelo menos, que se encontre uma alternativa de matriz energética sustentável. Alguns exemplos ilustram essa intenção de continuidade de exploração. Jean Paul Prates, por exemplo, ex-diretor da Petrobrás, afirmou em 2024 que a empresa que representava pretendia explorar até “a última gota de petróleo, assim como a Arábia Saudita ou os Emirados farão o mesmo.” (Max Bearak, 2024). O presidente do Brasil, Luiz Inácio Lula da Silva, afirmou que quer explorar mais poços de petróleo (Jeniffer Gularte, 2023). Já o presidente dos Estados Unidos, país historicamente responsável por uma das maiores parcelas das emissões globais, Donald Trump, no início de seu segundo mandato, anunciou que incentivaria a exploração de petróleo em solo norte-americano (Agência de Notícias Francesa, 2024).

O IPCC indica que, embora algumas técnicas de SRM possam ser teoricamente eficazes na redução de certos riscos climáticos, os riscos e benefícios que elas representam são mal compreendidos, e as regras, procedimentos e instituições associados à sua governança são frágeis ou inexistentes. O IPCC também observa graves incertezas associadas à SRM não abordada em seu resumo para os formuladores de políticas (IPCC, 2023c, p. 72; SAPEA, 2024, p. 27). Levando em consideração os argumentos a favor da implementação e da pesquisa da geoengenharia e suas devidas objeções, a discussão caminha para problemas mais amplos de governança e justiça, especialmente no que diz respeito à definição de quem deve decidir, em que condições e com base em quais princípios. O terceiro capítulo desta dissertação será

dedicado, portanto, à análise dessas questões, examinando os desafios institucionais e normativos associados à governança da pesquisa, do desenvolvimento e de uma eventual implementação da geoengenharia, considerando diferentes orientações de governança já discutidas no debate sobre justiça climática.

3. OS DESAFIOS POLÍTICOS E DE JUSTIÇA DA GEOENGENHARIA

A intenção deste capítulo é apresentar e analisar propostas de orientações para a governança da pesquisa e de uma eventual implementação da geoengenharia. Os princípios e propostas aqui analisados levam em consideração questões éticas que a geoengenharia suscita e indicam possíveis caminhos a serem seguidos. É importante destacar que as expressões “geoengenharia”, “SRM” e “SAI” e “SSI” designam, no presente capítulo, a mesma técnica, que a técnica de injeção de partículas refletoras na estratosfera. Como estabelecido no capítulo anterior, somente as tecnologias de gerenciamento da radiação solar (SRM) se enquadram no conceito de “geoengenharia” proposto por esta dissertação e, dentre as tecnologias de SRM, as questões éticas mais relevantes são suscitadas pela injeção de aerossóis, ou aerossóis de sulfato de enxofre, na estratosfera (SAI e SSI). Portanto, “geoengenharia” refere-se a SRM que, por sua vez, designa a técnica de injeção de partículas refletoras na estratosfera, correspondendo às tecnologias SAI e SSI.

Pode-se considerar que a questão da governança de todas as etapas da geoengenharia, desde sua pesquisa, desenvolvimento, testes e uma possível implementação, é uma das áreas mais importantes no debate sobre justiça climática. No âmbito da governança da geoengenharia, a possibilidade de implementação unilateral é um dos principais problemas. O custo relativamente baixo, em comparação ao processo de descarbonização, e a viabilidade com a qual a geoengenharia poderia ser implementada, tornam a geoengenharia atraente para que algum Estado ou empresa busque uma solução rápida sem consulta em nível global acerca de sua implementação. Os economistas chamam essa possibilidade de “free-driver” ou “free-rider” (Martin; Moore, 2024; SAPEA, 2024, p. 124).

A questão de reivindicar o controle de um bem natural de proporções globais não é totalmente nova para a ética nem para a filosofia política. Hugo Grotius, jurista neerlandês do século XVII, por exemplo, percebeu a impossibilidade de qualquer Estado ou de um grupo de pessoas reivindicar o domínio sobre os mares. Grotius rejeita a suposição de que o mar, como um todo, poderia ser propriedade de alguém (Hugo Grotius, 2004). A ideia aqui, segundo Grotius, é que a vastidão dos mares é tal que todos poderiam utilizá-los, desde que um Estado não prive outros Estados do uso equivalente. A investigação filosófica de Grotius só foi possível por causa das tecnologias de transporte marítimo que surgiram na época e permitiram a expansão da navegação europeia para mercados distantes – inclusive ao Brasil. O rápido desenvolvimento tecnológico do século XX tornou possível que a questão que Grotius formulou

no século XVII sobre os mares fosse estendida à atmosfera planetária. No relatório de 2009 da Royal Society, é estabelecida essa comparação entre o mar e a atmosfera para exemplificar a dificuldade de regulamentar internacionalmente o uso comum de bens naturais (Royal Society, 2009, p. 40). É possível considerar que esse relatório foi um dos primeiros a analisar sistematicamente questões de governança e a propor orientações para formuladores de políticas públicas.

3.1 Proposta de governança feita pela Royal Society

A Royal Society, quando trata da questão da governança, analisa, em primeiro momento, o risco e as incertezas associados à geoengenharia. Considera-se que um dos grandes problemas da governança da geoengenharia é a identificação dos problemas potenciais. As incertezas quanto ao risco só podem ser resolvidas por meio de pesquisa, desenvolvimento e demonstração. Isso cria um dilema em relação ao controle das tecnologias (Royal Society, 2009, p. 37). David Collingridge, citado no relatório, percebeu que seriam necessárias medidas de proteção apropriadas nas fases iniciais do desenvolvimento de qualquer nova tecnologia, bem como no caso de tecnologias em desenvolvimento. Uma de suas principais questões é se a sociedade consegue controlar a tecnologia em desenvolvimento, ou se consegue obter os resultados esperados dessas tecnologias sem evitar as consequências indesejadas. Collingridge descreve que, geralmente, o processo de tomada de decisão, de planejamento e de desenvolvimento de uma nova tecnologia é realizado sob ignorância. Para evitar desastres no desenvolvimento e na possível implementação das tecnologias, Collingridge estipula que o monitoramento é parte essencial para descobrir rapidamente qualquer erro e corrigi-lo. Com um monitoramento rigoroso, o tempo de reação, o custo do erro e o custo de sua correção tende a ser mais rápidos e menos dispendiosos (Collingridge, 1981, pp. 23–43).

No relatório da Royal Society, defende-se que a solução não seria interromper as pesquisas, pois isso poderia comprometer o processo de acúmulo de informações necessárias para fazer julgamentos informados sobre a viabilidade ou a aceitabilidade ética da tecnologia proposta. Além disso, tal interrupção poderia dissuadir exclusivamente os agentes que desenvolveriam essas tecnologias de maneira responsável (Royal Society, 2009, p. 37). É sugerido que o “Princípio Precaução” seja apropriado para guiar o desenvolvimento dessas tecnologias, devido à sua atenção aos mecanismos de proteção contra ameaças graves. No contexto da geoengenharia, por exemplo, o Princípio Precaução defende que, quando houver

ameaças de danos graves ou irreversíveis no desenvolvimento de uma tecnologia, mesmo que não haja evidências científicas conclusivas, deve-se tomar medidas de proteção. Essas medidas de proteção podem ser observadas por meio de dois conceitos centrais: “encapsulamento” e “reversibilidade”. Chama-se de “encapsulamento” a busca por saber se o método tecnológico é modular e contido, ou se envolve material liberado em um ambiente mais amplo. A “reversibilidade” refere-se à capacidade de cessar o programa tecnológico e seus efeitos de maneira rápida e eficaz. O Princípio Precaução pode ser aplicado quando, por exemplo, os impactos da geoengenharia no meio ambiente ainda não são totalmente conhecidos, mas se acredita que possam ser potencialmente graves ou inclusive irreversíveis (Royal Society, 2009, p. 37). No entanto, as tecnologias SAI e SSI colocam sérias questões para o Princípio Precaução, porque seus possíveis testes seriam realizados em ambientes abertos, em áreas amplas, e, em caso de interrupção de uma implementação já estabelecida, há a possibilidade de que o fenômeno do *termination shock* aconteça.

Ao abordar a questão ética da governança, estipula-se que o contexto regulatório deve ser estruturado de maneira democrática, transparente, flexível e que desencoraje a ação unilateral (Royal Society, 2009, p. 39). Justiça climática, no contexto do debate sobre a geoengenharia, leva em consideração não somente orientações para o desenvolvimento da tecnologia, mas também as consequências de sua possível implementação. Segundo o relatório, embora as tecnologias SAI e SSI sejam designadas para limitar o aumento da temperatura global, os benefícios e desvantagens reais de promover tal limitação provavelmente não serão distribuídos uniformemente entre as regiões (Royal Society, 2009, pp. 40-41). Assim como demonstrado por Gardiner na “tempestade teórica”, instituições e legislações correntes podem não conseguir lidar adequadamente nem com as questões das mudanças climáticas nem com aquelas colocadas pela geoengenharia. Sugere-se no relatório que uma possibilidade seria a de que a coordenação e o controle da geoengenharia pudessem ser realizados por meio da aplicação, modificação e extensão de tratados e instituições existentes que governam a atmosfera, o espaço e os territórios nacionais, em vez da criação de novas instituições internacionais específicas (Royal Society, 2009, pp. 40-41). Apesar de existirem algumas tentativas iniciais de fornecer estruturas para a governança da pesquisa em SRM (SAPEA, 2024, p. 134), não há, até o momento, iniciativas concretas de adaptar instituições, legislações ou tratados para incluir a geoengenharia. No que diz respeito somente à pesquisa e ao desenvolvimento, o relatório deixa claro que a questão do controle sobre a pesquisa e eventuais testes de geoengenharia precisa ser resolvida.

Há uma necessidade clara de governança da pesquisa que envolva testes em larga escala de algumas técnicas de geoengenharia, especialmente o SRM e métodos de intervenção em ecossistemas, que poderiam ter efeitos indesejáveis significativos e que talvez não possam ser facilmente confinados a uma área específica (Royal Society, 2009, p. 41)

O relatório conclui que a geoengenharia, como outras áreas emergentes tecnológicas, requer estruturas flexíveis de governança e regulamentação. Muitas das perguntas e incertezas sobre a geoengenharia vão além do campo das avaliações regulatórias ou de gerenciamento de riscos, abrangendo questões mais amplas sobre direção, economia, propriedade e controle (Royal Society, 2009, p. 45). Portanto, a geoengenharia deverá ser pesquisada de forma transparente, responsável e em âmbito internacional, ao mesmo tempo em que tal pesquisa dependerá tanto de questões sociais, políticas e legais quanto de fatores científicos e técnicos (Royal Society., 2011, p. 11).

A Royal Society, em 2011, elaborou um relatório exclusivamente sobre a governança das tecnologias SRM. No relatório, são aprofundados tópicos apresentados no relatório de 2009, tais como a ameaça de implementação unilateral e as incertezas sobre a geoengenharia. São apresentadas duas maneiras de governança: governança “fraca” e governança “forte”. A governança “forte” refere-se a uma autoridade que possui poder para proibir ou controlar determinadas atividades. A governança “fraca” refere-se a conceder ou negar permissão para pesquisa, incluindo a alocação de financiamento, normas sobre transparência e plágio, além de requisitos para a divulgação de atividades e resultados (Royal Society, 2011, p. 29). No relatório, propõe-se uma análise dos benefícios e das desvantagens da adoção de quatro distintas opções de governança para SRM, a saber: (1) “governança por políticas nacionais”, (2) “governança por códigos de conduta não governamentais”, (3) “governança por instituições ambientais internacionais existentes” e (4) “governança por uma nova instituição internacional” (Royal Society, 2011, pp. 36-37). Um modelo de “governança por políticas nacionais” poderia proteger a soberania das nações na tomada de suas próprias decisões, o que poderia reduzir algumas tensões; além disso, após uma deliberação nacional, poderia servir como alicerce para negociações internacionais, de modo que as principais divergências de opinião já estivessem explicitadas, potencialmente acelerando as deliberações. No entanto, mesmo que esse tipo de governança pudesse criar consenso nacional, ele poderia gerar tensões internacionais, especialmente se algumas nações avançassem agressivamente no desenvolvimento da geoengenharia e, com isso, criassem obstáculos para incluir outros países menos desenvolvidos ou para posteriormente renunciar a tais vantagens.

A “governança por códigos de conduta não governamentais” pode ser considerada mais flexível pela falta de burocracia em comparação ao processo estatal, podendo potencializar a inclusão de uma maior diversidade de partes interessadas. Porém, na ausência de envolvimento de autoridades legais, pode não ter poder de execução ou, se houver sucesso na governança não governamental, isso pode gerar a percepção de que um grupo relativamente restrito exerce influência injusta sobre a questão, o que pode gerar resistência.

O terceiro modo de governança analisado, a “governança por instituições ambientais internacionais existentes”, poderia ter maior rapidez e flexibilidade no exercício da governança do que a construção de uma nova instituição com o mesmo status internacional. No entanto, essas instituições podem não ser flexíveis o suficiente para lidar com novos problemas colocados pela geoengenharia e, como não é claro qual ou quais instituições existentes desejariam assumir ou deveriam assumir a governança, a estrutura da tomada de decisão poderia tornar-se um sistema opaco e difícil de gerenciar.

Por fim, o último modelo de governança, a “governança por uma nova instituição internacional”, poderia preencher lacunas regulatórias que outras instituições não conseguem suprir e integrar a flexibilidade necessária que instituições já existentes provavelmente não teriam, por estar tal instituição estruturada para lidar com as questões suscitadas pela geoengenharia. No entanto, o tempo necessário para a criação e a efetiva implementação de uma nova instituição pode ser maior do que o tempo necessário à implementação quando comparado às outras três opções de governança. Além disso, o possível longo tempo de legitimação política e institucional dessa instituição poderia reduzir a pressão para criar segurança regulatória imediata, resultando em falta de confiança entre as Partes quanto à consistência e relevância da instituição (Royal Society, 2011 pp. 36-37).

O relatório conclui que a governança da geoengenharia constitui um desafio substancial, uma vez que a tecnologia é relativamente pouco compreendida e possui o potencial de ser tanto altamente benéfica quanto muito perigosa. Pesquisas adequadas facilitarão a avaliação da viabilidade, dos riscos e dos impactos associados à geoengenharia e reduzirão as incertezas. No entanto, informações adicionais sobre a geoengenharia podem aumentar ou diminuir a probabilidade de sua utilização (dependendo dos resultados obtidos). O valor de informações adicionais é, portanto, considerado positivo em relação à avaliação, mas incerto no que diz respeito à probabilidade de sua implementação. Para os formuladores do relatório, há um alto nível de apoio para a criação de um registro internacional de pesquisas e experimentos de SRM, destinado a facilitar o compartilhamento de informações, pois os próprios programas de pesquisa alteram o ambiente sociopolítico no qual pesquisas mais arriscadas seriam realizadas

posteriormente; por isso, é necessário um monitoramento amplo do desenvolvimento da geoengenharia. Nenhuma tecnologia futura deve ser implementada sem uma caracterização completa de seus potenciais impactos ambientais e sociais e sem que sejam estabelecidos os arranjos apropriados para sua governança eficaz e justa (Royal Society, 2011, pp. 54–56).

3.2 Princípios de Oxford

Os cinco princípios de Oxford foram algumas das primeiras diretrizes de destaque sobre a governança dessas tecnologias (Rayner, Steve et al., 2009). Em uma versão atualizada, os autores destacam que os princípios são fundamentados em uma concepção multidisciplinar das questões suscitadas pela geoengenharia (Rayner, Steve et al., 2013, p. 500). O pano de fundo da discussão é a ambiguidade ainda presente quanto aos incentivos à pesquisa dessas tecnologias. Alguns pesquisadores, incentivados pela visão de Crutzen, acreditavam que a geoengenharia poderia ser um “plano B”, que “ganharia tempo” para a implementação de medidas mais rigorosas de mitigação e que ainda teria um potencial comercial. Porém outros, como Gardiner e Fleming, chamavam a atenção para a arrogância humana com relação à natureza e para a possibilidade de um risco moral (Rayner, Steve et al., 2013, p. 501). Os princípios podem ser reformados ou substituídos, pois são princípios gerais e não fazem recomendações concretas (Rayner, Steve et al., 2013, p. 504). O primeiro princípio diz:

Princípio 1: A geoengenharia deve ser regulamentada como um bem público. Embora a participação do setor privado na implementação de uma técnica de geoengenharia não deva ser proibida, e possa de fato ser incentivada para garantir que a implementação de uma técnica adequada seja realizada de maneira oportuna e eficiente, a regulamentação de tais técnicas deve ser realizada no interesse público pelos órgãos competentes nos níveis estadual e/ou internacional (Rayner, Steve et al., 2013, p. 502).

No primeiro princípio, estipula-se que a geoengenharia deveria ser compreendida como um bem público intergeracional, pois a humanidade como um todo teria um interesse comum em um clima estável e, portanto, nos meios pelos quais isso deve ser alcançado. Pode ser que a atuação do setor privado e a criação de patentes (de direitos de propriedade intelectual) possam promover, ou exacerbar, injustiças. Recomenda-se a criação de um mecanismo legal para que o controle da geoengenharia não pertença exclusivamente ao setor privado e, em alguns casos, a recuse da concessão de patentes (Rayner, Steve et al., 2013, p. 505).

Princípio 2: Participação pública na tomada de decisões sobre geoengenharia.

Sempre que possível, aqueles que conduzem pesquisas em geoengenharia devem ser obrigados a notificar, consultar e, idealmente, obter o consentimento prévio informado das pessoas afetadas pelas atividades de pesquisa. A identidade das partes afetadas dependerá da técnica específica que está sendo pesquisada — por exemplo, uma técnica que captura dióxido de carbono do ar e o sequestra geologicamente dentro do território de um único estado provavelmente exigirá consulta e acordo apenas em nível nacional ou local, enquanto uma técnica que envolve alterar o albedo do planeta injetando aerossóis na estratosfera provavelmente exigirá acordo global (Rayner, Steve et al., 2013, pp. 503–504).

O segundo princípio sugere uma preocupação primária com a legitimidade por meio da participação pública. Pode-se considerar que o texto faz referência ao “Princípio de Todos Afetados”, segundo o qual todos aqueles afetados por uma decisão devem ter voz na elaboração ou na tomada dessa decisão. A implementação deste princípio requer especificar de que maneira os agentes ou indivíduos devem ser afetados para ter voz na decisão. Se o Princípio de Todos Afetados levar em consideração como a geoengenharia afetaria as crenças culturais ou morais, em vez de se deter nos efeitos materiais, isso poderia tornar o processo de tomada de decisão menos gerenciável. Os autores do Princípio não especificam exatamente quais medidas deveriam ser tomadas para assegurar a participação pública, mas o foco está em ressaltar a necessidade de desenvolver as pesquisas sobre a geoengenharia em conjunto com essa participação (Rayner, Steve et al., 2013, pp. 505–506).

Princípio 3: Divulgação da pesquisa em geoengenharia e publicação aberta dos resultados.

Deve haver divulgação completa dos planos de pesquisa e publicação aberta dos resultados a fim de facilitar uma melhor compreensão dos riscos e tranquilizar o público quanto à integridade do processo. É essencial que os resultados de todas as pesquisas, incluindo os negativos, sejam disponibilizados publicamente (Rayner, Steve et al., 2013, p. 504).

O terceiro princípio de Oxford se refere à divulgação pública da pesquisa de geoengenharia e de seus resultados. Esse princípio requer uma rápida e abrangente divulgação dos planos e resultados. A divulgação deveria se direcionar inclusive àqueles que não têm influência direta sobre o processo, pois, segundo os autores dos princípios, estar informado sobre as decisões é um reconhecimento de seu status moral. Apesar de existir a possibilidade de que agentes utilizem a informação para desenvolver tecnologias para seus próprios fins, não deveria haver exceções em nome da segurança nacional. Como pesquisas em geoengenharia ainda estão em estágio inicial, parece prematuro concluir que preocupações com o uso indevido

das informações divulgadas deveriam se sobrepôr ao compromisso com a transparência e a divulgação completa (Rayner, Steve et al., 2013, p. 506).

Princípio 4: Avaliação independente dos impactos.

A avaliação dos impactos da pesquisa em geoengenharia deve ser realizada por um órgão independente daqueles que realizam a pesquisa; quando as técnicas provavelmente tiverem impacto transfronteiriço, essa avaliação deve ser conduzida por meio dos órgãos regionais e/ou internacionais apropriados. As avaliações devem abordar tanto os impactos ambientais quanto os socioeconômicos da pesquisa, incluindo a mitigação dos riscos de dependência de tecnologias específicas ou interesses consolidados (Rayner, Steve et al., 2013, p. 504).

O quarto princípio se refere à avaliação independente dos impactos com o objetivo de assegurar que a avaliação seja imparcial e sem preconceitos. Essas avaliações independentes poderiam ser feitas por organizações e financiadores de pesquisa, governos regionais e nacionais, ou por meio de organismos internacionais. As avaliações podem abordar tanto os impactos ambientais quanto os impactos socioeconômicos da pesquisa, incluindo a análise e a redução dos riscos de dependência de tecnologias específicas (Rayner, Steve et al., 2013, p. 507).

Princípio 5: Governança antes da implementação.

Quaisquer decisões com relação à implementação devem ser tomadas apenas com estruturas de governança sólidas já estabelecidas, utilizando regras e instituições existentes sempre que possível (Rayner, Steve et al., 2013, p. 504).

O quinto princípio defende a governança antes da implementação. Pode-se considerar que esse princípio aborda a transição da pesquisa em geoengenharia para a implementação, pois, mesmo antes da implementação da SRM, um experimento poderia determinar a eficácia de algumas técnicas em escala e duração possivelmente equivalentes às de uma implementação. Portanto, o quinto princípio destaca a necessidade de que uma estrutura de governança abrangente esteja presente antes que qualquer decisão de implementação seja tomada (Rayner, Steve et al., 2013, pp. 507–508).

Embora os Princípios de Oxford forneçam uma orientação sistemática para a governança da pesquisa em geoengenharia, são criticados por sua abrangência excessiva. Essa amplitude pode dificultar sua aplicação prática, gerando ambiguidades sobre prioridades e responsabilidades. Na próxima seção, serão apresentadas algumas críticas formuladas por Gardiner e Fragnière. Ademais, com base nas críticas formuladas aos Princípios de Oxford,

Gardiner e Fragnière contribuíram para o debate ao propor outros princípios, denominados Princípios Tollgate.

3.3 Princípios Tollgate

Stephen Gardiner e Augustin Fragnière propuseram uma crítica aos Princípios de Oxford e formularam um conjunto alternativo de princípios, denominados Princípios de Tollgate, com base nessa crítica (Gardiner; Fragnière, 2018). A crítica baseia-se na concepção de que os princípios de Oxford não conseguem estabelecer bases suficientes para o debate ético mais substantivo, pois permanecem, em grande parte, de caráter instrumental e limitados por considerações procedimentais.

A crítica ao primeiro princípio recai sobre o conceito de “bem público”. Segundo os autores, “bem público” é um termo ambíguo, pois possui usos informais e coloquiais, mas também uma série de significados técnicos intimamente relacionados à economia, às relações internacionais e à política. O foco da crítica está na importância ética das diversas formas de conceber o bem público. Um bem público, ou um “bem público global”, geralmente é concebido como “não rival” e “não excludente”. Um bem público não rival significa que o uso do bem por uma pessoa não impede que outras o utilizem ao mesmo tempo em que ela o utiliza. A característica de não excludente significa que outras pessoas não podem ser impedidas de utilizar o bem público por outras pessoas. Um exemplo padrão é a construção de um farol. O farol é não rival, porque o fato de um marinheiro conseguir ver as rochas não limita ou impede que outros façam o mesmo, e o mesmo ocorre para outros marinheiros. Além disso, é não excludente, porque, uma vez que o farol está iluminando as rochas para alguns marinheiros, outros não podem ser impedidos de vê-las também (Gardiner; Fragnière, 2018, p. 146).

A ideia de que a geoengenharia é um bem público global é motivada pelo pensamento de que as questões éticas devem ser centrais na governança (Gardiner; Fragnière, 2018, p. 148). No entanto, os autores chamam a atenção para uma concepção excessivamente otimista do conceito de bem público. É possível pensar que, se a geoengenharia constitui um bem público e este é benéfico para todos, ninguém terá bons motivos para se opor ao seu fornecimento, além de tal prática ser considerada eticamente louvável (Gardiner; Fragnière, 2018, p. 147). A ameaça de implementação unilateral em nome do bem público, por um indivíduo ou por um pequeno grupo, torna-se, assim, mais significativa. No caso do farol, o fornecimento desse bem pode ser realizado e implementado por um pequeno grupo de marinheiros motivados a garantir

sua própria segurança. Ao fornecer a luz para si mesmos, eles também a garantem para todos os marinheiros que navegam naquela área. No caso da geoengenharia, isso reforça a possibilidade de que a cooperação generalizada no fornecimento do bem público não seja estritamente necessária para que a tecnologia seja implementada (Gardiner; Fragnière, 2018, p. 148).

Gardiner e Fragnière destacam cinco preocupações em relação ao primeiro princípio de Oxford e demonstram por que a geoengenharia não pode ser considerada um bem público. A primeira delas é que bens públicos tradicionais, como o farol, proporcionam benefícios claros para todos os afetados, mas não há garantia de que, com a implementação SAI ou SSI, todos se beneficiarão. Além disso, os afetados não seriam somente os humanos vivos atualmente. Os efeitos da geoengenharia são, e são intencionalmente, intergeracionais e afetarão não somente as próximas gerações de seres humanos, mas também os atuais e futuros animais não humanos. Entender a geoengenharia como um bem público para o benefício de todos, mesmo com a devida consideração pelas gerações futuras e com a orientação de que seja regulamentada de forma a promover o bem-estar geral, parece precipitado e irrazoável (Gardiner; Fragnière, 2018, p. 149; Rayner, Steve *et al.*, 2013, p. 505).

Ainda sobre o bem público, a segunda preocupação é em relação à geoengenharia ser não rival. É admissível entender, em um primeiro momento, que a geoengenharia tem a característica de não rivalidade, pois a SAI ou SSI poderiam ter seus efeitos utilizados sem que outros sejam prejudicados ao também utilizá-los. No entanto, esse sentido de não rivalidade é parcial. A implementação da geoengenharia provavelmente enfrentará escolhas entre diferentes tipos e níveis específicos de intervenção. Isso cria uma forma de rivalidade normativamente relevante. Um exemplo hipotético é se a Rússia preferir que a SRM limite o aumento da temperatura global a 2,4°C, e Tuvalu preferir um limite de 1,5°C. Ambos não podem ser satisfeitos ao mesmo tempo. Casos como esse tipo de exemplo levantam questões centrais de justiça, legitimidade política e outros valores normativos. Ocultar isso por trás da retórica da não rivalidade, segundo Gardiner e Fragnière, é uma falha moral grave (Gardiner; Fragnière, 2018, p. 150).

A terceira preocupação é a respeito da geoengenharia ser não excludente. Para Gardiner e Fragnière, a geoengenharia mantém sua característica de ser não excludente, mas isso gera algumas questões éticas. Em uma intervenção global de SAI ou SSI, ninguém está protegido de seus efeitos; assim, sob uma concepção de bem público, sua utilização não pode ser impedida. Na ausência de regulamentação adequada, os implementadores da geoengenharia podem escolher intervenções que beneficiem de maneira desproporcional seus próprios interesses e

prejudiquem aqueles que não a implementaram. Dada a impossibilidade de se retirar do campo de atuação da geoengenharia, os não implementadores são vulneráveis às decisões dos implementadores, e isso levanta sérias questões éticas, incluindo aquelas relacionadas à justiça, dominação, direitos e responsabilidades (Gardiner; Fragnière, 2018, pp. 150–151).

A quarta preocupação é relativa à forma de entender a relevância e o alcance do bem público. Em uma concepção ética, o público relevante é global, intergeracional e ecológico, de modo que o primeiro princípio deve referir-se ao bem global, intergeracional e ecológico. Nos princípios de Oxford, aparecem considerações sobre justiça global e intergeracional; entretanto, segundo Gardiner e Fragnière, essas considerações deveriam estar explicitamente incorporadas ao próprio princípio (Gardiner; Fragnière, 2018, p. 151; Rayner, Steve *et al.*, 2013, p. 505). A quinta e última preocupação relativa ao primeiro Princípio de Oxford é a questão injustiça. Existe uma grande diferença entre enquadrar a geoengenharia como o fornecimento de um benefício universal e considerá-la como uma correção de injustiças. Para Gardiner e Fragnière, a geoengenharia é mais bem entendida como uma resposta à imposição de riscos ou danos. Esse entendimento suscita questões de responsabilidade, incluindo quem deve fazer o quê e como isso deve ser feito. A verdadeira importância do primeiro Princípio de Oxford está em sua afirmação de que a geoengenharia deve estar sujeita à supervisão pública e atuar em nome do interesse público. No entanto, o foco nos sentidos técnicos de “bem público global” e “bem público” pode ser seriamente enganoso. A partir dessas cinco preocupações, Gardiner e Fragnière sugerem que o primeiro Princípio Tollgate seja dedicado ao enquadramento.

1º Princípio Tollgate (Enquadramento): A geoengenharia deve ser administrada por ou em nome do público global, intergeracional e ecológico, considerando seus interesses e outras normas eticamente relevantes.

A geoengenharia levanta questões complexas de ética global, intergeracional e ecológica, incluindo questões de justiça, legitimidade, dominação, direitos, responsabilidades e a relação humana com a natureza. Deve ser enquadrada dessa forma e administrada por ou em nome do público global, intergeracional e ecológico, à luz das normas relevantes. Isso tem implicações para a implementação, governança e pesquisa (Gardiner; Fragnière, 2018, p. 152).

Sobre o segundo Princípio de Oxford, que aborda a participação pública, Gardiner e Fragnière apresentam cinco maneiras pelas quais este princípio pode limitar drasticamente o papel do público na tomada de decisões sobre a geoengenharia. A primeira limitação da participação pública prevista pelo princípio é que ele se aplica apenas a “testes de campo”, que têm implicações concretas para pessoas ou grupos específicos, não abrangendo a participação pública em decisões sobre pesquisa de forma mais ampla, nem em relação à implementação

(Gardiner; Fragnière, 2018, p. 152). A segunda limitação é que o princípio se aplica somente àqueles diretamente afetados pela pesquisa. É necessário um debate mais aprofundado sobre o que exatamente significa “afetado” neste contexto. No entanto, para Gardiner e Fragnière, o segundo Princípio de Oxford abrange apenas efeitos materiais diretos e duradouros (Gardiner; Fragnière, 2018, p. 153). Isso implica que aqueles que não são direta e materialmente afetados não têm qualquer voz, tanto nos testes de campo quanto na pesquisa em geoengenharia de forma mais geral. Se não houver efeito material direto sobre aqueles que estão vivos atualmente, indivíduos ou organizações teriam o direito de agir livremente sobre o planeta? E, se o consentimento disser respeito apenas à pesquisa, como identificar, antes de realizar o experimento, quem será materialmente afetado e quem não será, quem teria o direito de tomar essa decisão? (Gardiner; Fragnière, 2018, p. 153).

A terceira maneira pela qual o segundo Princípio de Oxford limita o papel do público nas decisões sobre a geoengenharia é que, ao considerar a geoengenharia uma questão global, intergeracional e ecológica, muitos dos afetados não estão disponíveis para serem notificados, consultados ou informados, nem se encontram em posição de consentir. A suposição parece ser a de que aqueles que não podem ser consultados não terão suas preocupações consideradas. Para Gardiner e Fragnière, a participação pública robusta é ilusória (Gardiner; Fragnière, 2018, pp. 153–154). A quarta limitação do segundo Princípio de Oxford se refere à definição das partes encarregadas de garantir a participação pública. Para o segundo Princípio de Oxford, os responsáveis são aqueles que conduzem as pesquisas sobre geoengenharia (Rayner, Steve *et al.*, 2013, pp. 505–506). Não está claro se os responsáveis seriam os cientistas que conduzem as pesquisas ou as instituições (ou indivíduos) que as patrocinam, nem se existem, atualmente, órgãos ou autoridades devidamente equipados e autorizados a assumir tal tarefa. Para Gardiner e Fragnière, seria necessário enfatizar a necessidade de desenvolver instituições de governança juntamente com a pesquisa, e não apenas antes da implementação (Gardiner; Fragnière, 2018, p. 154).

A quinta e última limitação se refere às noções de consentimento. Gardiner e Fragnière destacam que o consentimento prévio é apenas uma forma de garantir legitimidade política. Em circunstâncias em que não se cumprem os benefícios normativos esperados em relação às gerações futuras e à natureza não humana, o segundo Princípio de Oxford, nesse sentido, indica que o foco não deve estar no consentimento em si, mas na busca por uma concepção mais ampla de legitimidade política. Segundo Gardiner e Fragnière, o tipo de participação pública necessária envolve normas morais e políticas mais substanciais, incluindo aquelas de justiça

procedimental adequadamente concebida, de caráter global e intergeracional (Gardiner; Fragnière, 2018, p. 154–155). Propõem-se ainda dois princípios Tollgate:

2º Princípio Tollgate (Autorização): A tomada de decisões sobre geoengenharia (por exemplo, autorizar programas de pesquisa, testes em grande escala no campo, implementação) deve ser feita por órgãos que atuem em nome do público global, intergeracional e ecológico (por exemplo, representando-o), com autoridade apropriada e de acordo com normas éticas suficientemente fortes, incluindo aquelas de justiça e legitimidade política.

A geoengenharia ética seria tarefa de uma sequência de gerações (ou seus agentes) atuando em nome de um público global, intergeracional e ecológico mais amplo. Seriam necessárias instituições que fossem eticamente autorizadas a realizar e capazes de realizar tal tarefa (a) à luz de e de acordo com normas apropriadas da ética global, intergeracional e ecológica, incluindo aquelas relacionadas à legitimidade política, justiça, à relação humana com a natureza e, especialmente, as perspectivas dos grupos mais vulneráveis, ao mesmo tempo (Gardiner; Fragnière, 2018, pp. 155–156).

O segundo princípio Tollgate busca preencher lacunas encontradas no segundo princípio de Oxford no que diz respeito à legitimidade para a autorização das decisões nas etapas do desenvolvimento da geoengenharia. Propõe-se, nesse contexto, um terceiro princípio de consulta, de caráter mais específico, para complementar o princípio de autorização:

3º Princípio Tollgate (Consulta): As decisões sobre atividades de pesquisa em geoengenharia devem ser tomadas apenas após notificação e consulta adequadas das pessoas materialmente afetadas e de seus representantes apropriados, e após consideração de seus interesses e valores autodeclarados.

A consulta pode ser realizada por meio de uma variedade de procedimentos deliberativos. No entanto, deve-se dar prioridade a métodos que enfatizem informações completas e autonomia, e que estejam bem-posicionados para fornecer um retorno genuinamente representativo, que não seja superficial nem facilmente manipulado. O processo deve ser especialmente sensível ao respeito à autodeterminação e à autocompreensão dos grupos afetados, tomando cuidado particular ao obter respostas de populações historicamente marginalizadas ou oprimidas [...]. De fato, há uma forte presunção de que esses grupos devem desempenhar um papel central na deliberação, inclusive participando de funções de liderança (Gardiner; Fragnière, 2018, p. 156).

O terceiro Princípio de Oxford fala da divulgação da pesquisa e dos resultados da geoengenharia. O primeiro ponto destacado por Gardiner e Fragnière é que a divulgação completa não deve ser aplicada automaticamente em todos os contextos, uma vez pode gerar riscos adicionais. O principal argumento em favor da divulgação é que, potencialmente, a abertura poderia garantir que o tipo de geoengenharia empreendido por um agente desonesto fosse bem-informado e, assim, mais propenso a evitar as piores consequências da geoengenharia. No entanto, o problema da divulgação completa pode não ser somente o de facilitar a implementação por um agente desonesto, mas também o de gerar outras consequências políticas indesejáveis (Gardiner; Fragnière, 2018, p. 157). Um exemplo dado pelos autores no âmbito dos Princípios de Oxford discute um caso semelhante envolvendo

artigos sobre uma mutação do vírus da gripe aviária (H5N1) e aponta para as decisões do Conselho Consultivo Nacional de Ciência para a Biossegurança dos EUA, o qual decidiu a favor da publicação aberta. Os autores dos Princípios de Oxford concluem que preocupações com a segurança nem sempre se sobrepõem aos benefícios da divulgação completa (Rayner, Steve *et al.*, 2013, p. 506). No entanto, para Gardiner e Fragnière, deve-se notar que informações ocultas não são a única ameaça a um discurso público mais qualificado, e o rigor científico não constitui seu único objetivo normativo. Se a questão é como criar e facilitar um processo de pesquisa confiável, inclusivo, digno de confiança e responsável, a abertura incondicional é apenas uma resposta, ainda assim parcial (Gardiner; Fragnière, 2018, p. 157). A transparência em relação à pesquisa científica provavelmente não ajudará diretamente os pobres do mundo ou as futuras gerações a assegurar inclusão, confiança e responsabilidade, uma vez que eles não estão presentes para reivindicar seus direitos. O quarto princípio Tollgate, relativo à confiança, é uma versão expandida do terceiro princípio de Oxford:

4º Princípio Tollgate (Confiança): A política de geoengenharia deve ser organizada de forma a facilitar confiabilidade, confiança e responsabilidade entre nações, gerações e espécies.

A política de geoengenharia deve ser organizada de forma a facilitar confiabilidade, confiança e responsabilidade. Isso sugere altos níveis de transparência e divulgação na publicação de planos e resultados de pesquisa, e na tomada de decisões sobre geoengenharia de forma mais geral. Também sugere que a política de geoengenharia deve aceitar normas rigorosas de inclusão, entre nações e outros grupos demográficos, em todos os níveis, incluindo o desenho básico de políticas e instituições. Além disso, se qualquer material for protegido, ele deve estar sujeito a um processo de revisão envolvendo as partes interessadas ou seus representantes para maximizar a confiança. Deve-se dar atenção especial às preocupações daqueles grupos afetados pelas decisões de geoengenharia que não podem ser efetivamente representados, como gerações futuras e a natureza não humana (Gardiner; Fragnière, 2018, p. 158).

O quarto Princípio de Oxford trata da avaliação independente dos potenciais impactos da geoengenharia. A preocupação central deste princípio é garantir a integridade e a confiabilidade do processo de pesquisa e desenvolvimento. Essa preocupação, segundo Gardiner e Fragnière, parece se corresponder no quarto Princípio do Tollgate mencionado anteriormente. No entanto, algumas questões são levantadas: por exemplo, o que conta como um “experimento” de geoengenharia e o que seria considerado impacto relevante. Isso ecoa uma questão que já surge na discussão sobre as políticas de adaptação, a qual reflete sobre como separar os impactos do aquecimento global de outros impactos (Gardiner; Fragnière, 2018, p. 158). No debate sobre a geoengenharia, a questão é como diferenciar os impactos das mudanças climáticas daqueles decorrentes da geoengenharia. O problema central da atribuição de

impactos, tanto às mudanças climáticas quanto à geoengenharia, envolve tomar decisões sobre o que constitui uma base referencial para definir as características “naturais” e “sociais” em relação às quais os impactos serão avaliados (Gardiner; Fragnière, 2018, p. 159). Uma última crítica de Gardiner e Fragnière observa que o termo “avaliação” parece ser excessivamente restritivo. Países afetados, por exemplo, poderiam razoavelmente solicitar um papel procedimental relevante na elaboração de planos de pesquisa e no desenho das instituições de geoengenharia antes de aceitarem quaisquer impactos transfronteiriços (Gardiner; Fragnière, 2018, p. 159).

O último Princípio de Oxford é sobre a governança antes da implementação. Para Gardiner e Fragnière, o princípio é marcante pelo que não diz, isto é, pelo fato de que testes de campo e algumas outras formas de pesquisa também exigem governança. A distinção entre implementação e pesquisa não é conceitualmente segura quando se trata de testes de campo. Segundo o quinto Princípio de Oxford, enquanto a implementação exige uma governança “robusta”, os testes de campo são tratados como se uma abordagem muito limitada fosse suficiente. A ideia é que apenas aqueles que possam ser demonstrados como materialmente afetados antecipadamente tenham voz, e apenas na medida em que tenham direito a uma avaliação independente dos impactos, a serem “notificados” e “consultados” e, idealmente, a fornecer consentimento informado. A questão central é se, e como, as decisões tomadas sobre a geoengenharia poderiam ser defendidas, especialmente para aqueles que por elas sejam seriamente afetados. Assim, pode ser necessário substituir o termo “governança” pelo termo “responsabilidade ética” (Gardiner; Fragnière, 2018, p. 160). Aqueles que são especialmente vulneráveis às mudanças climáticas e à geoengenharia (como os pobres do mundo, as futuras gerações e a natureza não humana) são em grande parte sem voz e difíceis de representar de maneira puramente procedimental. Isso torna a necessidade de responsabilidade ética ao mesmo tempo moralmente necessária e teoricamente desafiadora (Gardiner; Fragnière, 2018, pp. 160–161). O quinto Princípio Tollgate proposto é sobre a responsabilidade ética.

5º Princípio Tollgate (Responsabilidade Ética): Sistemas de governança robustos (incluindo autoridade, legitimidade, justificativa e gestão) são cada vez mais necessários e eticamente imprescindíveis em cada etapa, desde a pesquisa avançada até a implementação.

Estruturas robustas de consulta, administração e justificativa são eticamente necessárias antes da implementação, mas um nível significativo também deve estar em vigor antes do início dos testes de campo (nacionais e internacionais), e alguma governança é desejável mesmo antes disso, à medida que os programas de pesquisa avançada surgem. Essas estruturas devem ser flexíveis diante de novas informações e das realidades sociopolíticas e ecológicas, e devem ter como objetivo evitar a rigidez e o fortalecimento de interesses estabelecidos (Gardiner; Fragnière, 2018, p. 161).

Os próximos três princípios Tollgate foram baseados em um artigo de Dale Jamieson, no qual ele expunha suas impressões sobre as discussões então vigentes a respeito do tema (Jamieson, 1996). Jamieson propõe que a geoengenharia deve ser tecnicamente viável, previsivelmente confiável, socioeconomicamente preferível e respeitar normas éticas bem fundamentadas, como a tomada de decisões democráticas, a proibição de mudanças irreversíveis e o respeito à natureza (Gardiner; Fragnière, 2018, p. 161; Jamieson, 1996, pp. 326–332). O sexto Princípio refere-se à disponibilidade, ou exequibilidade técnica da geoengenharia. Para Gardiner e Fragnière, a verdadeira questão não é se a intervenção em grande escala é tecnicamente viável, mas se as formas normativamente desejáveis de intervenção em grande escala são tecnicamente viáveis. Caso não seja possível produzir técnicas de geoengenharia confiáveis e socioeconomicamente preferíveis dentro do prazo necessário, sua busca provavelmente constituirá um desperdício de tempo e de recursos, tanto científicos quanto políticos (Gardiner; Fragnière, 2018, pp. 161–162).

6º Princípio Tollgate (Disponibilidade Técnica): Para que uma técnica de geoengenharia seja relevante para políticas, formas eticamente defensáveis dela devem ser tecnicamente viáveis no prazo relevante.

Como a geoengenharia é definida em relação a objetivos políticos específicos (combater a mudança climática antropogênica), as técnicas relevantes devem ser formas tecnicamente viáveis de atender a esses objetivos, respeitando os parâmetros e restrições apropriadas, tanto internos quanto externos. Tanto os próprios objetivos quanto os parâmetros e restrições associados são fortemente éticos [...]. Portanto, a preocupação central com a viabilidade técnica é com a disponibilidade (potencial) de formas eticamente defensáveis de geoengenharia. Isso inclui técnicas que podem plausivelmente ser implementadas para combater a mudança climática em um prazo relevante para atender aos objetivos éticos centrais, como moderar ameaças ao bem-estar humano e não humano, ou proteger direitos humanos básicos. Dito isso, formas eticamente defensáveis também podem incluir abordagens eticamente louváveis, decentes e talvez até 'toleravelmente indecentes', o que levanta questões próprias[...] (Gardiner; Fragnière, 2018, p. 162).

O sétimo princípio Tollgate refere-se à previsibilidade, fundamentado na concepção de Jamieson de que a geoengenharia aceitável deve ser previsível de forma confiável. Gardiner e Fragnière concordam com Jamieson no sentido de que algum nível de evidência razoável é necessário, mas os autores reconhecem que esse nível de evidência pode variar conforme as circunstâncias, incluindo a natureza da ameaça e as alternativas disponíveis. Diante disso, o sétimo Princípio Tollgate é formulado da seguinte maneira:

7º Princípio Tollgate (Previsibilidade): Para que uma técnica de geoengenharia seja relevante para políticas, suas formas eticamente defensáveis devem ser razoavelmente previsíveis no período relevante e em relação à ameaça que está sendo abordada.

A relevância política de técnicas de geoengenharia específicas depende, em parte, de saber se as formas eticamente defensáveis são (ou podem plausivelmente se tornar) razoavelmente previsíveis, incluindo em uma escala de tempo relevante para um uso

útil, e com garantias adequadas de que a implementação não envolveria ameaças adicionais ou níveis de risco comparáveis ou mais severos do que aqueles que a intervenção pretende aliviar [...]. As garantias devem estar fundamentadas em avaliações científicas abrangentes que atendam aos padrões de evidência apropriados à ação proposta e à situação. O significado disso em cenários específicos deve ser analisado em conjunto com os demais Princípios Tollgate (Gardiner; Fragnière, 2018, pp. 162–163).

Com base na concepção de Jamieson de que a geoengenharia deveria ser adotada somente se fosse socioeconomicamente preferível a suas alternativas, Gardiner e Fragnière formulam o oitavo princípio Tollgate sobre proteção (Gardiner; Fragnière, 2018, p. 163). Existem três pontos importantes para a formulação desse princípio. O primeiro é que, na concepção de Jamieson, o que importa são os efeitos eticamente significativos em termos de indicadores como bem-estar, direitos humanos, justiça e direitos políticos, e não apenas indicadores climáticos, como por exemplo, a temperatura global e os padrões de precipitação. Um ajuste que Gardiner e Fragnière fazem é ampliar esses indicadores para incluir valores ecológicos, como os interesses de animais não humanos e dos ecossistemas. O segundo ponto é que Jamieson acredita que uma boa geoengenharia é aquela que trata todos os afetados de maneira boa, em termos de parâmetros éticos, especialmente aqueles mais básicos, como os seus direitos e interesses fundamentais (Gardiner; Fragnière, 2018, p. 163; Jamieson, 1996, pp. 327–330). O terceiro ponto é que a intervenção técnica, por si só, não fornece proteção eticamente adequada. Gardiner e Fragnière defendem que essa proteção também deve vir do sistema global, social, econômico e político. O mundo social em que a geoengenharia ocorre deve satisfazer esse requisito e isso pode ser feito mesmo que a intervenção técnica isoladamente não o assegure (Gardiner; Fragnière, 2018, p. 163). Portanto, o oitavo Princípio Tollgate é formulado da seguinte maneira:

8º Princípio Tollgate (Proteção): Políticas climáticas que incluam esquemas de geoengenharia devem ser social e ecologicamente mais vantajosas do que outras políticas climáticas disponíveis e focar na proteção de interesses e preocupações éticas básicas (por exemplo, direitos humanos, capacidades, valores ecológicos fundamentais).

Intervenções de geoengenharia devem ser entendidas como partes de políticas climáticas mais gerais, e tais políticas devem ser avaliadas de forma comparativa. Por exemplo, devemos evitar enquadrar a questão relevante como sendo sobre qual tipo de ação (por exemplo, geoengenharia, mitigação, adaptação) ou técnica (por exemplo, SSI, CDR, construção de diques) deve ser preferida. Em vez disso, a atenção deve estar nas políticas como um todo, onde é provável que incluam vários tipos de ação e técnicas, e no sistema social como um todo, incluindo se mudanças sociais fundamentais são necessárias para enfrentar a ameaça climática, seja em vez de ou em conjunto com quaisquer intervenções de geoengenharia. As políticas devem ser avaliadas com base em princípios éticos amplos, refletindo valores sociais (incluindo valores políticos e econômicos), bem como valores ecológicos, e com foco central na proteção de interesses e preocupações básicas (Gardiner; Fragnière, 2018, pp. 163–164).

O nono Princípio Tollgate é baseado na concepção de Jamieson de que as intervenções de geoengenharia devem respeitar normas éticas bem fundamentadas, como a tomada de decisão democrática, a proibição de mudanças irreversíveis e o respeito à natureza. Gardiner e Fragnière baseiam a formulação de seus princípios na obra de David Ross (Ross, 2002). Os autores revisam a lista proposta por Ross e a reformulam com as seguintes normas éticas: não maleficência; reparação; justiça; gratidão; beneficência; eficiência; fidelidade; honestidade e autoaperfeiçoamento (Gardiner; Fragnière, 2018, p. 164). Existem duas vantagens dessa abordagem. A primeira é que a relevância de tais preocupações corresponde a um consenso amplo e sobreposto entre diferentes teorias normativas e tradições éticas. A segunda é que elas fornecem uma base sobre a qual podem ser desenvolvidas abordagens “de cima para baixo” para a ética da geoengenharia e de sua governança, pois ancoram as discussões dentro e entre teorias contrastantes. O nono Princípio Tollgate, sobre normas éticas, é formulado da seguinte maneira:

9º Princípio Tollgate (Respeito às Normas Éticas Gerais): A política de geoengenharia deve respeitar normas éticas gerais que sejam bem fundamentadas e relevantes para a política ambiental global (por exemplo, justiça, autonomia, beneficência).

As respostas éticas às mudanças climáticas, incluindo aquelas envolvendo técnicas de geoengenharia, devem ser adequadamente sensíveis (ou seja, levar plenamente em conta) às normas éticas gerais e bem fundamentadas, muitas das quais sustentam as preocupações, motivações e parâmetros básicos da política climática desde o início. Tais normas podem inicialmente ser geradas a partir de princípios comuns de relevância ética (por exemplo, os deveres *prima facie* de Ross), mas também podem fornecer uma base para discussões mais “de cima para baixo” dentro e entre diferentes teorias normativas e tradições éticas (Gardiner; Fragnière, 2018, p. 165).

O décimo, e último, Princípio Tollgate é formulado a partir de uma ampliação de quatro outros princípios à lista de normas éticas formuladas para o princípio anterior. Não é mencionada, na lista, nenhuma norma ambiental ou ecológica, ainda que estas também pareçam ser de importância central para a governança da geoengenharia. Gardiner e Fragnière acrescentam, então, as normas de: sustentabilidade; precaução; respeito pela natureza e acomodação ecológica. A adição dessas normas tem como objetivo evitar argumentos éticos, como, por exemplo, a defesa de uma intervenção de geoengenharia que proteja as pessoas atuais e futuras, ainda que ao preço de erradicar todas as outras espécies e os ecossistemas e espaços naturais do planeta (Gardiner; Fragnière, 2018, p. 165). O décimo Princípio Tollgate sobre normas ecológicas é apresentado da seguinte maneira:

10º Princípio do Pedágio (Respeito às Normas Ecológicas): A política de geoengenharia deve respeitar normas ecológicas bem fundamentadas, incluindo normas de ética ambiental e governança (por exemplo, sustentabilidade, precaução, respeito à natureza, acomodação ecológica) (Gardiner; Fragnière, 2018, p. 166).

Pode-se considerar que os Princípios Tollgate são mais exigentes do que os Princípios de Oxford em todas as etapas da geoengenharia. Por serem mais rígidos em suas orientações, os objetivos dos Princípios Tollgate podem ser ameaçados pelas realidades sociopolíticas atuais. No entanto, o cumprimento dos objetivos propostos pelos Princípios Tollgate incorpora as preocupações razoáveis da população global, das gerações futuras e da natureza. Gardiner e Fragnière compreendem que esta é uma tarefa que pode parecer assustadora, para a qual as instituições atuais parecem não estar suficientemente preparadas (Gardiner; Fragnière, 2018, p. 168).

Apesar de serem necessárias orientações éticas para que as pesquisas de geoengenharia ocorram de maneira justa, é possível que existam cenários futuros de eventual implementação da geoengenharia em que toda a deliberação ética sobre essas tecnologias ainda não seja considerada satisfatória. Essa possibilidade se torna cada vez mais real. Um exemplo é a iniciativa de uma empresa privada, que planeja iniciar experimentos de geoengenharia ao ar livre a partir de abril de 2026 (Sarno, 2025). Surge, portanto, a questão: como proceder quando o contexto social, político e econômico não for adequado para atender às demandas éticas da implementação da geoengenharia?

3.4 Teoria de justiça não ideal em cenário pessimista

Diante da falta de esforços internacionais para implementar políticas de mitigação, cenários em que políticas não ideais, como a geoengenharia, possam ser implementadas tornam-se mais reais (Narcisa, 2025). Toby Svoboda reflete que a justiça climática plena tem sido politicamente inviável, e há pouca razão para acreditar que isso mudará em breve (Svoboda, 2017, pp. 1, 32). A questão que ele se coloca é como proceder quando a justiça parece ser politicamente inviável. A ideia geral da justiça seria adaptar nosso mundo sociopolítico às exigências da justiça, enquanto a ideia geral da justiça não ideal seria adaptar a justiça às exigências do nosso mundo sociopolítico. Para Svoboda, uma abordagem de justiça não ideal é claramente inferior à ideia de justiça. No entanto, em cenários em que, por meio do ativismo sociopolítico, não exista tempo suficiente para alcançar mudanças substanciais e as perspectivas

de sucesso sejam muito pequenas, isso insere o contexto social, político e econômico internacional no âmbito da justiça não ideal. Svoboda defende que é possível buscar algum grau de justiça dentro das limitações da viabilidade política, mas, em alguns casos, a abordagem de justiça não ideal pode ser necessária para garantir uma política climática viável (Svoboda, 2017, p. 2).

A incerteza quanto à geoengenharia não se restringe apenas aos impactos puramente geofísicos, como mudanças regionais nos padrões de precipitação. Essa incerteza tende a aumentar quando se consideram as implicações da mudança na precipitação, como consequências sociais decorrentes de alterações na produtividade agrícola. Existe ainda incerteza sobre os métodos utilizados para a mensuração desses impactos. Isso gera um quadro de profunda incerteza, pois significa que não se pode ter certeza sobre as probabilidades, uma vez que diferentes simulações de modelos climáticos fornecem estimativas divergentes (Svoboda, 2017, p. 8). Para Svoboda, é comum no debate atual sobre mudanças climáticas pensar nos resultados das políticas climáticas em termos de danos e benefícios. Essa concepção pode ser considerada uma abordagem utilitarista para os problemas colocados pela SRM. No entanto, diante dessas incertezas sobre a geoengenharia, uma teoria utilitarista simples, que busca o maior benefício líquido possível para o maior número de pessoas, pode revelar-se inadequada. Essa incerteza sobre qual política adotar com relação às mudanças climáticas não pode ser resolvida adequadamente escolhendo a política que garanta o maior benefício líquido, já que não há garantias de que tal benefício será efetivamente alcançado (Svoboda, 2017, p. 11). Seria necessário recorrer a algum princípio (ou conjunto de princípios) de justiça distributiva, que especifique as condições sob as quais as distribuições de danos e benefícios são justas ou injustas, mesmo que não se tenha certeza quais danos e benefícios ocorrerão, nem quais proporções eles serão distribuídos. No entanto, assim como na abordagem utilitarista, persistem incertezas sobre qual princípio (ou princípios) de justiça distributiva adotar.

Svoboda acredita que uma teoria não ideal de justiça deve ser aplicada apenas em cenários pessimistas. Um cenário pessimista é uma situação em que todos os cursos de ação disponíveis, incluindo todas as opções de políticas disponíveis, são moralmente problemáticos à primeira vista (Svoboda, 2017, p. 123). Diferentemente da concepção de “cenário pesadelo”, proposta por Gardiner, o cenário pessimista não é concebido como um dilema moral entre duas opções, pois, para Svoboda, em um cenário considerado pessimista é possível que haja mais opções de políticas além da geoengenharia (incluindo a inação) e a posição do dilema moral falha em dar orientação para a ação em cenários em que a justiça ideal não pode ser alcançada

(Svoboda, 2017, pp. 125 – 127). Svoboda reformula a noção de “mal menor” e compreende o cenário pessimista como uma situação em que é necessário escolher o menor entre todos os males (Svoboda, 2017, p. 124). O cenário pessimista rejeita a noção de emergência da decisão. Svoboda diz que a ideia de uma emergência climática é vaga demais para oferecer orientações úteis sobre políticas, além de ser muito difícil detectar tais emergências em tempo hábil para que a geoengenharia seja eficaz na prevenção ou mitigação da emergência. Além disso, o que constitui uma verdadeira emergência climática pode depender do contexto e dos valores. Um exemplo disso é que um habitante de um pequeno Estado insular poderia, razoavelmente, considerar que um aumento relativamente modesto do nível do mar constitui uma emergência, pois poderia ameaçar a própria existência do território, da cultura ou do Estado ao qual pertence, enquanto habitantes de outros países não veriam da mesma forma (Svoboda, 2017, p. 124). O “Argumento do Menor de Todos os Males” (LAEA, sigla em inglês), é baseado em quatro premissas:

- (1) Em qualquer cenário climático pessimista provável, todas as opções disponíveis provavelmente são opções ruins.
- (2) Se formos obrigados a escolher entre exclusivamente opções ruins, devemos escolher a melhor de todas essas opções ruins, considerando todos os fatores.
- (3) Em um cenário climático pessimista provável, a melhor opção considerando todos os fatores provavelmente envolve a implementação de SRM.
- (4) Portanto, em um cenário pessimista, é provável que devamos implementar SRM (Svoboda, 2017, p. 125).

O LAEA não argumenta que a geoengenharia é a única política, ou a melhor política, para combater as mudanças climáticas em um cenário pessimista. Svoboda está interessado na questão de saber se os agentes envolvidos na implementação da geoengenharia, em um cenário pessimista, enfrentariam um dilema moral genuíno, definido como um caso em que é impossível evitar agir de maneira errada. O LAEA defende que é compatível sustentar que a geoengenharia é moralmente preferível em relação a outras políticas disponíveis em certos casos, embora também possa ser moralmente problemática (Svoboda, 2017, p. 134). O pensamento subjacente a um cenário climático pessimista é que seria tarde demais para a realização dos cortes de emissões necessários para evitar os efeitos negativos das mudanças climáticas perigosas e, além disso, que medidas adaptativas possam vir a ser insuficientes para preparar as sociedades de modo adequado. Nesse cenário, se alguma política envolvendo a

implementação de SRM fosse melhor do que todas as outras opções disponíveis, sua implementação poderia ser moralmente justificável (Svoboda, 2017, p. 134). Diante disso, Svoboda formula um argumento de natureza comparativa, denominado a abordagem do “Agente Arrependido” em cenários climáticos pessimistas. O “Agente Arrependido” se opõe ao “Engenheiro Climático Satisfeito”. Para Svoboda, o “Engenheiro Climático Satisfeito” é moralmente problemático porque defende de maneira imprudente a geoengenharia e desempenha um papel ativo em sua implementação, ao mesmo tempo que se exime de reconhecer quaisquer aspectos moralmente reprováveis ou questionáveis da geoengenharia (Svoboda, 2017, pp. 127-135). O “Agente Arrependido” refere-se a um tipo de arrependimento que um agente pode nutrir em relação a alguma ação própria ou a uma ação coletiva da qual participou. O agente arrependido pode desejar que as circunstâncias passadas tivessem sido diferentes, ou que o curso de ação adotado houvesse implicado outras consequências (Svoboda, 2017, p. 135). Segundo Svoboda, se a implementação da geoengenharia fosse parte da melhor opção disponível, seria razoável afirmar que a implementação seria moralmente permissível. No entanto, seria coerente lamentar ao mesmo tempo que uma medida tão drástica fosse necessária, bem como lamentar ter participado dessa implementação (Svoboda, 2017, p. 135).

Svoboda reconhece que é moralmente errado que nossas ações causem injustiça, como no caso da possibilidade de colocar as gerações futuras em risco do chamado “termination shock”. Mesmo que se admita que o LAEA seja sólido, ainda assim deve-se reconhecer que a geoengenharia poderia criar muitos casos de desvalor moral significativo. Um agente envolvido na implementação da geoengenharia deveria sentir arrependimento por ajudar a causar esse desvalor. Causar dano ou injustiça é algo ruim, mesmo que causá-los seja justificado em algum caso (Svoboda, 2017, p. 136). No entanto, Svoboda acredita que, ao passo que a objeção do dilema moral impossibilita a oferta de orientação moral para ação no cenário pessimista, o “Agente Arrependido” permite que o “Engenheiro Climático Satisfeito” seja desaprovado, ao mesmo tempo em que se admite que a geoengenharia pode ser moralmente permitida, ou até moralmente obrigatória, em alguns contextos (Svoboda, 2017, p. 138).

3.5 Princípios de justiça compensatória em um cenário pessimista

Svoboda reflete sobre a possibilidade de uma justa distribuição de benefícios e males da geoengenharia. Em princípio, considera-se que há concepções intrageracionais e intergeracionais de justiça distributiva. Quando regiões que sofrem com a interrupção da

precipitação não são as mesmas que implementaram a SRM, ou não são regiões desenvolvidas que historicamente emitiram mais GEE, parece haver uma violação de justiça intrageracional. No sentido intergeracional, a implementação de SRM pode causar uma variante do “cenário pesadelo” proposto por Gardiner. No cenário pesadelo, as futuras gerações teriam que decidir entre lidar com as consequências negativas da implementação da SRM ou enfrentar as consequências negativas das mudanças climáticas. Considerando que a SRM já esteja sendo implementada, o cenário pesadelo coloca as futuras gerações em uma situação na qual teriam que escolher entre continuar usando a SRM, apesar de todos os males que ela causa, ou interromper seu uso e sofrer os efeitos da interrupção. Isso configura uma violação da justiça intergeracional (Svoboda, 2017, pp. 35–36).

Para estabelecer um princípio de justiça distributiva em duas dimensões temporais, Svoboda analisa algumas teorias de justiça. Apesar de diferentes teorias de justiça se comprometerem com princípios distintos, há convergências entre alguns desses princípios quando postos em prática (Svoboda, 2017, pp. 37, 41). Algumas teorias possuem um princípio não igualitário, cujo principal critério é o grau em que as diversas partes merecem tais benefícios e danos. Geralmente, essas teorias estão ligadas a uma visão econômica dos danos e benefícios. Outras teorias buscam que a justiça distributiva seja, de alguma forma, igualitária, o que significa que consideram a igualdade como o principal fator na decisão como os benefícios e os danos devem ser distribuídos. As teorias igualitárias podem divergir quanto ao que deveria ser igual para todas as partes, sejam as oportunidades, recursos ou capacidades, mas uma teoria que se destaca é a de John Rawls, cujos princípios de justiça, incluindo o de justiça distributiva, seriam melhor selecionados por deliberações racionais, mútuas e desinteressadas de indivíduos situados atrás de um “véu da ignorância”, o que os impediria de escolher princípios que beneficiariam injustamente a si mesmos ou prejudicariam os outros. Nesse princípio de justiça só é permitida a desigualdade socioeconômica quando se espera razoavelmente que ela seja vantajosa para todos, incluindo os menos favorecidos (Rawls, 2005, pp. 60–75; 136–142; Svoboda, 2017, pp. 40–41). É plausível que os possíveis danos causados pela geoengenharia, especialmente em regiões habitadas por populações com emissões historicamente baixas, sejam considerados injustos pela maioria das teorias de justiça distributiva, embora por razões distintas.

O desafio, então, é especificar quais são as considerações de justiça distributiva que podem ser praticamente úteis em nosso contexto atual (Svoboda, 2017, p. 44). É nesse contexto que Svoboda inicia a defesa de uma “teoria não ideal”. A teoria não ideal diz respeito ao que a justiça exige em casos de cumprimento apenas parcial dos deveres de justiça. Consideram-se

fatos contingentes sobre o mundo, como os preconceitos dos indivíduos ou a dificuldade de lidar com os governos. No contexto climático, a teoria não ideal leva em conta o fracasso da humanidade em reduzir as emissões de gases de efeito estufa como um caso de não cumprimento de nossos deveres de justiça climática. Dessa forma, é razoável adotar uma abordagem não ideal da justiça climática em geral (Svoboda, 2017, p. 45). Para Svoboda, apesar da incerteza ética, a sociedade global tem uma noção do que constitui a justiça ideal, a qual pode servir de parâmetro para a elaboração de uma abordagem funcional de justiça não ideal. Um exemplo disso é que, em relação às mudanças climáticas, pode-se assumir, com razoável segurança, que um ideal de justiça não incluiria políticas que imponham pesados encargos aos países que emitem relativamente pouco, enquanto concedem liberdade total aos países que emitem relativamente muito (Svoboda, 2017, p. 46).

Svoboda é a favor de uma “teoria clínica”, ou seja, um tipo de teoria não ideal que se preocupa em prevenir e limitar injustiças existentes ou iminentes. A teoria clínica pode ser plausivelmente considerada praticável no âmbito da política climática, porque muitas das injustiças iminentes decorrentes das mudanças climáticas são conhecidas e, em certo sentido, trata-se de uma abordagem menos ambiciosa do que abordagens transitórias de justiça não ideal (Svoboda, 2017, p. 46). Para a teoria clínica, a implementação da geoengenharia como política climática não seria altamente recomendável, pela tensão entre viabilidade política e permissibilidade moral. A viabilidade política da SRM pode ser exemplificada pelo baixo custo esperado da SAI ou da SSI, a disponibilidade da tecnologia necessária e a possibilidade de implementação unilateral, ou ainda por uma organização restrita de agentes, mas isso, em princípio, seria imoral, porque não levaria em conta a opinião dos agentes afetados (Svoboda, 2017, pp. 48–49). Dessa forma, a questão central passa a ser: o que determina a permissibilidade moral em condições não ideais?

Svoboda estipula, em conjunto com David Morrow, que para uma política ser moralmente permissível em circunstâncias não ideais, ela deve satisfazer um critério de proporcionalidade e um critério comparativo (Svoboda, 2017, p. 47). O critério da proporcionalidade defende que, embora uma política não ideal possa acarretar vários tipos de males morais, tais males devem ser proporcionais ao bem que é alcançado. O critério comparativo defende que uma política que não seja ideal deve se comparar favoravelmente a outras opções politicamente viáveis, tanto em termos da injustiça aliviada quanto dos males impostos por tais políticas (Morrow; Svoboda, 2016; Svoboda, 2017, p. 47). O critério da proporcionalidade pode ser satisfeito se for constatado que, em certas condições, os benefícios da geoengenharia como, por exemplo, a diminuição do nível do mar ao conter o aumento da

temperatura média da Terra e ganhar tempo para a transição energética, poderiam ser suficientemente grandes para justificar os ônus da geoengenharia, como, por exemplo, secas ou inundações em algumas regiões (Morrow; Svoboda, 2016, p. 95; Svoboda, 2017, p. 48). No entanto, é o componente comparativo que assume importância central nos cenários pessimistas.

O critério de proporcionalidade, embora ainda relevante, considera que uma política qualquer será justa em termos não ideais apenas se o bem moral que ela assegura for proporcional ao mal moral que impõe. Em um cenário pessimista, tal proporcionalidade pode não ser garantida, principalmente no caso de ações politicamente viáveis e potencialmente eficazes (Svoboda, 2017, p. 146). Sobre o critério comparativo, a implementação da geoengenharia poderia satisfazê-lo se comparada a políticas de mitigação, pois as políticas de mitigação tendem a ser caras, exigem uma implementação ampla das tecnologias necessárias para a transição para fontes de energia renováveis e enfrentam problemas difíceis de ação coletiva para alcançar a cooperação entre várias partes (SAPEA, 2024, pp. 123–131; Svoboda, 2017, p. 48). Mas, para satisfazer a permissibilidade moral, a implementação unilateral não poderia ser considerada aceitável, pois, além da injustiça distributiva com a qual toda política envolvendo mudanças climáticas precisa lidar, existe uma injustiça procedimental com relação às partes que não farão parte da governança dessa implementação. Se uma política de implementação da geoengenharia tivesse que estabelecer um acordo global para ser executada, poderia enfrentar impedimentos semelhantes aos enfrentados pelas tentativas de implementar políticas de mitigação globais, o que a tornaria politicamente inviável (Svoboda, 2017, p. 50).

Para tentar superar o problema moral de uma implementação unilateral, ou “minilateral”, da geoengenharia, Svoboda tenta colocar a justiça distributiva subordinada à justiça procedimental. Embora decisões procedimentais justas tendam a gerar resultados benéficos, não é função da justiça procedimental garantir bons resultados, mas assegurar que os processos apropriados sejam seguidos ao decidir o que fazer. Além disso, a justiça procedimental fornece uma forma de navegar pela incerteza científica e por possíveis teorias éticas, dificuldade essa, no que diz respeito a questões colocadas pelas mudanças climáticas como um todo, já apontada anteriormente por Gardiner na “tempestade teórica” (Svoboda, 2017, p. 75). Mesmo que se aderisse a padrões impecáveis de justiça procedimental, isso não garantiria que os resultados seriam distribuídos de uma forma justa. No entanto, para Svoboda, é mais provável que a sociedade lide melhor com a incerteza ética por meio de uma decisão coletiva do que pela imposição de propostas por indivíduos ou governos (Svoboda, 2017, p. 76). Dada a incerteza sobre o que devemos fazer em termos de política climática viável, as

partes interessadas presumivelmente têm o direito de decidir por si mesmas como prosseguir (Svoboda, 2017, p. 77).

Para Svoboda, é possível ver o poder decisório como um bem divisível sobre o qual várias partes interessadas podem reivindicar direito (Svoboda, 2017, p. 81). A instituição que deveria administrar um possível processo de implementação da geoengenharia é a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (UNFCCC, sigla em inglês), que especifica procedimentos gerais para a tomada de decisões sobre a política climática global (Svoboda, 2017, p. 82). Svoboda acredita que as partes da UNFCCC estabeleceram que cada uma delas terá a oportunidade de contribuir para as decisões no âmbito da convenção. Portanto, caso haja uma implementação de geoengenharia, cada parte tem um direito legítimo sobre o poder de decisão nessa matéria. Se, como parte de um acordo legítimo, alguma parte tiver sido prometida a oportunidade de contribuir para a tomada de decisões sobre algum assunto, então essa parte tem um direito legítimo de assim proceder (Svoboda, 2017, p. 81).

Svoboda entende a justiça procedimental em termos de equidade procedimental. Isso significa que, em princípio, seria injusto que alguma das partes recebesse menos do que a satisfação proporcional a todas essas reivindicações legítimas. As partes da UNFCCC têm obrigações de justiça procedimental de respeitar as reivindicações legítimas umas das outras para contribuir para as decisões relevantes (Svoboda, 2017, pp. 82–83). No entanto, para a justiça procedimental não ideal, mesmo que não se tenha uma justiça procedimental ideal, quanto maior for a participação das partes interessadas, maior será o grau de justiça atingido. Considere um cenário em que uma grande coalizão de Estados, que decide implementar SRM sem consultar os não membros da coalizão, mas mantém justiça procedimental dentro da coalizão, buscando completa equidade procedimental ao satisfazer todas as reivindicações legítimas dentro da coalizão proporcionalmente à sua respectiva força. Isso é procedimentalmente injusto para as partes excluídas, mas (mantendo tudo o mais igual) envolve menos injustiça do que no caso de uma implementação unilateral (Svoboda, 2017, p. 90).

Apesar de essa falta de representatividade pesar negativamente contra a permissibilidade moral, a perspectiva de que a geoengenharia conduzida de maneira multilateral satisfaça o critério de proporcionalidade é muito melhor do que a perspectiva de que o SRM unilateral o satisfaça, pois o primeiro envolve menos injustiça procedimental. No entanto, decidir como proceder não seria simplesmente uma questão de aplicar algum procedimento de decisão nem de levar em conta questões morais. Svoboda defende que nossos tomadores de decisão sejam virtuosos, pois, no cenário pessimista, é possível que decisões morais complexas não sejam suscetíveis a resoluções baseadas em procedimentos de decisão,

uma vez que não existe algoritmo capaz de indicar como agir em casos relevantes. Além disso, as informações ou os próprios procedimentos são insuficientemente sofisticados para a tarefa em questão (Svoboda, 2017, pp. 143–144).

Assim como ocorre com a incerteza em relação aos benefícios e danos de uma possível implementação da geoengenharia, essa incerteza também se estende à compensação dos danos causados pela geoengenharia. A primeira questão é que existem desafios técnicos decorrentes da incerteza científica, particularmente na detecção e atribuição de impactos nocivos à geoengenharia (Svoboda, 2017, p. 52). Mesmo que algum impacto seja corretamente detectado, em alguns casos pode ser muito difícil atribuir esse impacto à geoengenharia. Por exemplo, em um cenário em que a geoengenharia já esteja sendo implementada e anos depois ocorra uma severa seca em uma região, a questão seria se a seca foi causada pela geoengenharia ou por fatores “naturais” ou outros fatores antropogênicos (Svoboda, 2017, pp. 52–53). No entanto, mesmo havendo consenso quanto à atribuição de algum malefício à geoengenharia, criar um sistema justo de compensação também enfrenta considerável incerteza ética quanto aos critérios que devem ser considerados na justiça compensatória nesses casos. Svoboda apresenta três princípios que permitem discutir a questão: (1) Princípio do Poluidor Pagador, (2) Princípio do Beneficiário Pagador, (3) Princípio do Apto a Pagar (Svoboda, 2017, p. 54).

De acordo com o Princípio do Poluidor Pagador (PPP), os agentes da poluição, (no caso da geoengenharia, os responsáveis pela emissão das partículas refletoras na estratosfera) devem arcar com os custos correspondentes. No entanto, esses agentes podem alegar que esse requisito de compensação é injusto, argumentando que os danos gerais em uma determinada região teriam sido muito piores na ausência da SRM. Os agentes poluidores poderiam reivindicar que quem deveria arcar com a compensação são os agentes da poluição por gases de efeito estufa, que criaram o cenário para a necessidade de implementação da geoengenharia (Svoboda, 2017, p. 55). Outra possibilidade é que entre esses agentes poluidores esteja um pequeno Estado insular, que poderia se opor a ser obrigado moralmente a pagar uma compensação a algum outro Estado. O Estado insular poderia argumentar que teve pouca escolha para evitar desastres ambientais (como o aumento do nível do mar) uma vez que sua existência estava ameaçada por um problema causado por grandes emissores em outros lugares. Pode-se argumentar que seria perverso exigir que esse Estado compensasse aqueles prejudicados pela geoengenharia, especialmente considerando sua pobreza e baixo nível de emissões (Svoboda, 2017, pp. 55–56).

O Princípio do Beneficiário Pagador (PBP) exigiria que, quanto à implementação da geoengenharia, aqueles que se beneficiam da implementação compensassem aqueles que são

injustamente prejudicados por ela. A primeira questão colocada por este princípio é que parece injusto exigir que agentes que não implementaram a geoengenharia compensem vítimas de danos injustos, mesmo que esses agentes que não a implementaram tenham se beneficiado do SRM. Da mesma maneira que é incerto atribuir os impactos negativos da geoengenharia, é incerto atribuir os benefícios que ela pode trazer. Além disso, o PBP pode estar sujeito a uma forma mais aguda do Problema da Não-Identidade em comparação com os outros dois princípios. O Problema da Não-Identidade questiona se a identidade genética de um indivíduo pode estar relacionada aos eventos ocorridos antes de sua concepção. Caso a resposta seja sim, então tal formulação implica que um indivíduo não pode reclamar dano (ou benefício) decorrente de uma política específica ou ação que ocorreu antes de sua concepção, pois sua identidade genética está atrelada a tal política ou ação (Gosseries, 2015, pp. 51–53; Parfit, 1987, pp. 351–379).

O Problema da Não-Identidade em relação à geoengenharia pode ser apresentado da seguinte maneira: a geoengenharia poderia resultar no nascimento de muitas pessoas que não seriam idênticas àquelas que teriam nascido se a geoengenharia não tivesse sido implementada. Isso é potencialmente um problema para qualquer sistema de compensação, porém, para o PBP, tal problema é mais agudo pela limitação temporal implicada. Se uma pessoa nasceu após a implementação da geoengenharia, sua identidade está atrelada à implementação, e não pode ser considerada uma beneficiária da implementação, porque ela é uma condição de sua existência. Assim, não é o caso de que o indivíduo esteja melhor no mundo real da geoengenharia do que estaria em algum mundo contrafactual, desde que o fato de ser trazido à existência não seja considerado um benefício em si. Isso levanta uma preocupação de que sistemas de compensação do SRM baseados no PBP possam ter uma aplicação muito limitada no futuro, uma vez que não está claro se haveria beneficiários adequados e, conseqüentemente, agentes compensadores além da geração que implementa a geoengenharia (Svoboda, 2017, pp. 57-58).

Para tentar superar o Problema da Não-Identidade, pode-se adotar um parâmetro impessoal para determinar se alguma parte foi prejudicada ou beneficiada. Uma pessoa só pode ser considerada beneficiada ou prejudicada se, e somente se o bem-estar de tal pessoa estiver abaixo de um limiar em decorrência da geoengenharia. Outra abordagem para superar o Problema da Não-Identidade é considerar que entidades coletivas (comunidades ou Estados) possam ser sujeitas a benefícios e prejuízos, em vez de indivíduos. Isso não quer dizer que os coletivos sejam os únicos destinatários adequados da compensação. Pode-se considerar que entidades coletivas são moralmente responsáveis por fornecer compensação às vítimas de

injustiça, mas que são os indivíduos (em vez das entidades coletivas) que merecem essa compensação (Svoboda, 2017, p. 58).

O Princípio do Apto a Pagar (PAP) defende que aqueles com capacidade de indenizar vítimas de injustiça forneçam tal compensação. No contexto da geoengenharia, o PAP exigiria que partes ricas compensassem aqueles injustamente prejudicados pela implementação, independentemente de serem agentes ou beneficiários. Uma possível objeção a esse princípio é que seria injusto fazer com que países ricos, que não concordaram com a implementação e, mesmo assim, sofreram algum tipo de prejuízo após a implementação, pagassem pelos prejuízos de outros países. O que Svoboda sugere é que se poderia identificar os poluidores relevantes como aqueles agentes de SRM que também são grandes emissores de gases de efeito estufa e fazer com que eles arquem com as consequências negativas da geoengenharia. Essa posição é semelhante ao PPP, mas, com a reformulação proposta por Svoboda, parece superar a objeção de que um Estado insular seja obrigado a compensar os países que sofreram prejuízos se estiver em uma coalizão de países para implementar a geoengenharia. Dessa forma, a compensação seria exigida de membros de uma coalizão SRM que contribuíram substancialmente para as emissões que causam mudanças climáticas (Svoboda, 2017, p. 59). Embora se possa imaginar uma coalizão para a implementação da geoengenharia composta exclusivamente por Estados de baixa emissão, isso não seria politicamente viável na realidade, pois os Estados de alta emissão teriam preferências quanto ao uso e à manutenção da geoengenharia (Svoboda, 2017, p. 60).

Pode-se objetar que os mesmos problemas epistêmicos surgem para detectar e compensar outros tipos de danos induzidos pela geoengenharia. Considere um caso em que algum modelo de projeção do avanço das mudanças climáticas indicasse que alguns indivíduos se beneficiariam de estações de cultivo mais longas em algumas regiões. Se a implementação da geoengenharia cancelasse esses benefícios, os afetados poderiam solicitar compensação, dado que estariam em pior situação do que estariam em um cenário contrafactual. Isso poderia levantar desafios (potencialmente graves) mesmo para sistemas de compensação da SRM que não buscassem remunerar benefícios perdidos. Para evitar esse problema, Svoboda defende a ideia de usar um limiar impessoal para a compensação, fornecendo pagamento àqueles que (injustamente) ficassem abaixo de algum limiar de bem-estar como resultado da implementação da geoengenharia. Svoboda acredita que a compensação teria como objetivo garantir que as Partes, independentemente da identidade dos indivíduos, não ficassem abaixo de um limiar de bem-estar. Isso poderia contornar o Problema da Não-Identidade, porque essa abordagem não

tenta compensar as partes em relação aos seus níveis históricos ou contrafactuais de bem-estar (Svoboda, 2017, p. 64).

Esse limiar deve incluir necessidades humanas básicas, como comida, água, moradia e estabilidade social (Svoboda, 2017, p. 65). No entanto, como esse limiar é objeto de disputa sociopolítica, Svoboda acredita que deveria ser estabelecido tão “alto” quanto a viabilidade política permitisse (Svoboda, 2017, p. 68). Segundo Svoboda, uma compensação imperfeita por danos injustos é preferível à ausência de compensação. O sistema de compensação desses danos deveria observar o Princípio do Poluidor Pagador, considerando como poluidor o agente que contribuiu tanto para as emissões de gases de efeito estufa quanto para a implementação da geoengenharia, de modo que as Partes que se encontrem injustamente abaixo de um limiar impessoal de bem-estar, em razão da implementação da SRM, sejam compensadas até que seja restaurado esse limiar (Svoboda, 2017, p. 67).

Conclusão

A presente dissertação buscou apresentar as mudanças climáticas como um problema da ética e da filosofia política, enfatizando, em particular, as questões éticas suscitadas pela geoengenharia. Devido à amplitude do conceito de geoengenharia, foi proposto delimitar o entendimento de geoengenharia apenas às tecnologias de gerenciamento da radiação solar (SRM). Dentre as tecnologias de SRM, o foco da discussão foi em torno das tecnologias de injeção de aerossóis, ou sulfatos, na estratosfera (SAI e SSI), pois recebem maior destaque, em razão de sua facilidade de implementação e de sua rápida atuação na redução da temperatura, além de suscitar complexas questões éticas. Os argumentos a favor da implementação ou da pesquisa dessas tecnologias foram apresentados, assim como suas respectivas objeções. No entanto, uma questão comum que surge nos argumentos a favor da implementação e da pesquisa é a de como e por quem serão governadas todas as etapas do desenvolvimento da geoengenharia.

O capítulo final teve como propósito apresentar algumas orientações de governança para a pesquisa dessas tecnologias e discutir os possíveis cursos de ação em um cenário em que a implementação da geoengenharia se tornasse uma possibilidade concreta. Nenhuma das orientações de governança apresentadas considera a geoengenharia como uma medida eticamente aceitável. Apesar de Svoboda sustentar que, em certos cenários, a implementação da geoengenharia poderia ser moralmente permissível, isso não justifica o incentivo ou o avanço tecnológico da geoengenharia fora de um cenário pessimista. Mesmo o estabelecimento de um cenário pessimista apresenta desafios consideráveis, pois a incerteza reside não somente nos efeitos da geoengenharia, mas também nos atuais feedbacks climáticos. É possível que alguns pontos de não retorno climático já tenham sido alcançados ou iniciados quando uma eventual aplicação da SRM fosse implementada (SAPEA, 2024, p. 54). Assim, embora muitas políticas climáticas atuais possam lidar parcialmente com injustiças ou ineficiências, não se pode afirmar automaticamente que já estamos em um cenário pessimista no sentido proposto por Svoboda, pois isso dependeria de todas as opções disponíveis serem moralmente problemáticas à primeira vista.

Svoboda reconhece que o estabelecimento de um limiar impessoal para a compensação de possíveis danos causados após a implementação da geoengenharia pode ser alvo de disputa política. No entanto, mesmo admitindo que esse limiar deveria incluir as necessidades básicas humanas, esse limiar pode ser considerado insuficiente por não incluir nenhuma perspectiva dos animais não-humanos ou da natureza, já que os efeitos da geoengenharia são, e têm a

intenção de ser, intergeracionais e afetarão não somente as próximas gerações de seres humanos, mas também os atuais e futuros animais não-humanos e a natureza. Na ausência de um cenário pessimista, não há justificativa ética suficiente para o desenvolvimento da geoengenharia como meio de adaptação climática global. Svoboda reformula a posição do “mal menor” transformando-a no “menor entre todos os males”, mas parece que essa estratégia argumentativa pode ser usada para encobrir uma determinada forma de corrupção moral como apontada anteriormente por Gardiner, por não considerar as consequências negativas para os mais vulneráveis, para as gerações futuras e para os animais não-humanos. Assim como é colocado pelos Princípios Tollgate, a previsibilidade razoável, a proteção de interesses básicos e o respeito a normas éticas e ecológicas não podem ser tratados como considerações secundárias ou contingentes.

Mesmo que os Princípios Tollgate proponham diretrizes deliberadamente mais exigentes, eles são relevantes para um posicionamento da geração atual no sentido de assumir responsabilidade coletiva, em que os sistemas institucionais tenham de justificar decisões e proteger aqueles que são mais vulneráveis às decisões tomadas, como as gerações futuras e a natureza não humana. A governança robusta em todas as etapas da geoengenharia proposta pelos Princípios Tollgate, desde a pesquisa até a implementação, funciona como um limite normativo ao argumento do menor mal. Os Princípios Tollgate estabelecem critérios pelos quais diversos cenários devem ser avaliados criticamente, revelando quando a implementação da SRM é eticamente injustificável. Todavia, a presente dissertação não adota os Princípios Tollgate como a última orientação sobre a governança da geoengenharia, mas sustenta que um posicionamento exigente em relação às pesquisas realizadas em condições de incerteza é essencial para obter informações sobre as possíveis consequências indesejadas que a geoengenharia pode produzir de maneira transparente, segura e justa.

Ainda que a concepção de um cenário pessimista possa ser estabelecida em algum momento futuro, é moralmente relevante diferenciar entre, de um lado, o desenvolvimento da geoengenharia como uma possibilidade que possa ser eventualmente utilizada por gerações futuras para conter o aumento da temperatura global e, de outro, a efetiva permissão para que tal cenário de implementação se concretize. Nesse sentido, a geoengenharia configura-se mais como parte de um horizonte a ser evitado do que como uma estratégia normativamente desejável. Apesar disso, como demonstrado anteriormente, pesquisas e testes já estão sendo planejados. Diante desse contexto, o papel da ética e da filosofia política consiste em oferecer formas de orientar os esforços envolvendo a geoengenharia, de modo que possam ser inseridos no contexto da justiça climática.

Bibliografia

AGÊNCIA DE NOTÍCIAS FRANCESA. Com Trump, o negacionismo climático intensificará o aquecimento global. CartaCapital, seção Mundo, 6 nov. 2024. Disponível em: <https://www.cartacapital.com.br/mundo/com-trump-o-negacionismo-climatico-intensificara-o-aquecimento-global/>. Acesso em: 15 jan. 2025.

BAUM, C. M. et al. The state of carbon dioxide removal. [S. l.]: University of Oxford's Smith School of Enterprise and the Environment, [s. d.]. Disponível em: <https://www.stateofcdr.org>. Acesso em: 15 jan. 2025.

BEARAK, M. Petrobras quer transição energética, mas vai até a última gota de petróleo, diz Prates. Folha de S.Paulo, São Paulo, 13 mar. 2024. Seção Mercado. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2024/03/petrobras-quer-transicao-energetica-mas-vai-ate-a-ultima-gota-de-petroleo-diz-prates.shtml>. Acesso em: 20 jul. 2025.

BIERMANN, F. et al. Solar geoengineering: the case for an international non-use agreement. WIREs Climate Change, v. 13, n. 3, 2022. DOI: 10.1002/wcc.754. Disponível em: <https://wires.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/wcc.754>. Acesso em: 16 jan. 2025.

BONNHEIM, N. B. History of climate engineering. WIREs Climate Change, v. 1, n. 6, p. 891–897, nov. 2010. DOI: 10.1002/wcc.82. Disponível em: <https://wires.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/wcc.82>. Acesso em: 22 jul. 2025.

BUCHANAN, A. Social moral epistemology. Social Philosophy and Policy, v. 19, n. 2, p. 126–152, jul. 2002. DOI: 10.1017/S0265052502192065. Disponível em: https://www.cambridge.org/core/product/identifiier/S0265052502192065/type/journal_article. Acesso em: 13 jan. 2026.

CALLIES, D. Climate engineering: a normative perspective. Lanham, MD: Lexington Books, 2019. DOI: 10.5040/9781666987782.

COLLINGRIDGE, D. The social control of technology. Milton Keynes: Open University Press, 1981.

CORRY, O. The international politics of geoengineering: the feasibility of Plan B for tackling climate change. Security Dialogue, v. 48, n. 4, p. 297–315, ago. 2017. DOI: 10.1177/0967010617704142. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0967010617704142>. Acesso em: 4 jan. 2026.

CRUTZEN, P. J. Albedo enhancement by stratospheric sulfur injections: a contribution to resolve a policy dilemma? *Climatic Change*, v. 77, n. 3–4, p. 211–219, ago. 2006. DOI: 10.1007/s10584-006-9101-y. Disponível em: <https://link.springer.com/10.1007/s10584-006-9101-y>. Acesso em: 9 set. 2023.

DEV, A. Life in a “sinking nation”: Tuvalu’s dreams of dry land. *The Guardian*, seção News, 14 ago. 2025. Disponível em: <https://www.theguardian.com/news/2025/aug/14/how-to-leave-a-sinking-nation-tuvalu-dreams-of-dry-land>. Acesso em: 27 dez. 2025.

DWORKIN, G. Paternalism. In: ZALTA, E. N. (org.). *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Winter 2017 ed. Stanford: Metaphysics Research Lab, Stanford University, 2017. Disponível em: <https://plato.stanford.edu/archives/win2017/entries/paternalism/>. Acesso em: 13 jan. 2026.

EUROPEAN COMMISSION’S GROUP OF CHIEF SCIENTIFIC ADVISORS. *Reflecting sunlight: recommendations for solar geoengineering research and research governance*. Washington, DC: National Academies Press, [s. d.]. DOI: 10.17226/25762. Disponível em: <https://www.nap.edu/catalog/25762>. Acesso em: 15 jan. 2025.

FRICKEL, S.; SAPINSKI, J.; MALM, A.; BUCK, H. (org.). *Has it come to this?: the promises and perils of geoengineering on the brink*. New Brunswick; London: Rutgers University Press, 2020. (Nature, society, and culture).

GARDINER, Stephen M. *A perfect moral storm: the ethical tragedy of climate change*. New York: Oxford University Press, 2011.

GARDINER, S. Is “arming the future” with geoengineering really the lesser evil? In: GARDINER, S. *Climate ethics*. Oxford: Oxford University Press, 2010. DOI: 10.1093/oso/9780195399622.003.0026. Disponível em: <https://academic.oup.com/book/40950/chapter/349157248>. Acesso em: 15 jan. 2025.

GARDINER, S.; CANEY, S.; JAMIESON, D.; SHUE, H. (org.). *Climate ethics: essential readings*. New York: Oxford University Press, 2020. DOI: 10.1093/oso/9780195399622.001.0001.

GARDINER, S.; FRAGNIÈRE, A. The Tollgate Principles for the governance of geoengineering: moving beyond the Oxford Principles to an ethically more robust approach. *Ethics, Policy & Environment*, v. 21, n. 2, p. 143–174, 2018. DOI: 10.1080/21550085.2018.1509472. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/21550085.2018.1509472>. Acesso em: 22 dez. 2025.

GARDINER, S.; OBST, A. *Dialogues on climate justice*. 1. ed. New York: Routledge, 2022. DOI: 10.4324/9781003123408. Disponível em: <https://www.taylorfrancis.com/books/9781003123408>. Acesso em: 29 mar. 2023.

GOSSERIES, A. *Pensar a justiça entre gerações: do caso Perruche à reforma das pensões*. 1. ed. Coimbra: Edições Almedina, 2015.

GROTIUS, H. *The free sea*. Tradução de Richard Hakluyt. Indianapolis, Ind.: Liberty Fund, 2004. (Natural law and enlightenment classics).

GULARTE, J. Não podemos ter medo de nossas potencialidades, diz Alexandre Silveira. *O Globo*, 14 set. 2023. Seção Economia. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/economia/noticia/2023/09/14/nao-podemos-ter-medo-de-nossas-potencialidades-diz-alexandre-silveira.ghml>. Acesso em: 15 jan. 2025.

HO, D. T. Carbon dioxide removal is not a current climate solution — we need to change the narrative. *Nature*, [S. l.], v. 616, n. 7955, p. 9, 2023. DOI: 10.1038/d41586-023-00953-x. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/d41586-023-00953-x>. Acesso em: 23 jul. 2025.

HORTON, J.; KEITH, D. Solar geoengineering and obligations to the global poor. In: PRESTON, C. J. (ed.). *Climate justice and geoengineering: ethics and policy in the atmospheric Anthropocene*. London; New York: Rowman & Littlefield International, 2016. p. 79–93.

HOUREQUIN, M. Climate change, climate engineering, and the “global poor”: what does justice require? *Ethics, Policy & Environment*, v. 21, n. 3, p. 270–288, 2018. DOI: 10.1080/21550085.2018.1562525. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/21550085.2018.1562525>. Acesso em: 25 jul. 2025.

IPCC. Annex I: glossary. In: IPCC. *Climate change 2022: mitigation of climate change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge; New York: Cambridge University Press, 2022. p. 1793–1820. DOI: 10.1017/9781009157926.020.

IPCC. *Climate change 2014: mitigation of climate change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. New York: Cambridge University Press, 2014.

IPCC. *Climate change 2022: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.

Cambridge: Cambridge University Press, 2022a. DOI: 10.1017/9781009325844. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/product/identifier/9781009325844/type/book>. Acesso em: 2 set. 2023.

IPCC. Climate change 2022: mitigation of climate change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge; New York: Cambridge University Press, 2022b. DOI: 10.1017/9781009157926.

IPCC. Climate change 2023: synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva: IPCC, 2023. DOI: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>. Acesso em: 8 jan. 2026.

ISACHENKO, A. G. Landscape as a subject of human impact. *Soviet Geography*, v. 16, n. 10, p. 631–643, 1975. DOI: 10.1080/00385417.1975.10640100. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00385417.1975.10640100>. Acesso em: 22 jul. 2025.

IVRY, S. Playing God with de-extinction. *JSTOR Daily*, 12 nov. 2025. Disponível em: <https://daily.jstor.org/playing-god-with-de-extinction/>. Acesso em: 27 dez. 2025.

JAMIESON, D. Ethics and intentional climate change. *Climatic Change*, v. 33, n. 3, p. 323–336, 1996. DOI: 10.1007/BF00142580. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/BF00142580>. Acesso em: 18 jan. 2025.

JAMIESON, D. Ethics, public policy, and global warming. *Science, Technology, & Human Values*, v. 17, n. 2, p. 139–153, 1992. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/689781>. Acesso em: 18 jan. 2025.

JONAS, H. O princípio responsabilidade: ensaio de uma ética para a civilização tecnológica. Tradução de Marijane Lisboa e Luiz Barros Montez. Rio de Janeiro: Contraponto; Editora da PUC-Rio, 2006.

KEITH, D. W. Geoengineering the climate: history and prospect. *Annual Review of Environment and Resources*, v. 25, p. 245–284, 2000. DOI: 10.1146/annurev.energy.25.1.245.

KURAMOCHI, T. et al. Ten key short-term sectoral benchmarks to limit warming to 1.5 °C. *Climate Policy*, v. 18, n. 3, p. 287–305, 2018. DOI: 10.1080/14693062.2017.1397495. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14693062.2017.1397495>. Acesso em: 20 abr. 2025.

MARCHETTI, C. On geoengineering and the CO₂ problem. *Climatic Change*, v. 1, n. 1, p. 59–68, 1977. DOI: 10.1007/BF00162777. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/BF00162777>. Acesso em: 22 jul. 2025.

MARTIN, C.; MOORE, S. The battle over blocking the sun. *Foreign Affairs*, 14 ago. 2024. Disponível em: <https://www.foreignaffairs.com/world/solar-geoengineering-stratospheric-aerosol-injection-craig-martin-scott-moore>. Acesso em: 20 jul. 2025.

MARTINELLI, L.; OKSANEN, M.; SIIPI, H. De-extinction: a novel and remarkable case of bio-objectification. *Croatian Medical Journal*, v. 55, n. 4, p. 423–427, 2014. DOI: 10.3325/cmj.2014.55.423. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4157387/>. Acesso em: 27 dez. 2025.

MCLAREN, D. Mitigation deterrence and the “moral hazard” of solar radiation management. *Earth’s Future*, v. 4, n. 12, p. 596–602, 2016. DOI: 10.1002/2016EF000445. Disponível em: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/2016EF000445>. Acesso em: 16 jan. 2025.

MIT TECHNOLOGY REVIEW. A startup says it’s begun releasing particles into the atmosphere, in an effort to tweak the climate. *MIT Technology Review*, 24 dez. 2022. Disponível em: <https://www.technologyreview.com/2022/12/24/1066041/a-startup-says-its-begun-releasing-particles-into-the-atmosphere-in-an-effort-to-tweak-the-climate/>. Acesso em: 16 jan. 2025.

MOELLENDORF, D. *Mobilizing hope: climate change and global poverty*. 1. ed. Oxford: Oxford University Press, 2022. DOI: 10.1093/oso/9780190875619.001.0001. Disponível em: <https://academic.oup.com/book/41476>. Acesso em: 2 set. 2023.

MORROW, D.; SVOBODA, T. Geoengineering and non-ideal theory. *Public Affairs Quarterly*, v. 30, n. 1, p. 83–102, 2016. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/44732760>. Acesso em: 20 ago. 2025.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável*. Brasília: Nações Unidas Brasil, 2025. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 18 abr. 2025.

NARCISA, T. ONU vê progresso nas metas climáticas, mas alerta para ritmo insuficiente. *CNN Brasil*, 28 out. 2025. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/internacional/onu-ve-progesso-nas-metas-climaticas-mas-alerta-para-ritmo-insuficiente/>. Acesso em: 17 dez. 2025.

NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES. *Policy implications of greenhouse warming: mitigation, adaptation, and the science base*. Washington, DC: National Academies Press,

1992. DOI: 10.17226/1605. Disponível em: <http://www.nap.edu/catalog/1605>. Acesso em: 22 jul. 2025.

NATIONAL GEOGRAPHIC. Aquecimento global: o que é a era da ebulição? National Geographic Brasil, [S. l.], 27 jul. 2023. Disponível em: <https://www.nationalgeographicbrasil.com/meio-ambiente/2023/07/aquecimento-global-o-que-e-a-era-da-ebulicao>. Acesso em: 17 abr. 2025.

NEUMAM, C. Dubai usa drones para fazer chuva artificial e conter calor de quase 50 °C. CNN Brasil, [S. l.], 23 jul. 2021. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/tecnologia/dubai-usa-drones-para-fazer-chuva-artificial-e-conter-calor-de-quase-50c/>. Acesso em: 11 maio 2025.

ONU NEWS. Guterres alerta para “momento decisivo” na luta contra mudança climática. ONU News, [S. l.], 5 jun. 2024. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2024/06/1832726>. Acesso em: 17 abr. 2025.

ORESQUES, N.; CONWAY, E. M. Merchants of doubt: how a handful of scientists obscured the truth on issues from tobacco smoke to global warming. New York: Bloomsbury Press, 2010.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Agenda 21: programme of action for sustainable development. New York: United Nations Department of Public Information, 1993. Disponível em: <http://bd.camara.gov.br/>. Acesso em: 2 set. 2023.

PARFIT, D. Reasons and persons. Oxford: Clarendon Press, 1987. 543 p.

PIVETTA, M. Ano de 2023 é o mais quente do planeta desde 1850. Pesquisa FAPESP, 28 jan. 2024. Edição 336, fev. 2024. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/ano-de-2023-e-o-mais-quente-do-planeta-desde-1850/>. Acesso em: 31 dez. 2024.

RAWLS, John. A Theory of Justice. Cambridge, MA: Belknap Press of Harvard University Press, 2005.

RAYNER, S.; REDGWELL, C.; SAVULESCU, J.; PIDGEON, N.; KRUGER, T. Draft principles for the conduct of geoengineering research. Memorandum submetido ao Science and Technology Committee, House of Commons, Parlamento do Reino Unido, 2009. Disponível em: <https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/publications/memorandum-on-draft-principles-for-the-conduct-of-geoengineering-research>. Acesso em: 24 de abr. 2023.

RAYNER, S.; HEYWARD, C.; KRUGER, T.; PIDGEON, N.; REDGWELL, C.; SAVULESCU, J. The Oxford Principles. Climatic Change, v. 121, n. 3, p. 499–512, 2013.

DOI: 10.1007/s10584-012-0675-2. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s10584-012-0675-2>. Acesso em: 23 abr. 2023.

RETEYUM, A. Y.; D'YAKONOV, K. M.; KUNITSYN, L. F. The interplay between engineering structures and the environment and the formation of geo-engineering systems. *Soviet Geography*, v. 14, n. 2, p. 106–116, 1973. DOI: 10.1080/00385417.1973.10770568. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00385417.1973.10770568>. Acesso em: 22 jul. 2025.

ROYAL SOCIETY. Geoengineering the climate: science, governance and uncertainty. London: [The Royal Society](https://royalsociety.org/), 2009. (RS Policy document, 10/09). Disponível em: <https://royalsociety.org/-/media/policy/publications/2009/8693.pdf>. Acesso em 10 jan. 2024.

ROYAL SOCIETY. Solar radiation management: the governance of research. London: Royal Society, 2011. Disponível em: https://royalsociety.org/-/media/policy/projects/solar-radiation-governance/des2391_srmgi-report_web.pdf. Acesso em: 15 set. 2025.

SAPEA. Solar radiation modification: evidence review report. Berlin: SAPEA, 2024. DOI: 10.5281/zenodo.14283096. Disponível em: <https://zenodo.org/doi/10.5281/zenodo.14283096>. Acesso em: 23 jul. 2025.

SARNO, N. US-Israeli start-up Stardust Solutions plans reckless outdoor experiments of highly controversial solar geoengineering from April 2026. Center for International Environmental Law, [S. l.], 28 out. 2025. Disponível em: <https://www.ciel.org/news/us-israeli-start-up-announces-reckless-solar-geoengineering-experiments-from-april-2026/>. Acesso em: 1 dez. 2025.

SCHELLING, T. C. Anticipating climate change: implications for welfare and policy. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, v. 26, n. 8, p. 6–35, 1984. DOI: 10.1080/00139157.1984.9932519. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00139157.1984.9932519>. Acesso em: 22 jul. 2025.

SCHUBERT, J. Engineering the climate: science, politics, and visions of control. Manchester: Mattering Press, 2021. 274 p.

SHUE, H. The pivotal generation: why we have a moral responsibility to slow climate change right now. Princeton: Princeton University Press, 2021. 187 p.

SVOBODA, T. The ethics of climate engineering: solar radiation management and non-ideal justice. 1. ed. Abingdon; New York: Routledge, 2017. DOI: 10.4324/9781315468532.

Disponível em: <https://www.taylorfrancis.com/books/9781315468525>. Acesso em: 20 ago. 2025.

TOLLEFSON, J. First sun-dimming experiment will test a way to cool Earth. *Nature*, v. 563, p. 613–615, 2018. DOI: 10.1038/d41586-018-07533-4.

TRENBERTH, K. E.; DAI, A. Effects of Mount Pinatubo volcanic eruption on the hydrological cycle as an analog of geoengineering. *Geophysical Research Letters*, [S. l.], v. 34, n. 15, p. L15702, 2007. DOI: 10.1029/2007GL030524. Disponível em: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2007GL030524>. Acesso em: 1 jan. 2026.

UNITED NATIONS. United Nations Framework Convention on Climate Change. [S. l.]: United Nations, 1992. Disponível em: <https://fijiclimatchangeportal.gov.fj/ppss/united-nations-framework-convention-on-climate-change/>. Acesso em: 2 set. 2023.

WALLACE-WELLS, D. A Terra inabitável: uma história do futuro. São Paulo: Companhia das Letras, 2019. 320 p.

WANG, Y.; ZHU, Y.; COOK-PATTON, S. C.; SUN, W.; ZHANG, W.; CIAIS, P.; LI, T.; SMITH, P.; YUAN, W.; ZHU, X.; CANADELL, J. G.; DENG, X.; XU, Y.; XU, H.; YUE, C.; QIN, Z. Land availability and policy commitments limit global climate mitigation from forestation. *Science*, v. 389, p. 931–934, 2025. DOI: 10.1126/science.adj6841.

WIENERS, C.; HOFBAUER, B.; DE VRIES, I.; HONEGGER, M.; VISIONI, D.; RUSSCHENBERG, H.; FELGENHAUER, T. Solar radiation modification is risky, but so is rejecting it: a call for balanced research. 2024. Disponível em: <https://www.call-for-balance.com/letter>. Acesso em: 16 jan. 2025.

WIGLEY, T. M. L. A combined mitigation/geoengineering approach to climate stabilization. *Science*, v. 314, n. 5798, p. 452–454, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1131728>

WILLISTON, B. The ethics of climate change: an introduction. 2. ed. London: Routledge, 2023. DOI: <https://doi.org/10.4324/9781003284925>