



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA
MONOGRAFIA FINAL DE CURSO

OS IMPACTOS DA ELEVAÇÃO DO NÍVEL DO MAR SOBRE A REGIÃO
METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO

Alexandre Arnaud Soares Ferreira

Matrícula: 1521169

Orientador: Sérgio Besserman Vianna

Julho de 2020



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA
MONOGRAFIA FINAL DE CURSO

OS IMPACTOS DA ELEVAÇÃO DO NÍVEL DO MAR SOBRE A REGIÃO
METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO

Alexandre Arnaud Soares Ferreira

Matrícula: 1521169

Orientador: Sérgio Besserman Vianna

Julho de 2020

Declaro que o presente trabalho é de minha autoria e que não recorri para realizá-lo, a nenhuma forma de ajuda externa, exceto quando autorizado pelo professor tutor.

Alexandre Arnaud Soares Ferreira

As opiniões expressas neste trabalho são de responsabilidade única e exclusiva do autor.

Agradecimentos

Em primeiro lugar gostaria de agradecer à minha família. Obrigado por me proporcionarem estar aqui e terem acreditado em mim.

Agradeço à minha mãe, Denise, por ser essa pessoa forte, mas ao mesmo tempo sentimental e carinhosa. Muitas qualidades que vejo em mim eu vejo em você. Agradeço por ter um amor enorme por mim e pelas pessoas que eu amo, agradeço seu bom humor e agradeço também seus defeitos, sua teimosia, sua inquietação.

Agradeço também ao meu pai, Evaldo, pelos incentivos, pelas conversas e pelo carinho por mim. Obrigado por ser companheiro e por sempre tentar melhorar como pessoa.

Quero agradecer aos meus irmãos Luiz Paulo, Dadi e Vanessa em um momento onde uns ficaram mais longe, outros mais perto. Torço muito para que seus sonhos e seus desejos se realizem. Obrigado Luiz por também ser meu melhor amigo e estar comigo nos momentos bons e ruins. Te amo.

Quero agradecer à minha vó Lacy pelo carinho, pelas conversas e pelos aprendizados. Quero agradecer também aos meus tios e tias, minha prima Luiza e também àqueles que já se foram: meu avô Mario, que é uma inspiração para mim, meu avô Evaldo, minha vó Germana e minha tia Deyse. Obrigado.

Quero agradecer também aos meus amigos que sempre me acolheram como uma família principalmente em momentos que foram necessários. Em especial: Clarice, Pedro Thiengo, Handel, Serpa, Químico, Pava, Karina, Kogut, PPS, Haniel, Julia, Miguel e Carol. Amo vocês.

Agradeço também ao meu orientador Besserman que mesmo em um momento conturbado foi solícito e me auxiliou na minha formação como indivíduo, assim como outros professores que infelizmente não há como mencionar aqui.

“What we know is a drop, what we don’t know is an ocean.”

— Isaac Newton

Sumário

1	Introdução	7
2	Motivação	10
3	Revisão da Literatura	16
4	Rio de Janeiro	20
5	Conclusão	23
	Bibliografia	24

Lista de Figuras

Figura 1: Concentração de CO ₂	10
Figura 2: Cenários de Temperatura	11
Figura 3: Cenário de Emissões, concentração de CO ₂ e aumento da temperatura	12
Figura 4: Cenários de Elevação do Nível do Mar	13
Figura 5: Aceleração da Elevação do Nível do Mar	14
Figura 6: Mapa das áreas vulneráveis de um recorte da Zona Oeste	17
Figura 7: Fronteiras do Planeta	18
Figura 8: Vulnerabilidade de Rio das Pedras frente à Elevação do Nível do Mar	21
Figura 9: Mapa de Vulnerabilidade Região Metropolitana do Rio de Janeiro	22

1. Introdução

Ano após ano são gerados consideráveis estudos empíricos que evidenciam o impacto antropogênico no aquecimento do planeta. A influência humana na dinâmica dos sistemas ambientais e na disponibilidade de recursos naturais é um consenso científico há décadas¹ o que nos permite afirmar que estamos esquentando a Terra e, mesmo já presenciando consequências deste ato, iremos testemunhar a sua intensificação nos próximos anos.

Mudanças estão sendo feitas em diversos lugares, na qual empresas e governos locais observam o estado da arte das pesquisas sobre a emergência climática e respondem com inovações tecnológicas e políticas. Entretanto, a crise climática é um assunto ainda pouco discutido no Brasil, sendo considerado menos relevante, perdendo espaço para temas que de fato costumam ser mais urgentes (evidenciado pela lenta recuperação econômica do país e crise fiscal generalizada nos entes federativos) como a qualidade da saúde e educação, o nível de desemprego, a segurança pública e a corrupção.

Mesmo que os impactos da emergência climática não estejam no radar da população (em grande parte pela dificuldade de mensuração devido a imprevisibilidade e baixa divulgação científica), é imprescindível que os governos federal, estadual e municipal procurem conhecer possíveis vulnerabilidades em suas regiões e promovam uma agenda que mitiguem seus efeitos. É importante salientar que as consequências afetam não apenas o chamado “meio ambiente”, mas a população em geral, em especial os mais pobres², por estarem mais suscetíveis a catástrofes, devido às áreas vulneráveis em que vivem e à capacidade de resiliência; e as gerações futuras, pois irão presenciar de forma mais frequente e contundente os danos oriundos de alterações do clima.

Algumas razões para se preocupar (*Reasons For Concern*³), de forma resumida, são: (i) a destruição de diversos ecossistemas, impactando a vida de sociedades que dependem destes (e.g. recifes de corais); (ii) os eventos climáticos extremos, como ondas

¹ Em Cook et al. (2016) é feito uma síntese de outros estudos corroborando com o consenso.

² Informação disseminada em diversos estudos, mas principalmente em AR5 Synthesis Report: Climate Change 2014, IPCC.

³ Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate, IPCC (2019).

de calor, inundações e forte precipitação (que pode ocasionar deslizamentos); (iii) a distribuição de impacto, na qual o risco é distribuído de maneira desigual entre a população e entre as regiões do planeta, sendo as pessoas/regiões mais pobres as mais vulneráveis; (iv) os impactos globais agregados, devido a perdas na biodiversidade, nos serviços e bens naturais, e em toda economia mundial; (v) e a grande escala de eventos singulares, na qual há chance de mudanças abruptas ou até irreversíveis, como o branqueamento dos corais, o ecossistema do Ártico e – o que será o tema desta monografia - a Elevação do Nível do Mar (ENM⁴).

O Antropoceno é o termo popularizado por Paul Crutzen para denominar a atual época geológica, na qual diversas condições e processos na Terra são alterados pelo impacto humano. O Holoceno, época geológica predecessora ao Antropoceno, tem início há cerca de 11.650 anos, após o último período glacial⁵, o que possibilitou a primeira revolução agrícola e o desenvolvimento de grandes civilizações. A adoção da época do *antrophos* (“humano” em grego antigo) pela academia ainda está em debate⁶, assim como sua data de início.

A hipótese mais consensual seria na metade da década passada, em meados de 1945, mais especificamente no dia 16 de julho de 1945. Neste dia foi realizado o primeiro teste nuclear, na região do Novo México (EUA), com o codinome “Trinity”. Este ano também foi denominado pela *Geological Society* como “A Grande Aceleração”, na qual o crescimento populacional, a industrialização e a globalização começaram a apresentar altíssimas taxas⁷

A partir desse *boom* na segunda metade do século passado, começaram a ser geradas vastas evidências sobre a degradação ambiental e a escassez crescente, subsequentemente, de bens e serviços ambientais. Estes últimos citados se diferem dos demais bens e serviços pelo seu caráter público, pois são não-rival e não-excludente⁸: O consumo de ar, por exemplo, por uma pessoa não impede o consumo por outra pessoa e não há como excluir alguém de consumir ar; aumento ou diminuição na qualidade do ar

⁴ Daqui em diante, sempre que for falado Elevação do Nível do Mar (*Sea Level Rise*) estamos nos referindo a elevação média.

⁵ Harari, 2015.

⁶ Até a presente data, a Comissão Internacional sobre Estratigrafia (ICS) e a União Internacional de Ciências Geológicas (IUGS) ainda não aprovaram a adoção do termo.

⁷ Pinker, 2018

⁸ Becker et al., 2011

é algo comum a todos em uma determinada localização. Essa natureza gera uma falha de mercado, produzida pela externalidade negativa da degradação ambiental. Trata-se da maior falha de mercado que o mundo já viu.⁹

⁹ Stern, 2008

2. Motivação

A queima de combustíveis fósseis (principalmente o carvão, petróleo e gás natural) desde a Revolução Industrial até os dias atuais foi o principal vetor que gerou um aumento na emissão de gases de efeito estufa (GHG¹⁰), intensificado a partir do Antropoceno (1945), que por sua vez resultou em um acúmulo de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera de mais de 400 partes por milhão, níveis mais altos em 800 mil anos¹¹. O estoque de dióxido de carbono no ar provoca o “efeito estufa” aprisionando parte da radiação solar que seria refletida para fora da atmosfera (devido ao albedo da Terra), resultando em um aumento da temperatura do planeta, fenômeno este conhecido como Aquecimento Global.

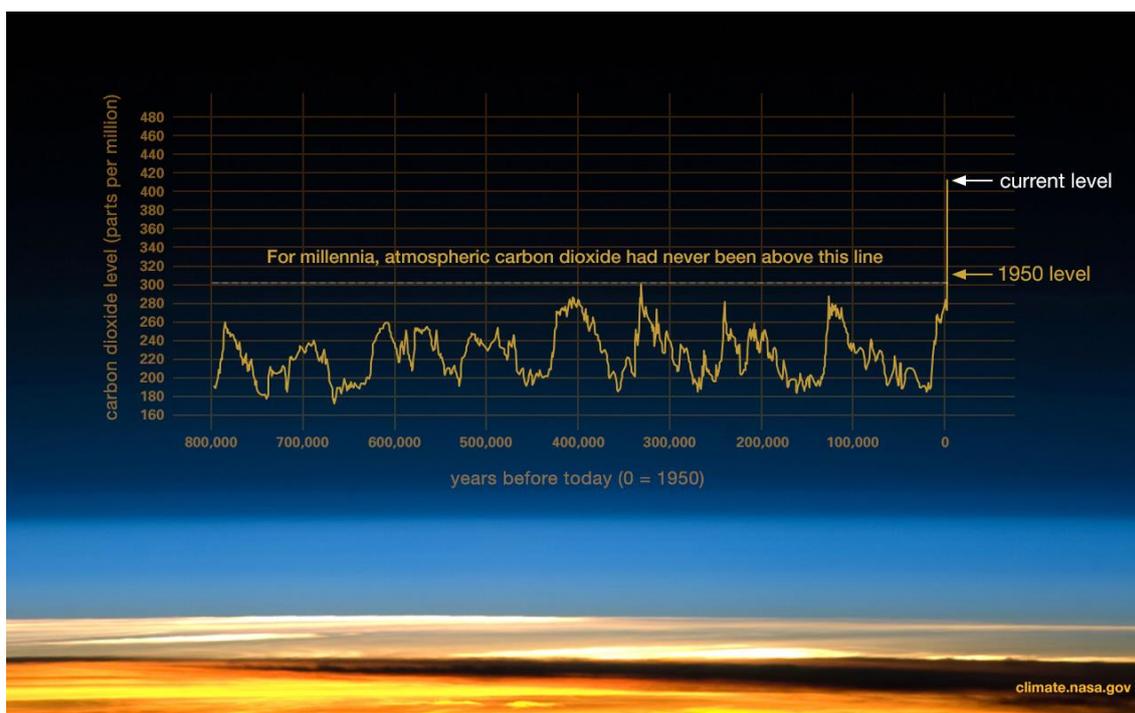


Figura 1: Concentração de CO₂. Obtido a partir de amostras de núcleo de gelos, evidencia o aumento desde a Revolução Industrial e uma explosão a partir de 1950.¹²

¹⁰ *Greenhouse gases*

¹¹ AR5 Synthesis Report: Climate Change 2014, IPCC e National Aeronautics and Space Administration (NASA)

¹² climate.nasa.gov/evidence

O Aquecimento Global antropogênico é responsável pela expansão termal dos oceanos e derretimento dos mantos e calotas de gelo e das geleiras, os dois principais fatores que ocasionam o aumento no nível médio do mar. Este último não é o único impacto, mas pode ser um dos mais graves e é inconcebível que medidas não sejam tomadas para amenizar seus possíveis danos em cidades costeiras nas próximas décadas¹³.

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) é aceito internacionalmente como a principal autoridade sobre Mudanças Climáticas. Os cenários elaborados por ele permitem, por exemplo, observar o estado da arte do consenso científico sobre aumento da temperatura terrestre, a Elevação média do Nível do Mar, acúmulo de dióxido de carbono na atmosfera.

Table SPM.1: Projected global mean surface temperature change relative to 1850–1900 for two time periods under four RCPs¹⁶.

Scenario	Near-term: 2031–2050		End-of-century: 2081–2100	
	Mean (°C)	<i>likely</i> range (°C)	Mean (°C)	<i>likely</i> range (°C)
RCP2.6	1.6	1.1 to 2.0	1.6	0.9 to 2.4
RCP4.5	1.7	1.3 to 2.2	2.5	1.7 to 3.3
RCP6.0	1.6	1.2 to 2.0	2.9	2.0 to 3.8
RCP8.5	2.0	1.5 to 2.4	4.3	3.2 to 5.4

Figura 2: Cenários de Temperatura. Através de quatro trajetórias de concentração representativa de dióxido de carbono (ppm) é obtido o aumento de temperatura resultante.¹⁴

¹³ Vousdoukas, Ranasinghe, Mentaschi et al, 2020

¹⁴ Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate, IPCC (2019).

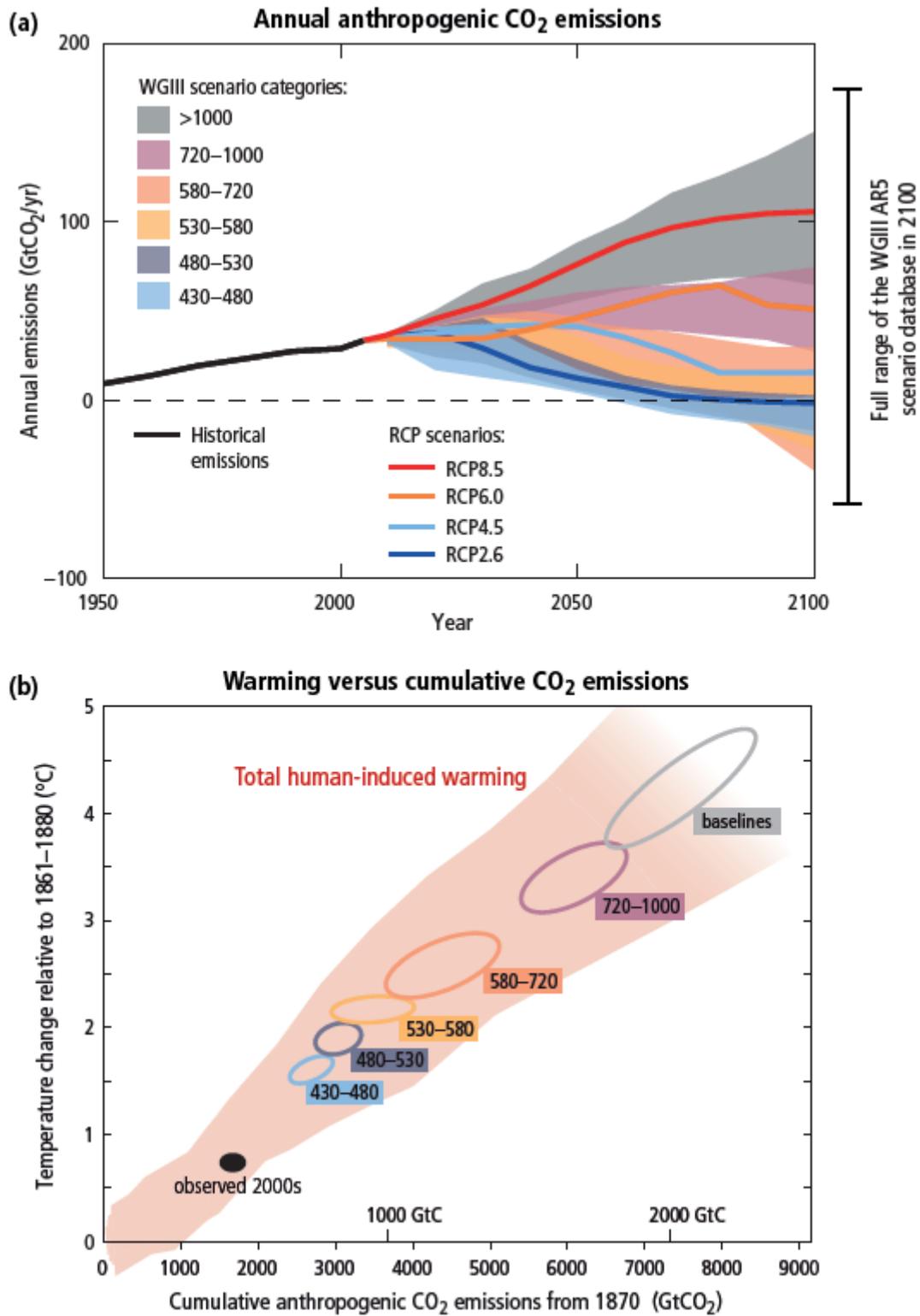


Figura 3: Cenário de Emissões, concentração de CO₂ e aumento da temperatura.¹⁵

¹⁵ Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate, IPCC (2019).

Como dito anteriormente, não são as emissões de dióxido de carbono (e demais gases de efeito estufa) que causam o aquecimento global, e sim o estoque desses gases na atmosfera impedindo que o calor absorvido pela Terra possa ser dissipado. O gráfico (a) constrói quatro possíveis trajetórias de emissão de dióxido de carbono e as relaciona, dentro de um intervalo, a um estoque de dióxido de carbono em parte por milhão (ppm).

Já no gráfico (b), cada elipse corresponde a um intervalo na qual um maior acúmulo de CO₂ corresponde a uma temperatura mais alta. A primeira impressão obtida ao olhar os gráficos e os dados mais recentes sobre emissão de GHG é que o tempo está se esgotando caso ainda há esperança de limitar o aquecimento a 2°C e alcançar a meta de 1.5°C do Acordo de Paris. As emissões são crescentes e sem previsão de redução a curto prazo e o acúmulo representativo de partes por milhão de dióxido de carbono já superou a marca de 410 ppm.

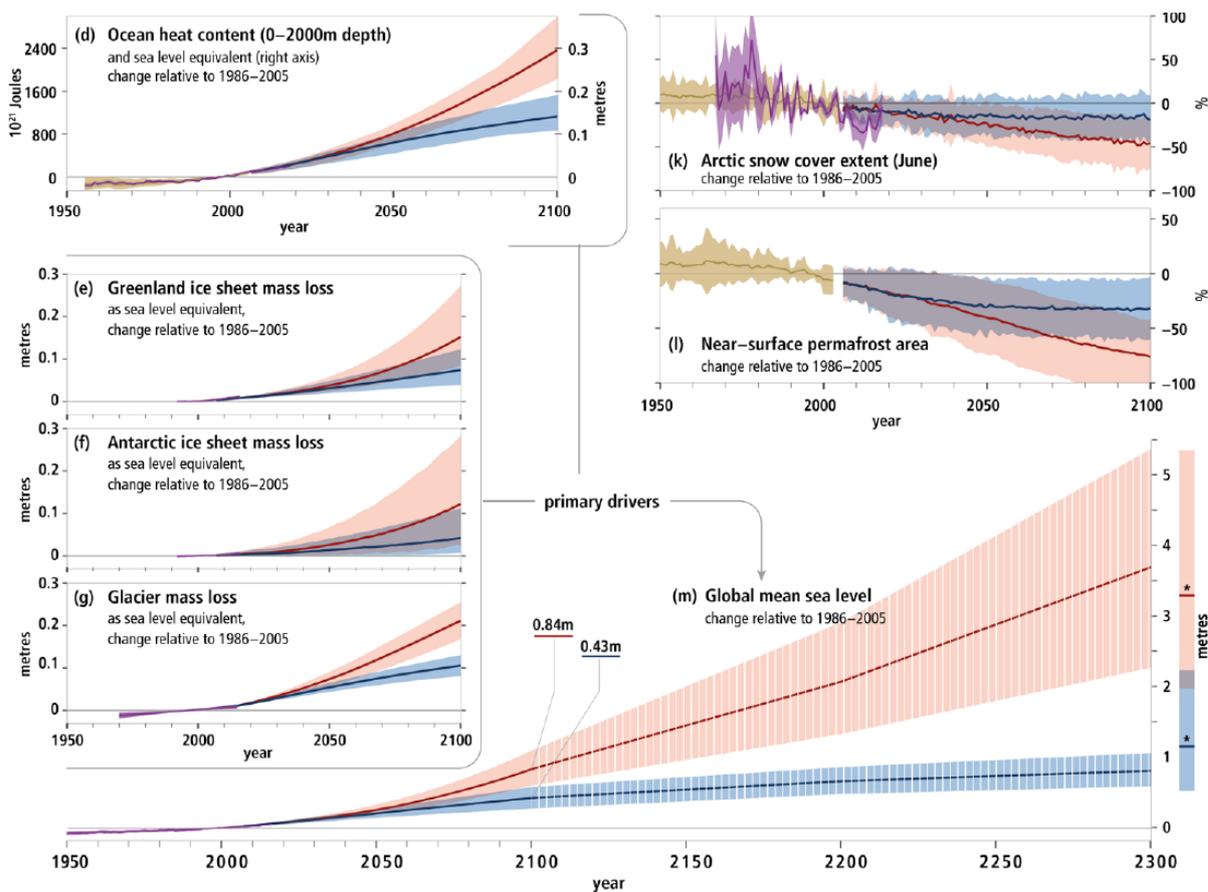


Figura 4: Cenários de Elevação do Nível do Mar.¹⁶

¹⁶ Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate, IPCC (2019).

Nesta Figura 4 podemos observar os principais fatores que levam a um aumento no nível médio do mar, assim como seus dados históricos observados/modelados e suas possíveis trajetórias. Os cenários projetados correspondem a uma trajetória de considerável redução da emissão de carbono até emissão zero no fim do século (RCP 2.6), cumprindo o Acordo de Paris, e outra trajetória considerada *business as usual* para alguns de manutenção da emissão de carbono, chegando a um aumento de mais de 4°C (RCP 8.5).

O gráfico (d) mostra o aumento do calor absorvido pelos oceanos que, multiplicado pelo coeficiente global médio de expansão termal¹⁷ é obtida uma aproximação da variação estérica do volume do oceano. Já os gráficos (e), (f) e (g) indicam uma crescente perda do manto de gelo da Groelândia, do manto de gelo da Antártida, e de geleiras, respectivamente. O resultado desses dois fatores são diversos como o branqueamento de corais, perda de biodiversidade, disponibilidade de água doce e insegurança alimentar¹⁸, e aumento do nível médio do mar.

O nível médio está aumentando e acelerou nas últimas décadas com um aumento nas taxas de descongelamento nos mantos de gelo da Groelândia e Antártida¹⁹, aumentando a frequência e a intensidade de eventos extremos, como ciclones e tempestades tropicais, e ondas extremas que, combinado a ENM, intensificam os perigos em zonas costeiras.

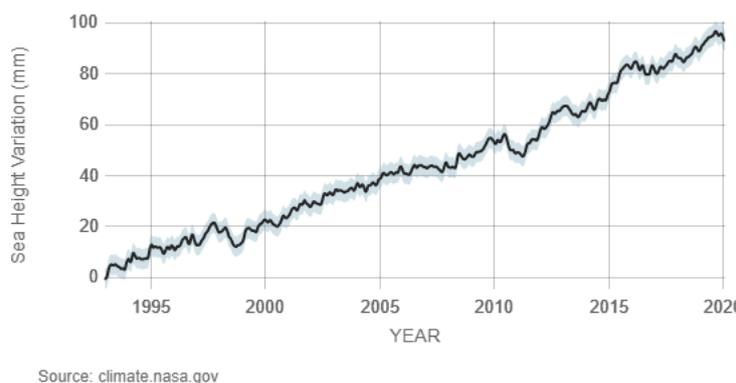


Figura 5: Aceleração da Elevação do Nível do Mar. Com crescimento em média de 3.3 mm/ano, o processo tem se intensificado nas últimas décadas.²⁰

¹⁷ $\epsilon \approx 0.125 \text{ m per } 10^{24} \text{ Joules}$

¹⁸ Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate, IPCC (2019).

¹⁹ Shepherd et al., 2018

²⁰ [nasa.gov/vital-signs/sea-level](https://climate.nasa.gov/vital-signs/sea-level)

A NASA tem observado os dados a variação da altura dos oceanos desde 1992, ano em que, junto com a agência espacial do governo francês (CNES²¹), lançaram o TOPEX/Poseidon. Após ele outros foram lançados (GRACE, Jason) e alguns ainda serão, como o SWOT (*Surface Water and Ocean Topography*) em 2021 para detectar com maior precisão dados como transporte de calor e carbono no oceano, acessar disponibilidade de água doce, e permitir novos modelos globais sobre água na superfície; e o NISAR (NASA-ISRO SAR Mission) em 2022 para estudar perigos e mudanças no meio ambiente, permitindo melhor entendimento dos efeitos e ritmo das mudanças climáticas.

Partindo disto, é nítido que haja interesse em estudar a ENM em um país cujo litoral corresponde a quase 7,5 mil km de extensão e potenciais vulnerabilidades, de modo a observar os estudos mais recentes e precisos sobre o tema e indicar um caminho para os entes governamentais e sociedade civil.²²

²¹ “The National Centre for Space Studies”

²² Nobre, Young, De Gusmao, 2011

3. Revisão da Literatura

O Rio de Janeiro está preparado para as mudanças climáticas? Olhando para apenas uma consequência, a Elevação do Nível do Mar é uma ameaça para uma cidade que está localizada em uma região costeira. Felizmente, o Rio é uma das poucas cidades brasileiras que realiza estudos sobre a vulnerabilidade e os riscos decorrentes da ENM²³, que deveria deixar os diversos entes governamentais, empresas e população em alerta sobre esse fenômeno, devido aos potenciais danos sociais e financeiros, a extensa costa litorânea e o amplo planejamento físico e fiscal buscando prevenir e remediar possíveis consequências.²⁴

É necessário, contudo, temperança na hora de afirmar o que irá acontecer e o dano que será causado. O modelo que prevê a ENM por se tratar de muitas décadas adiante envolve incerteza e efeitos não lineares, como as consequências do aquecimento do *permafrost*²⁵, e ações governamentais (e.g. realocação de moradias) podem ser invasivas e requerem um profundo estudo antes de serem tomadas.

Seguindo este mesmo raciocínio, com relação ao estudo realizado pelo IPP²⁶ é fundamental a produção de estudos de impactos físicos, financeiros e sociais, mapeando que infraestruturas estão vulneráveis, que obras precisam ser feitas, se há recurso para determinada intervenção, com uma visão de curto e médio/longo prazo e distribuição de risco nas áreas.

Com relação a avaliação de risco das infraestruturas próximas a áreas vulneráveis (e.g. COMPERJ), é importante levar em consideração as mudanças climáticas (não apenas a ENM) para realização de futuros projetos, devido ao custo de implementação altíssimo, o impacto econômico gerado, a importância para a população. Um exemplo poderia ser a ampliação da rede de saneamento básico que passa por uma análise sobre a ENM.²⁷

²³ Mandarino (em preparação), 2018

²⁴ Dereczynski, Silva e Marengo, 2013

²⁵ Pachauri et al., IPCC, 2014

²⁶ Instituto Pereira Passos é um instituto de pesquisa do Governo da Cidade do Rio de Janeiro.

²⁷ Lacerda et al., 2014. Esse estudo é justamente o que precisa ser disseminado e realizado em outras infraestruturas e outras cidades.

Ao longo das últimas décadas, a zona oeste do Rio foi uma das regiões que mais cresceu em termos populacionais, devido a expansão da mobilidade urbana para esta área, construções de infraestruturas e outros fatores. Como é ilustrado no relatório “Megacidades, vulnerabilidades e mudanças climáticas: Região Metropolitana do Rio de Janeiro”²⁸, esta é uma das regiões que serão mais afetadas, na área das Vargens e com a presença de diversas comunidades no entorno do sistema lagunar de Jacarepaguá. Neste caso, por exemplo, uma ação governamental que pode ser feita desde já é impedir que novas moradias sejam criadas em áreas de vulnerabilidade por precaução.

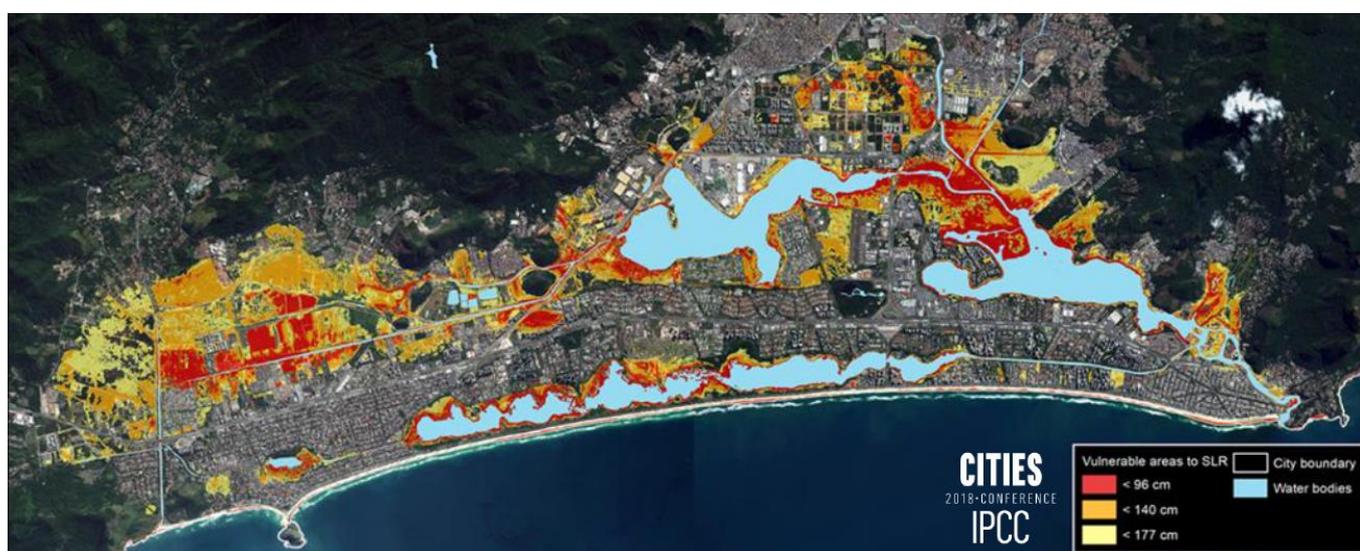


Figura 6: Mapa das áreas vulneráveis de um recorte da Zona Oeste.²⁹

Entre as medidas de prevenção destaca-se o reflorestamento em áreas próximas a corpos d’água e locais de possível alagamento ou desmoronamento, ações de engenharia como construções de diques e comportas, alargamento de praias e transformação de áreas afetadas em reserva ambiental.

A Elevação do Nível do Mar não é um fenômeno isolado e possui interação com outras consequências do aquecimento global, como a acidificação dos oceanos e a disponibilidade de água doce³⁰; e os seus impactos são multidimensionais, abrangendo

²⁸ Nobre, Young, De Gusmao, 2011

²⁹ Slide cedido pelo IPP de seu estudo em parceria com a NASA apresentado na *Cities IPCC Conference*

³⁰ Takakura et al., 2019

desde inundações de regiões até intrusão de sal nos lençóis freáticos, contaminando a água que seria usada para consumo e agricultura.

O centro de Resiliência de Estocolmo elaborou uma pesquisa estabelecendo as nove fronteiras planetárias e onde cada uma das nove variáveis está de acordo seu grau de risco. Publicada em 2015, com o título “*Planetary Boundaries: Guiding Human Development on a Changing Planet*”³¹ na revista *Science*, é possível notar como as mudanças climáticas já ultrapassaram uma “zona segura”, e a perda de biodiversidade já chegou em níveis de alto risco, com extrema incerteza dos impactos futuros. No estudo é corroborada a visão de que os bens e serviços ambientais são interligados e não há como negligenciar algum deles.

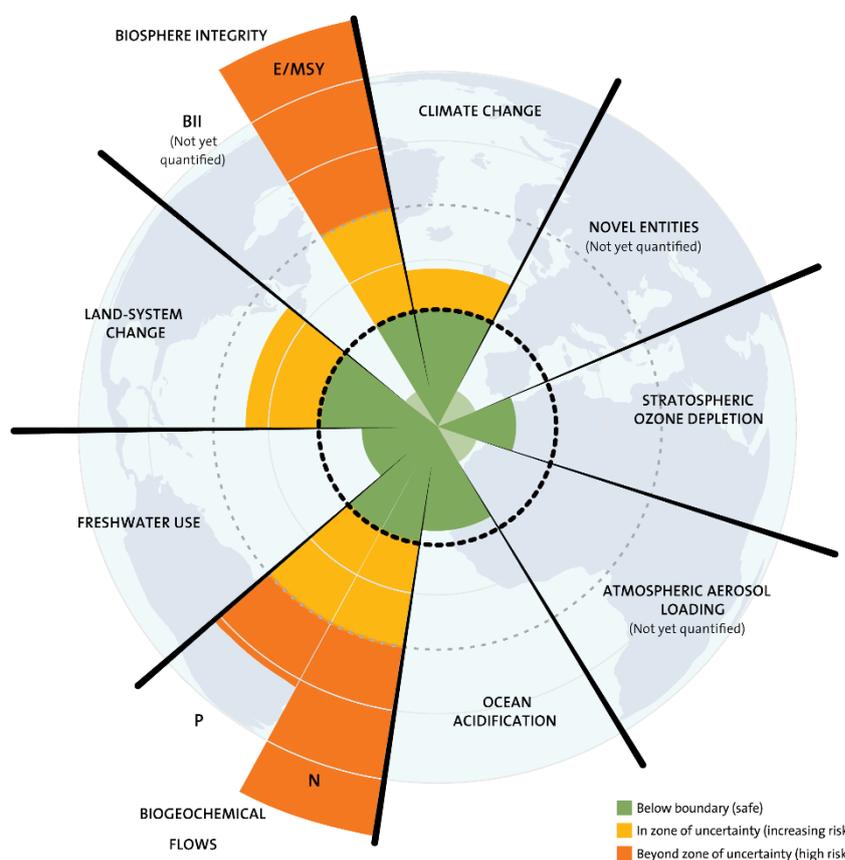


Figura 7: Fronteiras do Planeta³²

³¹ Steffen et al., 2015

³² Steffen et al., 2015

No caso da vulnerabilidade decorrente da ENM, os problemas já existentes de desigualdade social, qualidade da saúde pública, desempenho da educação, falta de saneamento básico, violência urbana etc. estão presentes e estão interligados. Não há como pensar em política pública voltada as mudanças climáticas sem envolver insolvência fiscal do governo incapacitando obras necessárias, investimento em capital humano para desenvolver novas tecnologias e inovações, desigualdade social para reduzir a violência e permitir oportunidades iguais para todos.³³

³³ Rosenzweig et al., 2018

4. Rio de Janeiro

O Rio de Janeiro têm sido uma das únicas cidades brasileiras a fazer um estudo sobre sua vulnerabilidade com relação a elevação do nível do mar. Junto ao Rio, cidades brasileiras estão fazendo estudos de mapeamento de vulnerabilidade frente as mudanças climáticas, principalmente com relação a ENM são: Santos, Vitoria, Recife). Com isso, torna-se adequado estudar o que a cidade tem produzido de conhecimento e avaliar a viabilidade de soluções. Mesmo que esta monografia proponha uma revisão sobre a ENM, consequências no litoral brasileiro e análise de estudos feitos por municípios para enfrentar os problemas vindouros, é necessária uma avaliação – ao menos na cidade do Rio – que indique a sua posição frente às vulnerabilidades e sua resiliência para mitigar possíveis danos.

O IPP realizou em parceria com a NASA um novo estudo sobre a ENM no Rio de Janeiro que ainda não foi publicado, mas que foi gentilmente disponibilizado para uso exclusivo de pesquisa acadêmica. Neste estudo é utilizado o conceito de vulnerabilidade das áreas do Rio de Janeiro frente a ENM. “A População socialmente vulnerável habitando assentamentos informais, como as favelas entorno do Sistema Lagunas de Jacarepaguá, são também as mais vulneráveis à ENMM, como no caso de Rio das Pedras”³⁴

Entretanto, ainda há lacunas para que a cidade possa mitigar possíveis consequências das mudanças climáticas. É preciso estudos complementares como um levantamento de infraestrutura vulnerável, os custos de perda e obras que porventura tenham que ser feitas, qual são as comunidades mais atingidas e o que a prefeitura deve fazer com relação a possíveis realocações. Alguns gaps tecnológicos, como uma referência vertical integrada para dados de altimetria e batimetria no litoral do Brasil

Algo que é de suma importância para manter em mente é que, quando se trata de elevação média do nível do mar, elevação media da temperatura global, estamos tratando de médias e não valores constantes: É preciso lembrar que pode ocorrer eventos

³⁴ Mandarin, 2018.

extremos, outliers, que irão antecipar os impactos que viriam em prazo mais longo. A precaução é importante em um cenário de muita incerteza e em um prazo muito longo.

O Rio possui fragilidades em suas encostas e com inundações que ano após ano causam mortes, destruição de casas e, segundo consenso científico mais recente, haverá aumento da periodicidade de eventos extremos e da intensidade destes. Mostra-se necessário que sejam feitos estudos por empresas e pela prefeitura sobre os custos. Assim como o apreçamento do carbono, segundo Arrow³⁵, é necessária uma solução mista buscando combinar vantagens únicas de governos e mercados. Empresas como a McKinsey Consultoria produzem estudos de custo positivo/negativo para que possa avaliar com mais precisão que estratégias devem ser tomadas.

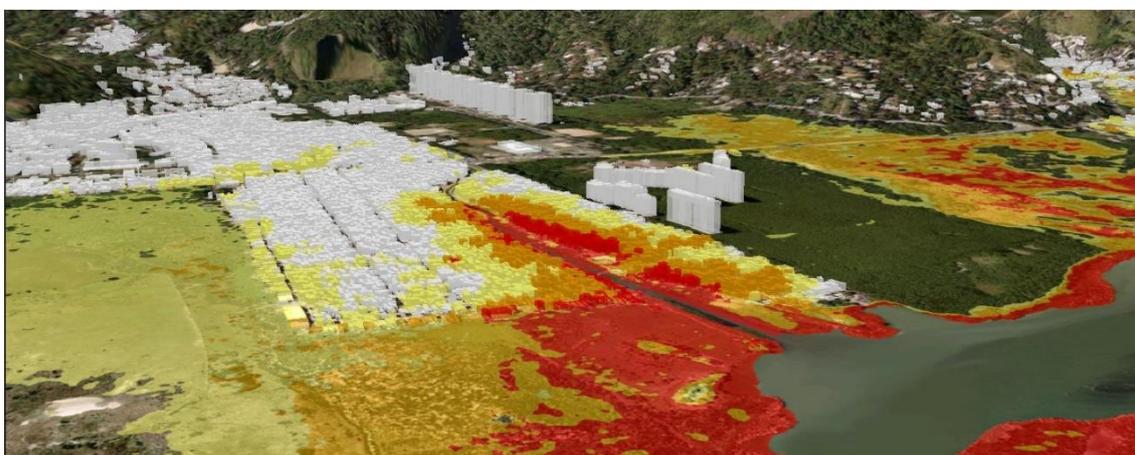


Figura 8: Vulnerabilidade de Rio das Pedras frente à Elevação do Nível Médio do Mar.³⁶

Uma inovação feita nesta análise foi uma abordagem com quatro componentes usados para desenvolver projeções regionais de Elevação do Nível do Mar. O modelo base utilizando 2 RCPs (trajetórias de emissão de gases de efeito estufa) e 24 GCMs (Modelos de circulação geral) levando em consideração a (i) dilatação térmica (global); (ii) mudanças na dinâmica da altura do oceano (local); (iii) massa de gelo perdida de mantos de gelos, de geleiras e de calotas polares; e (iv) estoque de água na terra.

³⁵ Arrow et al., 1995

³⁶ Mandarino, 2018.



Legend	Area (ha)	Total area (ha)	% accumulated
< 96cm	4.381	120.415	3,64%
<140 cm	3.827		6,82%
< 177cm	3.152		9,43%

Figura 9: Mapa de Vulnerabilidade Região Metropolitana do Rio de Janeiro.³⁷

³⁷ Mandarino, 2018.

5. Conclusão

A defesa de uma postura individual de apreço pelas gerações futuras parte de uma ética pessoal e não por meio de coerção sobre mudanças pessoais de comportamento. Entretanto, os entes nacionais devem se preocupar com a manutenção de sua infraestrutura, preservar a vida de indivíduos em área de risco e assegurar estabilidade nestas regiões em prazos mais longos. No entanto, não há como negar que há uma escolha intertemporal³⁸ na qual indivíduos, governos e sociedade terão que fazer decisões.

“A mudança climática antropogênica é a hipótese científica mais vigorosamente questionada da história”³⁹, mas por que há tanta dificuldade em estabelecer metas e acordos nacionais e internacionais? Uma possibilidade seria (i) a incerteza sobre os futuros cenários, seus efeitos, seus custos. Não temos ainda todo conhecimento disponível e a ciência nunca irá atrás de uma verdade absoluta e imutável: ela sempre se adapta a partir de novos dados e novas evidências. Tomemos o caso da pandemia do Covid-19, o corona vírus: Os epidemiologistas sabiam e sabem que podem ter surtos, existem artigos de anos atrás prevendo a possibilidade de uma pandemia. Entretanto, como tudo na ciência, há probabilidade e sempre há algum grau de incerteza.

Outra dificuldade seria (ii) a heterogeneidade de custos e benefícios, na qual as preferências dos indivíduos se diferem e a percepção sobre o problema. A (iii) a assimetria de informação sobre o quanto cada um polui e o quanto cada um deve fazer também dificulta no desenvolvimento de políticas voltadas as mudanças climáticas; e por fim (iv) o problema do *free rider* na qual, sem uma obrigatoriedade e compromissos passíveis de punição, há incentivos para desviar do combinado e se beneficiar do compromisso dos outros.

Voltando ao Covid-19, foi um caso de uma grande externalidade negativa sobre a economia que fez com que países precisassem intervir essa falha para minimizar maiores. Pode-se notar um grande intercambio de conhecimento científico no mundo em busca de uma vacina, e que ignorar o problema não parece ser a melhor saída.

No caso das mudanças climáticas, os Estados modernos possuem um papel fundamental em criar instituições inclusivas que permitam o desenvolvimento de novas

³⁸ Becker, 2011

³⁹ Pinker, 2018

tecnologias, consumo e produção sustentáveis. O desenho de leis e regulações tem uma grande importância na caminhada para um mundo de baixo carbono. Mudanças políticas e sociais graduais podem reduzir custos, facilitar implementação, evitando uma mudança radical na vida das pessoas. Como há elevada incerteza com relação aos impactos ambientais no futuro e os riscos indicam altíssimos custos, estaríamos entrando em um “Cassino do Clima”⁴⁰, no qual é indicado prudência sobrepondo a sorte.

Nós temos os cenários físicos projetado pelo IPCC, temos um estudo do IPP com a NASA em escala local (não apenas para ENM, mas para alagamentos, ondas de calor, deslizamento e demais impactos das Mudanças Climáticas) e planos de governo para mitigar os possíveis impactos. É preciso então cobrar políticas públicas e ações governamentais, disseminar o cenário em que estamos e mantermos informados e refletir sobre as decisões pessoais e de toda sociedade e as consequências das ações e inações.

Esta monografia pretende alertar sobre os riscos da RMRJ – e demais cidades costeiras do país - sob diferentes cenários de ENM, referentes à infraestrutura, mobilidade urbana e habitação, contribuindo para que a importância do estudo desse tema - e demais consequências do aquecimento global - esteja cada vez mais presente no debate público para que mais medidas sejam tomadas hoje.

⁴⁰ Nordhaus, 2015

Bibliografia

AMARO, Venerando Eustáquio et al. Multitemporal analysis of coastal erosion based on multisource satellite images, Ponta Negra Beach, Natal City, Northeastern Brazil. **Marine Geodesy**, v. 38, n. 1, p. 1-25, 2015.

ARROW, Kenneth et al. Economic growth, carrying capacity, and the environment. **Ecological economics**, v. 15, n. 2, p. 91-95, 1995.

BECKER, G. S., MURPHY, K. M., & TOPEL, R. H. On the economics of climate policy. **The BE Journal of Economic Analysis & Policy**, 10(2), 2011.

BESSERMAN VIANNA, S., VEIGA, J.E., ABRANCHES, S. **A Sustentabilidade do Brasil**. In: Giambiagi e Barros (orgs), Brasil pós-crise: agenda para a próxima década. Rio de Janeiro, Campus, PP.305 – 324, 2009.

COOK, John et al. Consensus on consensus: a synthesis of consensus estimates on human-caused global warming. **Environmental Research Letters**, v. 11, n. 4, p. 048002, 2016.

DERECZYNSKI, C. P., SILVA, W. L. and MARENGO, J. A. Detection and Projections of Climate Change in Rio de Janeiro, Brazil. **American Journal of Climate Change**, 2, 25-33. doi: 10.4236/ajcc.2013.21003, 2013.

HARARI, Yuval Noah. **Sapiens: A brief history of humankind**. Random House, 2014.

IPCC, 2019: Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate (SROCC). **IPCC (Report)**. September 25, 2019. Retrieved September 25, 2019.

LACERDA, G. B. M. et al. Guidelines for the strategic management of flood risks in industrial plant oil in the Brazilian coast: adaptive measures to the impacts by relative sea level rise. **Mitigation and adaptation strategies for global change**, v. 19, n. 7, p. 1041-1062, 2014.

LYU, Kewei et al. Time of emergence for regional sea-level change. **Nature Climate Change**, v. 4, n. 11, p. 1006, 2014.

MANDARINO, F. C. (em preparação). **Sea Level Rise Vulnerability Mapping in Rio de Janeiro: Going from Global to Local Scale**, 2018.

MARENGO, J. et al. An integrated framework to analyze local decision making and adaptation to sea level rise in coastal regions in Selsey (UK), Broward County (USA), and Santos (Brazil). **American Journal of Climate Change**, Vol.6 No.2, 2017.

NOBRE, C.; YOUNG, A.; DE GUSMÃO, P. P. **Megacidades, vulnerabilidades e mudanças climáticas: Região Metropolitana do Rio de Janeiro**. 2011.

NORDHAUS, William. Climate Clubs: Overcoming Free-Riding in International Climate Policy. **American Economic Review**, 105 (4): 1339-70, 2015.

NORDHAUS, William. Climate change: The ultimate challenge for economics. **American Economic Review**. 109.6: 1991-2014, 2019.

PACHAURI, Rajendra K. et al. **Climate change 2014: synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** Ipcc, 2014.

PINKER, Steven. **Enlightenment now: The case for reason, science, humanism, and progress.** Penguin, 2018.

ROSENZWEIG, Cynthia et al. (Ed.). **Climate change and cities: Second assessment report of the urban climate change research network.** Cambridge University Press, 2018.

SHEPHERD, Andrew et al. Mass balance of the Antarctic Ice Sheet from 1992 to 2017. **Nature**, v. 558, p. 219-222, 2018.

STEFFEN, Will, et al. "Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet." **Science** 347.6223, 2015.

STERN, Nicholas. The economics of climate change. **American Economic Review**, v. 98, n. 2, p. 1-37, 2008.

TAKAKURA, Jun'ya et al. Dependence of economic impacts of climate change on anthropogenically directed pathways. **Nature Climate Change**, v. 9, n. 10, p. 737-741, 2019.

VOUSDOKAS, M.I., RANASINGHE, R., MENTASCHI, L. et al. Sandy coastlines under threat of erosion. **Nat. Clim. Chang.** 10, 260–263 <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0697-0>, 2020.