

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA

MONOGRAFIA DE FINAL DE CURSO

**FRONTEIRAS PARA O CRESCIMENTO ECONÔMICO: UMA ANÁLISE A
PARTIR DA CURVA DE KUZNETS AMBIENTAL**



Beatriz Fikota de Sá Paixão

No. de matrícula: 1610390

Orientador: Prof. Sérgio Besserman Vianna

Dezembro 2020

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA

RELATÓRIO FINAL DE MONOGRAFIA

BEATRIZ FIKOTA DE SÁ PAIXÃO

1610390

**FRONTEIRAS PARA O CRESCIMENTO ECONÔMICO: UMA ANÁLISE A
PARTIR DA CURVA DE KUZNETS AMBIENTAL**

Orientador: Prof. Sérgio Besserman Vianna

"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."

Beatriz Fikota de Sá Paixão

Dezembro de 2020

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

Agradecimentos

Gostaria de agradecer em primeiro lugar ao meu orientador por ser uma verdadeira inspiração para a economista que desejo ser. Sem suas aulas, minha monografia provavelmente teria sido sobre outro tema, o qual não me despertaria tanto interesse, então agradeço por ter aberto esse caminho para mim.

Agradeço à minha mãe por toda a presença, apoio e confiança que depositou em mim durante esses anos.

Agradeço a todos os meus amigos da PUC que estiveram comigo nas noites de estudo, nas aulas e no pilotis. Obrigada por tornarem meus dias mais leves. Gostaria de fazer um agradecimento especial ao João Pedro Machado e Paulo Roberto Veiga, amigos que mais ajudaram nesse último ano com opiniões e apontamentos na finalização da monografia.

Às minhas amigas Amanda Tavares, Beatriz Caetano, Luanna Cavalcante, Thaiz Caetano e Victoria Ackermann, palavras não são o suficiente para agradecer. Sem vocês, esses anos teriam sido mil vezes mais difíceis. Obrigada por estarem comigo todo esse tempo. Fico muito agradecida de estar rodeada por tantas mulheres incríveis.

Por fim, agradeço ao Departamento de Economia por todo o suporte durante a minha formação.

“Anyone who believes exponential growth can go on forever on a finite planet is either a madman or an economist.”

Kenneth Bouldin

SUMÁRIO

1. Lista de gráficos e tabelas.....	6
2. Introdução.....	7
2.1 Motivação	8
2.2 Metodologia	9
3. Análise histórica da noção de crescimento econômico	10
4. A Curva de Kuznets Ambiental	15
4.1 Caso de Londres	16
5. Conceitos dos recursos naturais	18
5.1 Recursos não renováveis	18
5.2 Recursos renováveis	20
5.3 Capital natural	22
6. Análise empírica	24
6.1 Resultados das regressões	25
7. Os limites do planeta	30
8. Conclusão	35
9. Referências bibliográficas	38

1 Lista de gráficos e tabelas

Gráfico 1: “A Curva de Kuznets Ambiental”

Gráfico 2: “Concentração de fumaça em Londres, 1585 – 1940”

Gráfico 3: “Estoque de energia R ao longo do tempo”

Gráfico 4: “Curva de crescimento dos Recursos Renováveis”

Gráfico 5: “Regressão consolidada feita para todos os 190 países”

Gráfico 6: “Regressão feita apenas para os países ricos da amostra”

Gráfico 7: “Regressão feita apenas para os países pobres da amostra”

Gráfico 8: “Descrição conceitual das fronteiras planetárias”

Gráfico 9: “Promessas de redução dos gases de efeito estufa até 2060”

Tabela 1: “Produção e reservas mundiais de petróleo bruto (bilhões de barris)”

Tabela 2: “Riqueza e riqueza per capita por tipo de capital e grupo de renda, 1995 e 2005”

2 Introdução

Nas Ciências Econômicas, a premissa máxima é a de que os recursos são escassos. Sem ela, não haveria estudo de economia, tampouco economistas. Fatores como trabalho, capital e até mesmo tecnologia são dados como limitados, sendo necessário trabalhar dentro de um cenário de otimização. Contudo, os recursos naturais na economia ainda são entendidos como ilimitados em muitos modelos de crescimento econômico, bem como nas próprias políticas governamentais.

Atualmente, o debate em cima de questões ambientais está mais em pauta, conforme os problemas causados pela má gestão dos recursos naturais vão ficando cada vez mais visíveis. A existência de dados que confirmam a rapidez das mudanças climáticas traz urgência ao debate. Apesar disso, a posição da maior parte dos economistas é de ignorar o problema e deixar o mercado corrigi-lo por si só.

Quando a teoria do crescimento econômico neoclássica estava sendo formulada durante os anos 50, o planeta ainda estava muito distante dos seus limites e, portanto, isso não era uma questão. No período, o natural a se pensar era que o crescimento de *steady state* dependeria do progresso tecnológico uma vez que a relação capital-trabalho ideal fosse atingida.¹ Solow (1974), ganhador do Prêmio Nobel por suas contribuições à teoria do crescimento econômico, chega a afirmar que o capital é um substituto perfeito para os recursos naturais, de modo que uma economia terá capacidade de operar sem esses recursos, desde que a quantidade de capital seja grande o suficiente para equilibrar o sistema.

Apesar do que mostra a teoria, atualmente a quantidade de capital é maior do que chegou a ser em qualquer momento histórico. Ainda assim, observa-se uma degradação crescente no ecossistema, que vem acompanhada de um aumento gritante das desigualdades. De acordo com um estudo dirigido por Jonathan Foley (2012), o homem já ultrapassou os limites planetários em três pontos: perda da biodiversidade, poluição do nitrogênio e mudança climática.

Deste modo, este trabalho terá como principal objetivo apresentar a Curva de Kuznets Ambiental (Grossman & Krueger, 1994) e demonstrar que apenas os resultados obtidos a partir dela não são suficientes para evitar um colapso ecossistêmico e que o mercado, sozinho, não conseguirá, a tempo, reverter o panorama atual antes que ele se torne catastrófico.

¹ RESENDE, André. Os limites do possível, 2013.

2.1 Motivação

O intuito deste trabalho será demonstrar que o sistema produtivo, no modelo atual, está chegando bem próximo do limite ambiental, bem como enfatizar a necessidade de inclusão desse tópico no *mainstream* econômico. Dentre os diversos teóricos do crescimento econômico, poucos enfatizam a questão ambiental, ainda que esta seja de suma relevância para a produção. Inclusive, em alguns modelos pressupõe-se que os recursos naturais não são relevantes para o crescimento dos países caso estes possuam capital em abundância.

Existem, ainda, outras questões a serem colocadas mais em pauta, como a viabilidade de se continuar trabalhando com um crescimento contínuo. A Ciência Econômica foi construída sem dinâmica, o que faz com que se pense ser possível crescer perpetuamente, sem limites para parar. Nesse sentido, a noção de eterno aumento de renda é utilizada como pressuposto crucial da elaboração de políticas ambientais, sociais e econômicas.

Foi principalmente a partir da Primeira Revolução Industrial que se adquiriu a ideia de crescimento econômico atualmente vigente. Por muitos séculos, a economia não cresceu. Somente a partir do século XVIII, com um investimento maior em maquinário e capital humano, além de um alto crescimento populacional, começou a vigorar a noção hoje dominante de crescimento econômico. Atualmente, resta disseminada a compreensão de que a economia não pode parar de crescer, de modo que todos os países devem sempre visar ao aumento do seu PIB para que haja uma melhora na qualidade de vida de suas respectivas populações. É necessário, contudo, rever a viabilidade da manutenção desse padrão.

Um dos principais pontos do Acordo de Paris foi garantir que o aumento da temperatura média do planeta não ultrapassasse 2° C. Essa variação de temperatura é considerada o limite aceitável, uma vez que, restrita a variação dentro dos níveis em questão, as consequências para os ecossistemas, segundo a comunidade científica, mantêm um padrão de previsibilidade. O relatório especial “1,5° C” divulgado pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) afirma com alta confiança que se as emissões continuarem nos níveis atuais, o aquecimento ultrapassará 1,5° C em torno do ano de 2040. Além disso, um estudo publicado na revista científica *Nature Climate Change* aponta que são de 90% as chances de, no século XXI, ocorrer um aumento das

temperaturas médias em valores entre 2,0 e 4,9 graus Celsius.² Hoje, sabe-se que não há mais como evitar essa elevação da temperatura, o que não retira a necessidade de a humanidade buscar, por meio de medidas concretas, atenuar a intensidade desse aumento.

Assim, a motivação dessa monografia é demonstrar que considerar apenas a teoria econômica não basta para um crescimento sustentável de longo prazo. Evidências empíricas vêm mostrando a importância de se adicionar aos modelos variáveis relacionadas aos recursos naturais, tornando-os, com isso, mais factíveis.

2.2 Metodologia

Nos primeiros capítulos pretende-se contextualizar a ideia de crescimento econômico a partir da sua análise histórica, abordando-se desde a economia da Idade Média até as dinâmicas dos dias atuais, de modo a esclarecer o processo de construção do conceito de “mundo infinito”. Posteriormente, será apresentada a teoria da Curva de Kuznets Ambiental, que será o ponto central desse trabalho.

Em um segundo momento, uma análise empírica da relação entre emissões de CO₂ e PIB per capita será testada e comparada com estudos feitos anteriormente. Dados de 190 países foram analisados e divididos entre países de baixa (72 países) e alta (118 países) renda, conforme classificação do Banco Mundial. A forma de regressão utilizada será o Mínimo dos Quadrados Ordinários (MQO).

Para a análise empírica da Curva de Kuznets Ambiental, o adequado seria utilizar dados em painel para fins de obtenção da série histórica de muitos anos, possibilitando o acompanhamento detalhado das emissões de CO₂. Contudo, informações sobre emissões de gases de efeito estufa, principalmente para países de baixa renda, passaram a ser coletadas há pouquíssimo tempo, o que inviabiliza o uso do referido painel. O software estatístico utilizado para performar as regressões foi o R Studio.

Por fim, após contextualizada a situação e apresentado o estudo, uma análise dos “limites do planeta” será feita com base, principalmente, nos resultados encontrados no último relatório do IPCC e no estudo realizado pelo Centro de Resiliência de Estocolmo. Nesse estudo, são estabelecidos nove limites planetários, os quais, caso ultrapassados, “lançariam o meio ambiente global em um perigoso território novo, diferente de tudo o que já foi visto na história humana” (Foley, 2012).

² RAFTERY, A., ZIMMER, A., FRIERSON, D. et al. “Less than 2 °C warming by 2100 unlikely.” *Nature Clim Change* 7, 637–641 (2017). Disponível em: < <https://doi.org/10.1038/nclimate3352> >. Acesso em: 29 de Outubro de 2020.

3 Análise histórica da noção de crescimento econômico

Primeiramente, para que se possa iniciar um debate sobre crescimento econômico, é preciso revisar a história do pensamento econômico e estudar os principais pensadores de cada período histórico, bem como as teorias desenvolvidas por eles, de modo a se viabilizar a compreensão dos conceitos amplamente aceitos na atualidade.

A economia como é conhecida hoje, com constantes debates sobre comércio, lucro e taxas de juros, não funcionava da mesma forma na Idade Média. Tomás de Aquino (1225-1274), por exemplo, defendia a discussão de assuntos econômicos apenas na medida em que levantassem questões éticas e morais. Até o século XIV, a sociedade europeia como um todo não se importava com a economia por “si própria”. Isso começou a mudar, em um primeiro momento, entre os séculos XIV e XVI, quando a civilização urbana passou a se desenvolver com maior intensidade, principalmente em razão do deslocamento mais livre das populações pelos centros urbanos. Em um segundo momento, entre os séculos XVI e XVII, a afirmação dos Estados Nacionais modernos e a utilização da classe trabalhadora em escala nacional confirmaram essa tendência. Posteriormente, esse segundo período ficou marcado pelas ideias e políticas que caracterizavam o mercantilismo.

O mercantilismo trazia a convicção de que o dinheiro era a riqueza e que o sucesso da nação dependia da quantidade de metais preciosos que ela possuísse. Assim, era necessário exportar mais do que importar para manter um superávit comercial e uma maior quantidade de metais preciosos. Essa visão de comércio propunha a desvalorização da taxa de câmbio para que fosse mais fácil exportar, bem como a taxação de importações, de modo a garantir uma ampla circulação de dinheiro dentro das fronteiras. Diante da conjuntura exposta, fica evidente que a visão de mundo predominante na época tinha tendências marcadamente protecionistas. Um país que não possuía minas de ouro e prata deveria utilizar alguns meios para obtê-los, como a criação de um excedente de produtos nacionais a serem exportados em troca de metais preciosos e o aproveitamento de situação geográfica favorável para o comércio de transporte, como era o caso de Veneza.³

Aos poucos, alguns autores começaram a se afastar das ideias mercantilistas, passando a moldar os principais fundamentos para a economia política clássica que surgiria no século XVIII. Entre os precursores da teoria clássica estavam John Locke (1632-1704), Dudley North (1641-1691), Bernard de Mandeville (1670-1733), Pierre le

³ Notas de aula do Prof. José Ortega para a disciplina de HPE (2020). (Mimeo).

Pesant Boisguillebert (1646-1714), assim como David Hume (1711-1776) e James Steuart (1712-1780), estes dois últimos pertencentes à fisiocracia.

Noções como a do livre comércio foram moldadas por North e Mandeville em um primeiro momento. O conceito de *laissez-faire* também foi bastante utilizado, pois se acreditava que ninguém melhor que o indivíduo para cunhar seus próprios interesses. Locke, assim como North, contribuiu para um considerável avanço no que tange à forma de encarar a propriedade privada, instituição essa fundamental ao capitalismo. Nesse período, surgiu um conjunto de ideias que consideravam que o dinheiro em si não criava riqueza, uma vez que ele precisaria circular para ser eficaz. Boisguillebert acreditava que a força motriz do crescimento econômico era o consumo, e por isso ele não deveria ser taxado, diferentemente de como pensavam os mercantilistas. Ele demonstrou por meio de um conjunto de intuições que a tendência natural da economia levava ao equilíbrio, razão pela qual não deveria haver intervenção estatal na mesma.⁴

O livro “A Riqueza das Nações” de Adam Smith, publicado em 1776, foi um marco extremamente relevante para a consolidação da Economia Clássica, podendo ser considerado um ponto de inflexão no desenvolvimento do pensamento econômico. Para Smith, o dinheiro por si só não traria crescimento ou riqueza, devendo ser utilizado, na verdade, para aumentar o bem-estar da população, que é a riqueza da nação. O autor acreditava que essa riqueza seria atingida por meio do trabalho considerado produtivo, ou seja, deveria este ser sempre devotado à manutenção ou ao crescimento do capital. A criação da riqueza aconteceria por meio de uma maior produtividade do trabalho, que, por sua vez, deveria ser dividido de modo a permitir uma maior especialização. A divisão do trabalho foi um dos temas centrais desse livro, uma vez que, para Smith, estava diretamente ligada à acumulação de capital e, portanto, a um maior crescimento econômico.

Smith foi revolucionário por levar em consideração as diferentes classes sociais ao pensar no aumento da riqueza de uma nação. Ele visava o aumento de renda para todas as classes, e não apenas daquelas mais altas. Robert Heilbroner evidencia isso no trecho de seu livro “A História do Pensamento Econômico”:

Smith não é, como se pensa comumente, um apologista do burguês empreendedor; como iremos ver, é um admirador de seu trabalho, mas desconfiado de seus motivos e consciente das necessidades das grandes massas

⁴ Ibid.

trabalhadoras. Mas não é sua finalidade advogar os interesses de qualquer classe trabalhadora. Está preocupado em promover a riqueza pela nação inteira. E riqueza, para Adam Smith, consiste nas mercadorias que todas as pessoas da sociedade consomem; note, todas — esta é a democrática, e, portanto, radical, filosofia da riqueza. (HEILBRONER, 1996, p.53)

O economista britânico defendia que esse aumento de riqueza só teria condições ideais para prosperar em um ambiente verdadeiramente competitivo, isto é, sem a presença de monopólios e oligopólios, onde os agentes pudessem perseguir seus próprios interesses. Assim, criou a metáfora da “mão invisível”, ideia de que os indivíduos serviriam melhor ao interesse coletivo se pudessem agir de forma a atingir o interesse próprio em um cenário de competição perfeita.

Seguindo essa tendência, o crescimento econômico não poderia dar-se para sempre, uma vez que a oferta fixa de terra colocaria limites no crescimento populacional. Como bem explicado por Andrei Cechin:

“Os economistas que se seguiram a Smith acentuaram que a tendência do ritmo de inovações técnicas seria ultrapassada pelos retornos decrescentes gerados pela pressão de uma população em rápido crescimento e pelo estoque limitado de recursos naturais”. (CECHIN, 2010, p.13)

No período posterior, Thomas Robert Malthus (1766-1834) e David Ricardo (1772-1823) foram pessimistas em relação ao crescimento econômico de longo prazo. Acreditavam que os retornos decrescentes da produção agrícola somados a um aumento da população resultariam numa queda no padrão de qualidade de vida, provocando a estabilização da população. No mais, defendiam que o crescimento da economia num longo prazo tenderia a um estado estacionário, com uma população estável vivendo a um nível de subsistência.⁵

O que esses autores não previram foram os impactos do progresso tecnológico. Malthus havia indicado um colapso na produção agrícola, pois ela não seria capaz de alimentar a população que estava crescendo exponencialmente. O autor estava correto olhando para o passado, mas sua previsão não se sustentou no futuro. De fato, por muitos séculos a economia não cresceu, tendo a renda per capita do mundo ficado estagnada até o século XVIII, no que atualmente se denomina “Armadilha Malthusiana”. Por exemplo, um camponês no Império Romano vivia com uma renda similar à de um camponês italiano durante a Idade Média. Esse cenário de estagnação de renda de fato tornaria

⁵ CECHIN, 2010, p.13

impossível a manutenção do crescimento populacional, conforme observava Malthus, sob pena de o sistema colapsar como um todo. Foi a partir do século XVIII, com um investimento maior em maquinário e capital humano durante a Revolução Industrial, além de um alto crescimento populacional, que a renda passou a crescer continuamente. Esse cenário foi o alicerce para a construção da noção de crescimento econômico dos dias atuais.

Após a Revolução Industrial, entre 1870 e 1890, muitos problemas sociais e econômicos passaram a ser mais observados. Embora a renda das famílias estivesse crescendo mais do que antes, a pobreza se alastrava de uma forma jamais vista, de modo que as desigualdades sociais ficavam cada vez mais perceptíveis. As condições de vida e trabalho nas cidades industriais não eram muito melhores que na área rural, as jornadas de trabalho eram muito longas e o ambiente, insalubre. Nesse período surgiram novos pensadores que discordavam dos economistas clássicos sobre a solução desse problema. Esse grupo liderou a chamada Revolução Marginalista, que foi base para a economia neoclássica.

Duas das principais contribuições dessa escola de pensamento para a economia foram a introdução de novos conceitos, como racionalidade, equilíbrio geral, custo e receita marginal, e o enfoque na livre concorrência. Os pensadores em questão desenvolveram muitas técnicas matemáticas para explicar a economia, fato que transformou a mesma em uma ciência mais exata. Ao utilizar a matemática, os marginalistas abandonaram princípios objetivos passando a priorizar a análise econômica, de forma a não mais dependerem de juízos morais e filosóficos. Leon Walras em seu livro *Elements of A Pure Economics* (1874) manifestou a intenção de que a economia fosse como a física. Se havia uma fórmula que mostrava com exatidão o movimento dos planetas e dos átomos, deveria existir também um cálculo que mostrasse com precisão o funcionamento da mente humana e suas tomadas de decisão.

O desenvolvimento do pensamento marginalista resultou no surgimento da escola neoclássica, cuja principal figura foi Alfred Marshall (1842-1924). Marshall revolucionou a ideia de equilíbrio de mercado, rompendo com as visões unilaterais dos clássicos, que consideravam que a determinação dos preços de mercado deveria ser feita com ênfase na oferta, e dos marginalistas, que defendiam que ela deveria se pautar na demanda. Para o economista britânico, o ponto de equilíbrio seria atingido quando a oferta e a demanda fossem coincidentes. Por sua vez, Lionel Robbins foi quem forneceu a ideia

de que a economia se diferenciava ao obrigar os indivíduos a tomarem decisões para alocarem recursos escassos. Esse paradigma veio a se tornar o pilar central do pensamento econômico.

No contexto da Crise de 1929, John Maynard Keynes publicou a obra *The General Theory of Employment, Interest and Money*, dando início à Escola Keynesiana, muito presente na economia ortodoxa mesmo nos dias atuais. O pensamento keynesiano está muito mais focado na macroeconomia do que na microeconomia, dado o contexto do período, que exigia uma visão mais geral da economia para lidar com problemas como inflação, desemprego e taxas decrescentes do crescimento. Em relação ao crescimento econômico, Keynes inovou ao não atribuir importância às terras para a produção e ao não discutir questões de estado estacionário do crescimento. Para o economista norte-americano, a economia poderia prosperar infinitamente se políticas monetárias e fiscais fossem seguidas corretamente pelo governo.

Desde a Segunda Guerra Mundial, a chave para o sucesso dos países foi o binômio crescimento econômico e pleno emprego, o qual, se atingido, seria suficiente para resolver os demais problemas e necessidades de todos. Entretanto, esse modelo não oferecia uma teoria do crescimento compatível com a ideia de equilíbrio estável dos neoclássicos, o que foi superado por Robert Solow em 1956.⁶ A teoria de Solow, diferentemente do modelo de Harrod-Domar, que insinuava que o caminho para o crescimento econômico era intrinsecamente instável, focava no crescimento sustentável de longo prazo e apoiava a visão neoclássica de que a economia se ajustaria internamente para atingir um crescimento equilibrado (BRUE, 2005). Outra questão extremamente relevante pontuada por Solow é a substituição entre trabalho e capital, amparada pela importância do progresso científico e tecnológico.

A economia, ao se desenvolver como ciência, passou a se afastar de outras disciplinas, como a filosofia, a física e a biologia, que também são importantes para entender de fato o crescimento e o desenvolvimento do mundo. Atualmente, boa parte dos economistas idealizam o sistema econômico como uma máquina de moto-perpétuo ou uma roda que girará eternamente, desconsiderando contribuições de outras áreas sobre o assunto. Assim, a intenção dessa monografia é mostrar que para que possam ser feitas previsões adequadas sobre crescimento e desenvolvimento sustentável, é necessário passar a considerar outras áreas além da economia.

⁶ Ibid, p.18

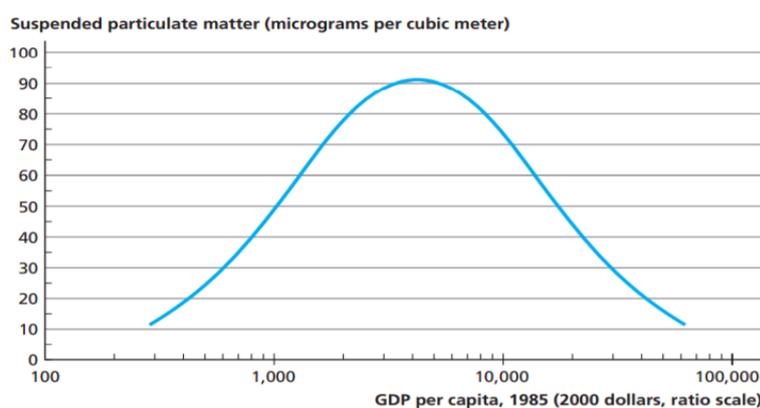
4 A Curva de Kuznets Ambiental

Primeiramente, insta salientar que o nome Curva de Kuznets Ambiental é uma referência ao trabalho de Simon Kuznets, no qual foi observada uma relação semelhante entre desigualdade de renda e PIB per capita no formato de um “U invertido”.⁷

Na década de 90 os economistas Gene Grossman e Alan Krueger estudaram a relação entre a renda nacional de um país e a emissão de alguns gases poluentes na atmosfera, chegando à conclusão de que ela apresentava o formato de um “U invertido”. A ideia que se depreende do estudo é que a produção dos países subdesenvolvidos não é grande o suficiente para gerar um nível significativo de poluição, mas conforme a nação vai ficando mais produtiva e rica, suas taxas de degradação vão aumentando. Em certo momento, correspondente ao ponto de inflexão da curva, o desenvolvimento chega a um patamar compatível com a elaboração de políticas de redução de danos ambientais. Pode-se afirmar, nesse contexto, que o meio ambiente é um bem de luxo, uma vez que os países gastam mais com ele à medida que vão enriquecendo.

O trabalho de Grossman e Krueger foi uma resposta aos críticos do Acordo de Livre Comércio Norte-americano, o NAFTA, que afirmavam que esse pacto seria prejudicial ao meio ambiente. No entanto, o argumento utilizado pelos autores para defender o pacto era de que o México estaria do lado descendente da curva, ou seja, conforme o NAFTA aumentasse a renda nacional mexicana, os danos ambientais seriam reduzidos.

Gráfico 1: “A Curva de Kuznets Ambiental”



Fonte: SHAFIK, 1994, apud WEIL, 2012, p.509

No gráfico acima, realizado em estudo no ano de 1986 envolvendo 48 cidades distribuídas por 36 países, é possível observar os níveis de renda per capita, no eixo

⁷ Kuznets. Economic Growth and Income Inequality. The American Economic Review, p. 1-28, 1955.

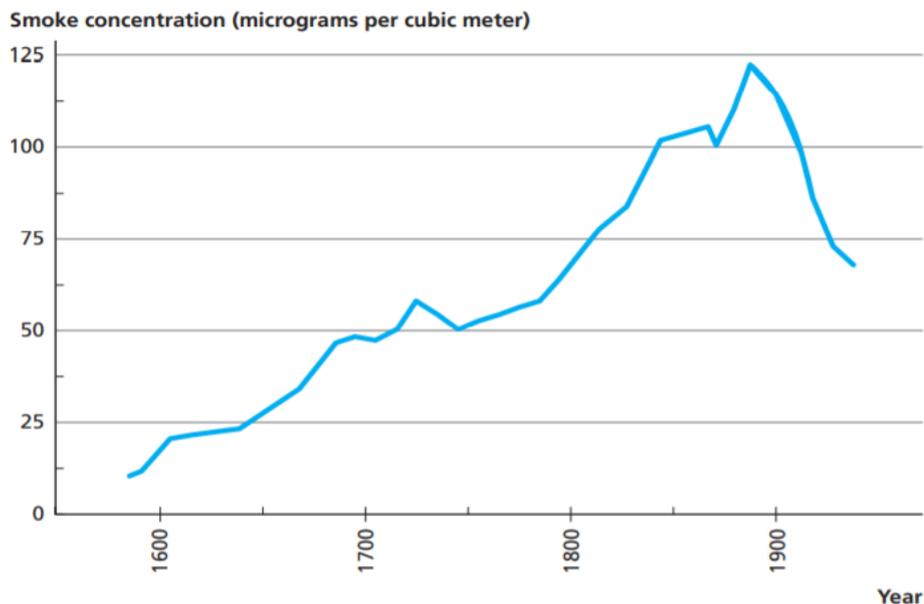
horizontal, correspondentes aos níveis de partículas suspensas, que são uma forma de se observar a poluição do ar, no eixo vertical. A figura mostra que a concentração dessas partículas acontece até atingir o nível de renda de US\$ 4.717,00 (quatro mil, setecentos e dezessete dólares). A partir desse ponto, países com maiores rendas são associados a menores níveis de poluição (WEIL, 2012). A razão pela qual os países pobres possuem menores taxas de poluição não tem relação com uma maior preocupação com o meio ambiente em si. Na realidade, eles simplesmente não são capazes de fazer o *trade-off* entre mais poluição e mais renda.

Essa teoria implica que os custos de poluição em países mais pobres são menores. No ano de 1991, seguindo esse raciocínio, o então economista-chefe do Banco Central Lawrence Summers escreveu um memorando que ficou famoso por conter uma proposta inusitada, que, apesar de amplamente aceita entre economistas ortodoxos, não costuma ser bem recebida pela opinião pública. O documento divulgado em 1992 pela revista *The Economist* e nomeado “Let them eat pollution” sugeria que deveria ocorrer uma migração das indústrias poluentes para países subdesenvolvidos. A justificativa era de que se a poluição pudesse ser transferida para um país pobre acrescida de uma quantia monetária proporcional, haveria ganhos de troca, de modo que ambos os países estariam em melhor situação. Apesar de muito criticada, a ideia de Summers se verifica na prática em diversos países, sendo correto afirmar que os chamados “refúgios de poluição” podem ser encontrados ao redor de todo o mundo.

4.1 Caso de Londres

A Primeira Revolução Industrial teve seu início no século XVIII na Inglaterra, sendo Londres o seu epicentro. Nesse contexto, a principal fonte de poluição vinha da queima de carvão, que era o principal combustível do país nesse período. O gráfico abaixo mostra a trajetória da concentração de fumaça em Londres entre 1585 e 1940. Observa-se um aumento consistente das concentrações de fumaça até o final do século XIX, momento em que elas caem bruscamente. Essa queda não se deve apenas às substituições nas fontes de energia, mas também a uma maior regulação sobre as emissões de fumaça.

Gráfico 2: “Concentração de fumaça em Londres, 1585 – 1940”



Fonte: BRIMBLECOMB, 1977, apud WEIL, 2012, p. 511

Além da questão das emissões de gases poluentes, Londres vem investindo com mais força no tratamento das águas do Rio Tâmis. Em 1610, a água deixou de ser considerada potável, em 1858 sessões do Parlamento foram adiadas por conta do mau cheiro e na década de 1950 o rio foi considerado biologicamente morto. Desde então, o governo investe pesadamente em tratamento de esgoto, criando legislações ambientais que impedem o despejo de dejetos no rio. Atualmente, mais de 120 espécies de peixe podem ser encontradas no Tâmis e mamíferos como lontras e focas são avistados com certa frequência. Apesar de o rio estar hoje mais limpo do que nos últimos 150 anos, ele ainda sofre principalmente com a poluição de microplásticos.

5 Conceitos dos recursos naturais

5.1 Recursos não renováveis

Recursos não renováveis são aqueles que não podem se renovar ou regenerar, ou seja, são recursos que quando utilizados têm a sua oferta reduzida. Apesar de evidente que, em geral, esses recursos irão acabar se continuarem sendo extraídos com a velocidade atual, o que vem sendo observado ao longo do tempo é que, com o passar dos anos, a descoberta de novas tecnologias vem permitindo a identificação de reservas até então desconhecidas com maior facilidade, fato que, na verdade, faz com que a oferta em questão aumente. É o caso do petróleo, como se pode observar na tabela abaixo. Entre 1945 e 2010 mais petróleo foi descoberto do que extraído, de modo que as reservas do início do período sempre foram menores do que as do final. Todavia, esse aumento provisório dos recursos não é sustentável a longo prazo, uma vez que as tecnologias não são capazes de gerar novas reservas, mas sim descobrir as que já existem e que, naturalmente, são finitas.

Tabela 1: “Produção e reservas mundiais de petróleo bruto (bilhões de barris)”

	1945–1960	1961–1970	1971–1980	1981–1990	1991–2000	2001–2010
Reserves at Beginning of Period	51	292	612	649	1,001	1,108
– Production	77	119	205	217	253	253
+ Additions to Reserves	318	439	242	569	360	380
= Reserves at End of Period	292	612	649	1,001	1,108	1,236

Fonte: ADELMAN, 1995, apud WEIL, 2012, p. 486

Charles I. Jones e Dietrich Vollrath em seu livro *Introdução à Teoria do Crescimento Econômico* incluíram recursos não renováveis ao modelo de crescimento para demonstrar como ocorre essa relação na teoria. Primeiro, supõem uma função de produção dada por:

$$Y = BK^{\alpha}E^{\gamma}L^{1-\alpha-\gamma}$$

Onde E é considerado a absorção de energia utilizada na produção. Os autores assumem que γ é um valor entre 0 e 1 e que $\alpha + \gamma < 1$. Assim como no modelo de Solow, consideram que o progresso tecnológico B, o capital acumulado K e a mão de obra L são variáveis exógenas.

R_0 é considerado o estoque inicial da energia de recursos não renováveis. Caso a economia utilize a totalidade da quantidade E de energia na produção, o estoque de recursos se esgota. Nessa equação, R_0 apenas se dissipa, de modo que não se acumula.

$$\dot{R} = -E$$

Determinar a quantidade de energia E utilizada em cada período seria muito complexo, então o que o modelo propõe é que se utilize uma fração constante do estoque restante de energia na produção a cada período. Assim, considera-se $s_E = E/R$ essa fração constante, sendo s_E um número entre 0 e 1. Se dividirmos a equação $\dot{R} = -E$ por R dos dois lados, teremos que:

$$\frac{\dot{R}}{R} = -s_E$$

A solução para esta equação diferencial é uma equação que descreve o comportamento do estoque ao longo do tempo:

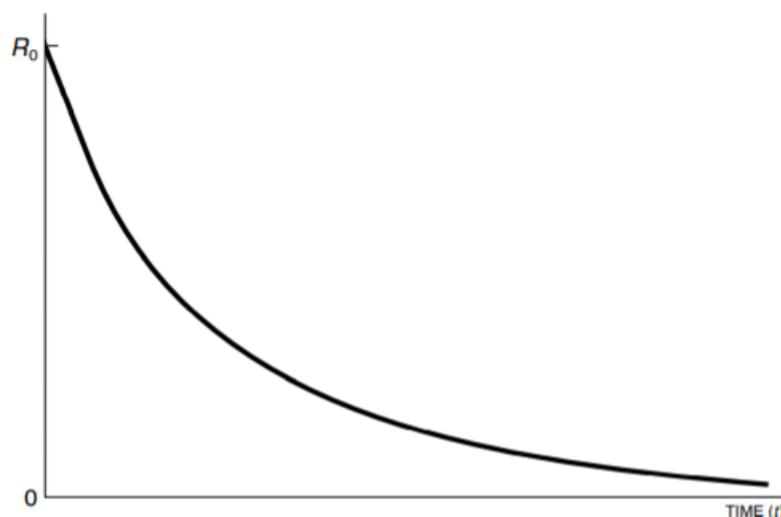
$$R(t) = R_0 e^{-s_E t}$$

O estoque de energia demonstra um crescimento exponencial negativo à taxa s_E .

Dado que $E = s_E R$, a quantidade de energia não renovável utilizada a cada período é dada por

$$E = s_E R_0 e^{-s_E t}$$

Gráfico 3: “Estoque de energia R ao longo do tempo”



Esse modelo demonstra que como o estoque de energia não renovável está diminuindo com o passar do tempo, a quantidade de energia utilizada na produção também tenderá a diminuir.

5.2 Recursos renováveis

Recursos renováveis são aqueles que podem ser usados repetidamente, pois se regeneram naturalmente. Alguns oferecem provisão infinita, como a luz solar e o vento, enquanto outros precisam de um determinado tempo para se regenerar, como a madeira, as plantas e os animais. Neste último caso, se o consumo passado não foi explorado de forma sustentável, poderá haver interferência no consumo presente, apesar de os recursos serem renováveis. Pode-se afirmar, assim, que o consumo presente depende do consumo passado, de modo que nada impede que haja sobreutilização de recursos renováveis.

David N. Weil construiu um esquema matemático para melhor compreensão da questão da superexploração dos recursos.⁸

$$\Delta S_t = S_{t+1} - S_t = G_t - H_t$$

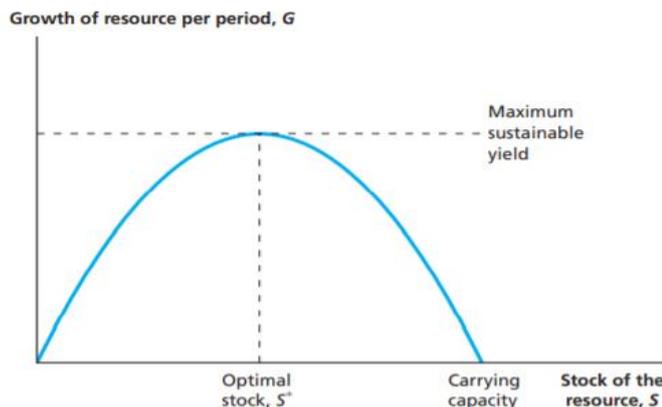
S_t representa o estoque de recursos naturais renováveis no início do período. G_t representa o quanto esses recursos cresceram ou se regeneraram no período t e H_t representa o quanto foi colhido ou utilizado. É lógico pensar que o estoque hoje será igual à diferença entre o que cresceu e o que foi utilizado.

O crescimento do recurso é uma função das variáveis estoque S e capacidade de carga (*carrying capacity*) do meio ambiente, que significa a maior quantidade que existiria do recurso se nada tivesse sido explorado. Se o estoque for igual à capacidade de carga, não haverá espaço para crescimento econômico, uma vez que não existirá margem para a “produção” de mais recursos. O gráfico abaixo representa o crescimento do recurso por período em função do estoque de recursos.⁹

Gráfico 4: “Curva de crescimento dos Recursos Renováveis”

⁸ Weil, David N. *Economic Growth*, 3e. Pearson, p.487, 2012

⁹ *Ibid.*



Fonte: WEIL, 2012, p.488.

O ponto máximo dessa curva representa o rendimento máximo sustentável, ou seja, o máximo que pode ser utilizado do recurso em cada período de tempo sem que haja uma diminuição do recurso disponível no futuro. Correspondente ao rendimento máximo sustentável existe um estoque ótimo S^* .¹⁰

Se o recurso nunca foi explorado, seu estoque será igual a capacidade de carga. Se for explorado ao nível sustentável, o estoque cai até atingir o S^* . Se a extração do recurso estiver acima do rendimento máximo sustentável, o estoque irá cair para abaixo de S^* , eventualmente chegando a zero. Uma vez que o estoque cai abaixo do nível ótimo, não é possível, no curto prazo, voltar para ele. Para que a curva volte ao seu ponto de equilíbrio no longo prazo, é necessário extrair bem abaixo do rendimento ótimo, de modo a possibilitar a ação regenerativa da natureza. Na atualidade, observa-se que os recursos vêm sendo extraídos com maior velocidade do que sua capacidade de regeneração.¹¹

Um exemplo disso é o desafio atual de se manter constante o fluxo de água doce. Apesar de a mesma ser um recurso renovável, o modo de exploração da humanidade sobre tal bem vem comprometendo o seu consumo futuro. O homem ao criar, em escala mundial, mais de um milhão de barreiras e represas, impede que a água chegue a lugares fundamentais. Tira-se a água de onde ela deveria estar para onde se quer que ela esteja, deslocando-a em prol de interesses de determinados grupos, o que impede o acesso de certas populações a esse bem fundamental para a manutenção da vida. O ser humano usa cerca de 10 bilhões de toneladas de água por dia, o que é mais do que o ciclo natural consegue reabastecer. Diante desse fato, é essencial que se reveja a forma de extração da

¹⁰ Ibid.

¹¹ Ibid.

água doce, comprovando o fato de que os recursos renováveis, apesar de se recomparam em certa taxa, não são infinitos em todos os cenários.

5.3 Capital Natural

A renda nacional e o bem-estar são sustentados pelos ativos (ou riqueza) de um país, medidos estes de forma abrangente de modo a incluir capital físico, capital natural, capital humano e ativos externos líquidos.

O capital natural pode ser definido como os estoques mundiais de recursos naturais, que incluem florestas, água, biodiversidade e terra. Ele representa a quantidade de recursos existentes independentemente da exploração humana e, diferentemente do capital físico e humano, não depende de investimentos. Seu retorno é negativo, isto é, o capital natural de um país geralmente diminui com o tempo, à medida que os recursos naturais não renováveis são utilizados.

Países menos desenvolvidos e com rendas mais baixas dependem muito do capital natural uma vez que são altamente dependentes de terras férteis para agricultura, florestas e água. Essas nações utilizam os recursos em questão para criar mais riqueza, especialmente capital físico e humano.

Em 1995, 52 países foram classificados pelo Banco Mundial como países de baixa renda, 28 dos quais são atualmente países de renda média. Dentre esses 28 países de renda média, a maioria (23) era altamente dependente do capital natural em 1995, como se pode observar com o relatório *The Changing Wealth of Nations: Measuring Sustainable Development in the New Millennium*. Dentro de um período de 10 anos, foi possível observar uma notável queda no percentual de capital natural em termos de composição da riqueza total dos países de baixa renda. Em contraposição a esse movimento, houve uma disparada do capital intangível, que passou a dominar a distribuição em questão.¹²

Tabela 2: “Riqueza e riqueza per capita por tipo de capital e grupo de renda, 1995 e 2005”

¹² The Changing Wealth of Nations: Measuring Sustainable Development in the New Millennium. Washington, DC: World Bank. 2011

TABLE 1.1
Wealth and Per Capita Wealth by Type of Capital and Income Group, 1995 and 2005

Income Group	1995					2005				
	Total Wealth (US\$ billions)	Per Capita Wealth (US\$)	Intangible Capital (%)	Produced Capital (%)	Natural Capital (%)	Total Wealth (US\$ billions)	Per Capita Wealth (US\$)	Intangible Capital (%)	Produced Capital (%)	Natural Capital (%)
Low income	2,447	5,290	48	12	41	3,597	6,138	57	13	30
Lower middle income	33,950	11,330	45	21	34	58,023	16,903	51	24	25
Upper middle income	36,794	73,540	68	17	15	47,183	81,354	69	16	15
High income OECD	421,641	478,445	80	18	2	551,964	588,315	81	17	2
World	504,548	103,311	76	18	6	673,593	120,475	77	18	5

Source: Authors' calculations based on World Bank data.

Note: Figures are based on the set of countries for which wealth accounts are available from 1995 to 2005. Data in this table do not include high-income oil exporters.

Fonte: The Changing Wealth of Nations: Measuring Sustainable Development in the New Millennium. Washington, DC: World Bank. 2011

Vale esclarecer que enriquecer é mais do que se desfazer de capital natural para dar prioridade a outros ativos. Na realidade, desenvolvimento está estritamente ligado ao uso eficiente tanto de capital natural como de capital intangível, possibilitando, assim, melhorias em termos de produtividade. Essa simbiose passa pela elaboração de políticas públicas que tornem o país atrativo para mais investimentos, incluindo aquelas que se referem à gestão adequada dos recursos renováveis.

Nesse contexto, não há dúvidas que o capital natural deve receber atenção especial em termos de estudos e tomadas de decisão, uma vez que o mesmo ocupa um papel importantíssimo na construção de riqueza, notadamente nos países de baixa renda, que ainda conservam uma alta dependência em relação a ele.

6 Análise Empírica

A pergunta central desse estudo busca responder se existe, de fato, uma relação entre PIB per capita e emissões de CO₂ per capita, e se ela se dá por meio de um “U invertido” como afirma a teoria da Curva de Kuznets Ambiental (CKA). Primeiramente, é importante ressaltar que os estudos sobre a relação entre crescimento econômico e degradação ambiental são muito novos no campo da economia, razão pela qual não existem muitas teorias estabelecidas nessa área.

Estudos feitos anteriormente mostram que uma relação entre crescimento e degradação ambiental parece existir de fato, mas os resultados de cada ensaio individualmente considerado diferem bastante. A teoria mais extensa e com maior literatura disponível é a da CKA pois leva em consideração questões econômicas clássicas, como comércio, mercados competitivos e elasticidade-renda.

Para a regressão foram utilizados dados disponibilizados pelo Banco Mundial no ano de 2012, o qual foi escolhido em razão da falta de dados mais recentes para todos os países analisados. As regressões serão testadas de três formas diferentes: apenas para países ricos, apenas países pobres e para todos eles. Essa divisão entre ricos e pobres foi feita conforme classificação do próprio Banco Mundial, que separa os países em 4 grupos: *low*, *lower-middle*, *upper-middle* e *high income*, sendo os dois primeiros considerados nesse trabalho como países pobres, e os dois últimos como ricos.

Essa classificação é feita com base na Renda Nacional Bruta (RNB) per capita em dólares americanos do ano anterior. Foram removidos os efeitos das taxas de câmbio por meio de conversões para o dólar americano através da paridade do poder de compra (PPP). Países com RNB per capita menor que US\$ 1.036 são classificados como de *low income*; entre US\$ 1.036 e US\$ 4.045 como de *lower-middle income*; entre US\$ 4.046 e US\$ 12.535 como de *upper-middle income*; acima de US\$ 12.535 como de *high income*. Muito embora o índice em questão não explique completamente o nível de desenvolvimento de um país, não se pode deixar de reconhecer que ele está intimamente relacionado com outras medidas de qualidade de vida, como a expectativa de vida e as taxas de matrícula em estabelecimentos de ensino básico.

Os dados utilizados são de corte transversal, o que significa que diferem apenas no espaço, mas não no tempo. Em razão disso, é possível assumir que todos os países seguem a mesma curva de degradação ambiental com uma economia em crescimento. Como dito anteriormente, o ideal seria o uso de dados em painel, mas para isso seriam

necessários dados de longos períodos, os quais não estão disponíveis no que tange à degradação ambiental e às emissões de CO₂, especialmente em países de baixa renda. A forma de regressão utilizada para o modelo estudado é o Mínimo dos Quadrados Ordinários (MQO).

Modelo de Regressão

$$\text{Emissões de CO}_2 = \beta_0 + \beta_1 \text{ PIB p.c} + \beta_2 \text{ PIB p.c}^2 + \varepsilon,$$

No modelo acima, β_0 representa a constante do modelo de regressão; β_x o coeficiente da variável x ; *PIB p.c* representa o PIB per capita de 2012, medido em dólares americanos e trazidos a valor presente; ε , o termo de erro. A variável “Emissões de CO₂” expressa as toneladas métricas de CO₂ emitidas per capita no período de um ano. Vale ressaltar que o dióxido de carbono constitui a maior parte dos gases de efeito estufa (GEEs) que contribuem para o aquecimento global e as mudanças climáticas. Além disso, o gás em questão é a referência em função da qual outros GEEs são medidos.

Na regressão, ao se elevar a variável *PIB p.c* ao quadrado testa-se a forma polinomial da curva. Essa variável mostrará se a curva que relaciona emissões de dióxido de carbono com PIB per capita possui o formato da CKA ou não. O sinal desse coeficiente indicará o formato da curva.

6.1 Resultados das regressões

	<i>Variável Dependente</i>		
	Emissões de CO ₂ p.c		
	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
PIB p.c.	0.0003694*** (3.420e-05)	0.0003191*** (5.239e-05)	0.0003963 (4.820e-04)
PIB p.c. ²	-0.000000002439*** (3.455e-10)	-0.00000002079*** (4.802e-10)	0.00000009492 (9.571e-08)
Constante	0.952** (0.465)	2.111** (0.932)	-0.134 (0.472)
Observações	190	118	72
R ²	0.453	0.290	0.359
R ² ajustado	0.447	0.278	0.340
Erro Médio dos Resíduos	4.635 (df = 187)	5.732 (df = 115)	1.391 (df = 69)
Estatística F	77.314*** (df = 2; 187)	23.483*** (df = 2; 115)	19.303*** (df = 2; 69)

Nota: * $p < 0.1$; ** $p < 0.05$; *** $p < 0.01$

Os resultados das regressões estão explicitados na tabela acima. O Modelo 1 representa a regressão consolidada feita com todos os 190 países, o Modelo 2 representa apenas os países ricos, totalizando 118 observações, e o Modelo 3 representa os pobres, totalizando 72 observações.

Na regressão feita para todos os países e para os países ricos, foi encontrada uma correlação positiva entre o PIB per capita e as emissões de CO₂ per capita ao nível de significância mais alto (1%). Essa relação indica que há um aumento das emissões do gás como resultado do crescimento econômico. Para um aumento de 1 dólar no PIB per capita, tudo mais constante, há também um aumento de cerca de 0,0003 toneladas (0,3kg) nas emissões de CO₂.

Em relação ao PIB per capita ao quadrado, a correlação negativa tanto para o consolidado quanto para países ricos sugere um possível formato polinomial semelhante ao “U invertido” da CKA. O coeficiente, apesar de ser significativo nos Modelos 1 e 2, é muito baixo, de modo que é possível inferir que o impacto abordado após o ponto de inflexão não é tão forte quanto argumentam os defensores da teoria da CKA. Após o ponto de inflexão, um aumento de 1 dólar no PIB p.c, tudo mais constante, gera uma diminuição de, aproximadamente, 0,000000002 toneladas (2 mg) nas emissões. Esse coeficiente é cerca de 100.000 vezes menor que o coeficiente do PIB per capita.

Gráfico 5: “Regressão consolidada feita para todos os 190 países”

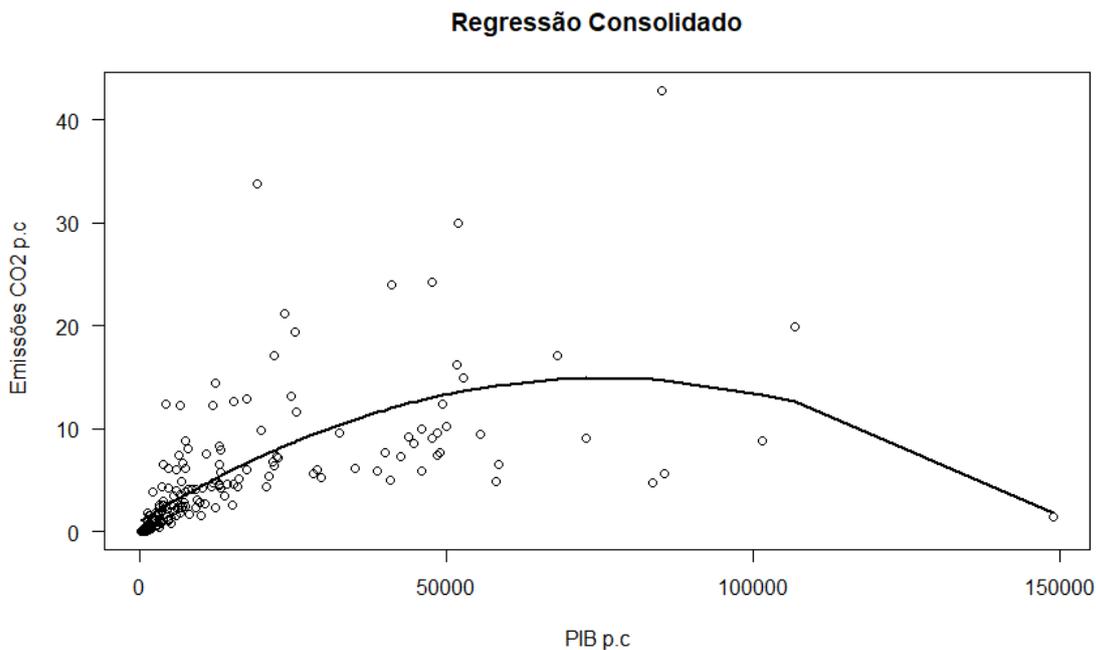
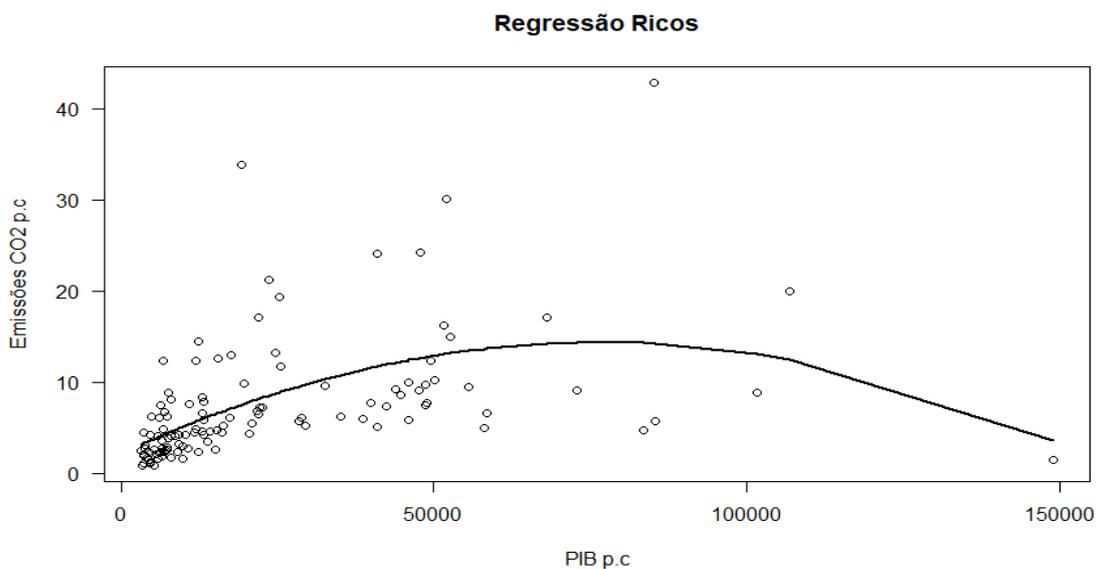
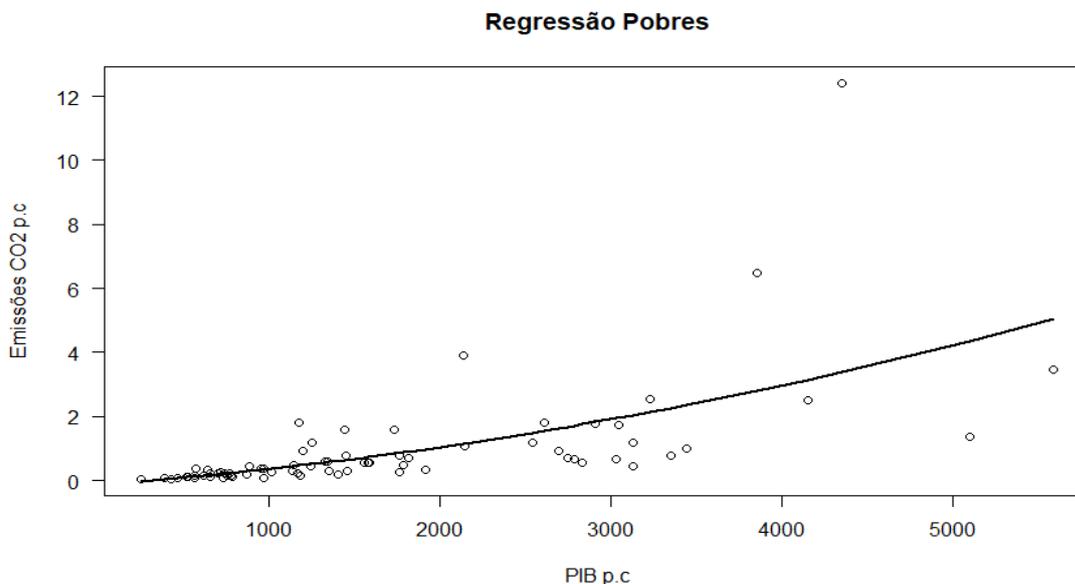


Gráfico 6: “Regressão feita apenas para os países ricos da amostra”



Em relação à regressão dos países mais pobres, assim como nos modelos 1 e 2, existe uma relação positiva, porém não significativa, entre emissões de CO₂ per capita e PIB per capita, indicando que, conforme a economia cresce, as emissões também sobem. No entanto, quando se avalia o PIB per capita ao quadrado, não é possível encontrar efeitos significativos nas emissões de CO₂, o que impede a interpretação da regressão como uma equação polinomial. Porém, isso não contradiz a teoria da CKA, uma vez que os países pobres estão, em teoria, abaixo do ponto de inflexão da curva.

Gráfico 7: “Regressão feita apenas para os países pobres da amostra”

Como enfatizado anteriormente, a regressão foi feita com poucos parâmetros, uma vez que alguns dos critérios relevantes a serem incluídos não possuíam dados disponíveis. É evidente que o PIB per capita não é o único fator a influenciar as emissões de GEEs, porém é complicado encontrar um modelo completo quando há muitas informações importantes inacessíveis, como ocorre com as taxas de desmatamento dos países, sobretudo os de renda mais baixa. Desse modo, como muitas variáveis foram omitidas no modelo, é natural conjecturar que haja um viés de variável omitida na regressão.

Apesar desses obstáculos, pode-se afirmar que há uma correlação significativa entre as emissões de CO₂ e o nível de crescimento econômico dos países no que diz respeito tanto ao grupo de 190 países (modelo 1) quanto aos países mais ricos (modelo 2). Assim, quanto mais o país cresce, mais as emissões aumentam, conforme determinado por outros estudos. Outra questão passível de avaliação foi a existência de um *turning point* no qual a poluição começa a diminuir, conforme advoga a teoria da Curva de Kuznets Ambiental. Para todos os modelos de regressão, exceto o 3, foi encontrada uma relação polinomial estatisticamente significativa entre as emissões e o PIB per capita ao quadrado, demonstrando que a curva, de fato, seria semelhante ao U invertido da teoria. No entanto, o coeficiente do PIB per capita ao quadrado é muito inferior ao do PIB per capita, mostrando que após o suposto *turning point* a queda das emissões é muito menor do que defende o estudo inicial.

Cabe reiterar que dados relacionados à degradação ambiental dos países, como emissões de gases, desmatamento e extinção de espécies, são bastante custosos, além de

muito recentes. Desse modo, não há como negar que os métodos estatísticos são limitados, o que torna as análises sobre o tema suscetíveis a muitas críticas, dada essa falta de dados confiáveis na forma de séries temporais referentes a uma amostra suficientemente grande de países. Sendo assim, deve-se investir mais na obtenção de dados relacionados ao tema para que pesquisas com resultados mais objetivos sejam feitas, facilitando a tomada de decisão a respeito dos caminhos a serem percorridos.

7 Os limites do planeta

Como visto no capítulo anterior, o suporte estatístico que defende a existência da CKA é bastante criticado e escasso. Assim, é preciso repensar se seguir uma economia de mercado para resolver questões ambientais realmente é uma estratégia eficiente. De fato, pode-se argumentar que o crescimento econômico estimula o desenvolvimento de regulamentações ambientais, bem como a disposição a pagar por um ecossistema mais limpo. No entanto, o PIB per capita não é o único fator que afeta essas decisões e, em vista disso, os formuladores de políticas não podem simplesmente esperar pelo momento em que a nação seja desenvolvida o suficiente para que os consumidores e produtores se tornem pró-regulamentação ambiental. Existem duas possibilidades: crescer e enriquecer para acelerar o progresso tecnológico, expandindo os limites do possível, ou desacelerar e aceitar as restrições que a Terra impõe. O objetivo desse capítulo será mostrar que, de acordo com estudos recentes, não é mais possível escolher a primeira opção através da manutenção do *laissez-faire* sem que o ecossistema entre em colapso. Na realidade, o Estado precisa interferir muito além de meros estímulos ao crescimento.

Antes de iniciar qualquer análise a partir do Relatório do IPCC é importante ressaltar que ele é efetuado por cientistas, o que significa que cada uma das probabilidades atribuídas é de certa forma “otimista”. Afirmar que as temperaturas irão subir mais de 2° C ainda neste século com 100% de precisão é impossível na ciência, mesmo que o cenário mais provável se encaminhe nessa direção. Em outras palavras, atribuir certeza absoluta a qualquer questão não é ciência.

O Relatório do IPCC “1,5° C” é um dos textos científicos mais importantes sobre mudanças climáticas, razão para qual será utilizado no presente trabalho para delinear os limites do planeta. O estudo em questão ajuda a orientar os países nas tomadas de decisão que possibilitem o cumprimento do Acordo de Paris, o qual visa garantir que a temperatura média do planeta não aumente mais do que 2° C acima dos níveis pré-industriais.

De acordo com o último relatório emitido pelo IPCC, a sociedade possui um estoque limitado de 1.000 GtC¹³ para ter 2/3 de chance de manter o aquecimento abaixo de 2° C até 2100. Até o ano de 2012, 730 GtC já haviam sido emitidas, de modo que, para que se respeite o teto em questão de 1.000 GtC, não mais de 270 GtC podem ser lançadas entre 2012 e 2100 (o que representa uma média de aproximadamente 3 GtC/ano). Ocorre

¹³ Gigatonelada de carbono

que as emissões atuais estão na casa de 10 GtC/ano, de modo que o estoque limite seria alcançado em apenas 27 anos. Contando-se a partir de 2012, o patamar de 1.000 GtC seria atingido no ano de 2039, cenário que faz despencar as chances de limitar o aumento da temperatura média global a 2° C para muito abaixo dos 67% em questão.

Segundo um estudo divulgado pela revista *Nature Climate Change*, a probabilidade de a humanidade cumprir o Acordo de Paris, mantendo o aquecimento global abaixo de 2° C até 2100, é de apenas 5%.¹⁴ O problema nessa questão não se limita aos gases de efeito estufa que estão sendo emitidos atualmente e que ainda serão liberados, mas também abarca o estoque que já foi gerado no passado. Muitos gases, como o CO₂, permanecem por cerca de 100 anos na atmosfera, de modo que os gases gerados por uma queimada em 1920 só estão desaparecendo agora. Uma pesquisa do Instituto Max Planck na Alemanha sugeriu que, mesmo que as emissões de GEEs fossem interrompidas hoje, haveria um aumento de 1,3° C da temperatura global até 2100. Nesse sentido, é notório que parte do aquecimento futuro é decorrente das emissões passadas, de modo que as futuras liberações de gases só adicionam mais graus a uma temperatura que já se encontra comprometida.¹⁵

Uma equipe de cientistas liderada por Johan Rockström, do Centro de Resiliência de Estocolmo, escreveu um artigo chamado *Planet Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity*, no qual são determinadas nove fronteiras ambientais, que, se ultrapassadas, poderão causar um colapso ecossistêmico, além de outras consequências ainda desconhecidas pelos estudiosos. Desses nove limites, sete são valorados com precisão (dentro de uma margem de erro científica). São eles: mudanças climáticas, acidificação oceânica, redução do ozônio estratosférico, utilização da água doce, ciclo do fósforo e nitrogênio, uso da terra e a perda de biodiversidade.¹⁶ Por outro lado, as mudanças climáticas e a perda de biodiversidade possuem um peso maior em relação às demais fronteiras, portanto é necessário observá-las com maior cautela.

De acordo com Jonathan Foley, um dos cientistas da equipe internacional responsável pelo artigo em questão, três desses nove limites foram ultrapassados: a perda

¹⁴ RAFTERY, A., ZIMMER, A., FRIERSON, D. et al. “Less than 2 °C warming by 2100 unlikely.” *Nature Clim Change* 7, 637–641 (2017). Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/nclimate3352>>. Acesso em: 29 de Outubro de 2020.

¹⁵ Disponível em: <<https://veja.abril.com.br/ciencia/chance-do-acordo-de-paris-ser-cumprido-e-de- apenas-5/>>. Acesso em: 29 de Outubro de 2020.

¹⁶ ROCKSTROM, Johan e STEFFEN, Will, “Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity.” Disponível em: <<http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/>> Acesso em: 5 de novembro.

da biodiversidade, a poluição de nitrogênio e fósforo e as mudanças climáticas. Este último limite é um ponto crítico, enquanto os outros dois apontam o princípio de uma situação irreversível. O principal fator para se avaliar as mudanças climáticas é o nível de concentração de CO₂, que hoje se encontra em cerca de 387 ppm, enquanto o limite de longo prazo seria em torno de 350 ppm.¹⁷

Em relação à perda de biodiversidade, Chapin (2000) afirma que as taxas atuais e projetadas que medem o tema representam o sexto maior evento de extinção na história da Terra. O limite sustentável estipulado pelos cientistas seria de uma taxa de extinção de 10 milhões de espécies por ano. Contudo, a taxa atual é de mais de 100 milhões de espécies por ano, o que equivale a 10 vezes o marco em questão.¹⁸

Pouco é dito fora da academia em relação à poluição por nitrogênio e fósforo. No entanto, essa dinâmica é extremamente prejudicial para o meio ambiente, provocando a expansão das zonas mortas dos oceanos e de água doce. Os estudiosos ressaltam que cada um dos elementos químicos deve ser estudado de forma separada para avaliação dos limites, muito embora os impactos planetários dos dois sejam bastante similares. Por exemplo, apesar de o fluxo sustentável de fósforo ter como teto 7 milhões de toneladas, a demanda planetária atual é de cerca de 22 milhões de toneladas.¹⁹ Assim, é necessário que se desenvolvam novas técnicas agrícolas que não façam tanto uso de fertilizantes, mas que mantenham a produção e o abastecimento de alimentos.

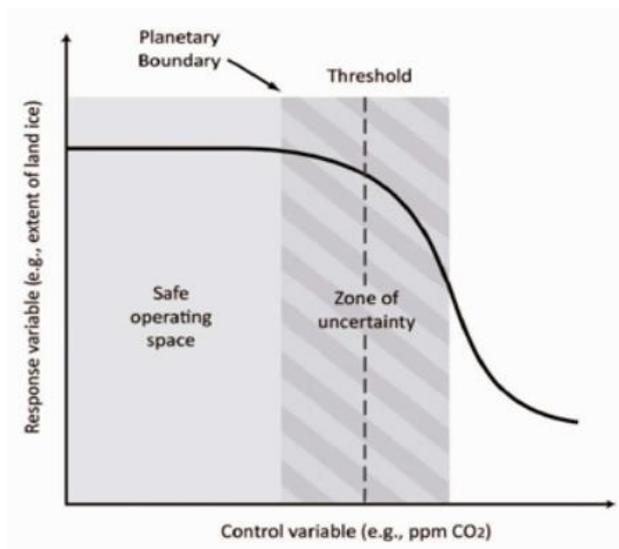
Na figura abaixo, Rockström ilustra o impacto que ultrapassar esses limites pode ter sobre todo o ecossistema.

Gráfico 8: “Descrição conceitual das fronteiras planetárias”

¹⁷ FOLEY, A. Jonathan, “Limites para um planeta sustentável” *Scientific American Brasil* N° 48, p. 25.

¹⁸ MACE, G., H. MASUNDIRE, J. BAILLIE. Biodiversity. Pages 79–115 in H. Hassan, R. Scholes, and N. J. Ash, editors. “Ecosystems and human wellbeing: current state and trends.” Island Press, Washington, D.C., USA. 2005

¹⁹ FOLEY, A. Jonathan, “Limites para um planeta sustentável” *Scientific American Brasil* N° 48, p. 28.



Fonte: Centro de Resiliência de Estocolmo

Na figura, a variável controle (*Control variable*) é referente às emissões de CO₂, enquanto a variável resposta (*Response variable*) é a extensão do gelo terrestre. Um aumento nas emissões aquece o planeta e, conseqüentemente, faz com que essa extensão de gelo diminua. No entanto, é possível observar que após ultrapassar o limite (*threshold*), a variável resposta diminui a uma taxa de variação muito maior. Ao entrar na zona de incerteza, os cientistas, por conta do conhecimento insuficiente e da natureza dinâmica do limite, não conseguem estimar os reais impactos da variável controle sobre a resposta. Entrar nesse território incerto é muito perigoso, uma vez que ainda é desconhecida a capacidade de resiliência do meio ambiente. Em razão disso, é difícil precisar se esses impactos serão temporários ou definitivos.

Um outro fator a ser levado em consideração é que as conseqüências das mudanças climáticas não geram impactos somente no meio ambiente, como o derretimento de calotas polares, a desertificação e a perda da biodiversidade. Isso porque é possível observar diversos canais que entrelaçam o clima e a economia, podendo essa relação ser comprovada por meio do PIB. Tal fato pode ser comprovado pelo Relatório Stern, publicado em 2006, que estima os custos da mudança climática em 5% do PIB global a cada ano. Se mais riscos forem levados em consideração, esses danos podem chegar a 20% do PIB.²⁰ Cada vez mais são elaborados estudos evidenciando os impactos que uma crise climática teria sobre toda a humanidade.

²⁰ N. Stern, *Stern Review on the Economics of Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, 2006.

Um experimento feito em ambiente real mostra que aumentar a temperatura do espaço laboral de 23° C para 30° C reduz a produtividade dos trabalhadores em 9% (SEPPANEN, FISK & LEI, 2006). Além disso, podem ser traçadas relações entre aumento da poluição e queda nos padrões de saúde dos indivíduos, tema que conta com bastante literatura disponível para estudo. Existem evidências de impactos sobre a gestação e o desenvolvimento cognitivo de bebês após exposição a partículas poluentes (OMS).²¹ Outro estudo, elaborado por Yishu Zhou e Jingyi Liu (2020), mostra que um acréscimo nos níveis de poluição pode aumentar a incidência de depressão na população.

Também podem ser citados os efeitos que as mudanças climáticas têm sobre os conflitos. É fácil imaginar que choques climáticos adversos resultariam em um menor crescimento econômico e, portanto, haveria uma maior ocorrência de crimes. Existem estudos sugerindo que maiores temperaturas estão associadas a mais crimes e que dias muito frios reduzem crimes contra a propriedade (RANSOM, 2012). Existem vários outros trabalhos interessantes de canais, como agricultura, migrações e educação, que demonstram os impactos que as mudanças climáticas podem gerar sobre todo o sistema econômico.

Infelizmente, hoje ainda resta a ideia de que o desenvolvimento sustentável defende um crescimento zero e, por isso, seria “anticapitalista”. É indiscutível que o crescimento econômico melhorou a qualidade de vida dos indivíduos como um todo. Desde a Revolução Industrial, a expectativa de vida, a educação e a saúde de povos em todos os continentes cresceram absurdamente, o que se deve justamente ao aumento considerável dos níveis de produção. No entanto, como bem pontuado por Ademar Romeiro:

“(…)o crescimento econômico eficiente é visto como condição necessária, porém não suficiente, para a elevação do bem-estar humano (...); do mesmo modo, o equilíbrio ecológico pode ser afetado negativamente pelo crescimento econômico, podendo limitá-lo no longo prazo, sem o concurso de políticas ecologicamente prudentes que estimulem o aumento da eficiência ecológica e reduzam o risco de perdas ambientais potencialmente importantes.” (ROMEIRO, 2012, P. 69)

Preocupar-se com as mudanças climáticas não significa defender o crescimento zero. Na realidade, tratar esse problema o quanto antes facilitará não só o

²¹ Disponível em: <<https://www.who.int/airpollution/ambient/health-impacts/en/>> Acesso em: 29 de Outubro de 2020.

desenvolvimento sustentável, mas também o próprio crescimento econômico no longo prazo.

Dadas todas as informações fornecidas por grandes centros de pesquisa, a humanidade está muito próxima de ultrapassar os limites do planeta. Por conta disso, é necessário abdicar de um crescimento econômico mais expressivo em curto e médio prazo, de modo a possibilitar o desenvolvimento de tecnologias limpas que permitam um maior crescimento econômico a longo prazo sem perdas ambientais. Se pesquisa e desenvolvimento nessa área tivessem sido iniciados quando o problema foi apresentado em 1972 na primeira conferência da ONU sobre o clima (*United Nations Conference on the Human Environment*), é possível que ainda houvesse tempo para organizar estruturadamente a manutenção de um crescimento global constantemente alto sem prejuízo dos recursos naturais e das gerações futuras.

8 Conclusão

Muitos economistas acreditam que a saída para o problema da crise climática é incentivar o crescimento econômico dos países para que, assim, os indivíduos passem a se importar mais com o meio ambiente. No entanto, como analisado nos capítulos anteriores, o suporte estatístico que mostra uma tendência de diminuição das emissões com o desenvolvimento das economias é escasso e criticado. Assim, seria prudente contar apenas com a economia de mercado para resolver questões ambientais?

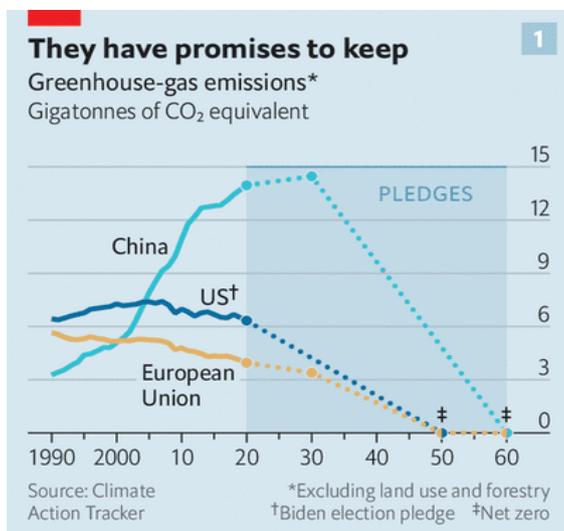
A análise empírica mostra que, ainda que o aumento nas emissões de GEEs possa ser atenuado se acompanhado por um sólido crescimento econômico, a posterior redução dessas emissões não é forte o suficiente para que a hipótese da CKA seja aplicada por si só na prática. Em termos empíricos, faz-se necessário um estudo utilizando dados em painel para que seja possível se aproximar de um consenso, tornando viável a definição de políticas econômicas e ambientais coerentes.

Em relação aos limites do planeta, Johan Rockström afirma que já se adentrou o território do imprevisível. A meta de limitar o aumento de temperatura a 2° C até o fim do século possui apenas cerca de 5% de chance de ser cumprida. A questão atual é decidir se o problema começará a ser enfrentado e atenuado agora ou se as instituições e a população irão esperar até que ele fique insustentável para, então, começar a combatê-lo. Estima-se que cerca de 2 dos quase 8 bilhões de indivíduos que atualmente habitam a Terra ainda estarão vivos em 2100. Portanto, combater as mudanças climáticas não se trata apenas de altruísmo com as gerações que estão por vir, mas também de senso de autopreservação.

Após o resultado das eleições nos Estados Unidos, o candidato vencedor Joe Biden declarou que pretende recolocar o país como signatário do Acordo de Paris assim que iniciado seu mandato, revertendo, portanto, a retirada recém-promovida pelo ex-presidente Donald Trump. Nesse contexto, o presidente eleito também prometeu zerar as emissões líquidas de CO₂ do país até o ano de 2050. Apesar de o impacto dessa medida individualmente considerada sobre o aumento da temperatura não ser tão grande (segundo os modeladores, haveria redução em 0,1° C nas projeções para o final do século), é importante que Biden consiga formalizar as metas de emissões dos EUA para 2030 e 2050 antes do encontro da cúpula do clima da COP-26 (Conferência Internacional sobre o Clima) na ONU em novembro de 2021, pois isso ajudará a convencer outros governos de que é necessário se preocupar com o meio ambiente. Os Estados Unidos, em razão de sua

grande influência na geopolítica mundial, podem (e devem) exercer um papel fundamental nessa luta.²²

Gráfico 9: “Promessas de redução dos gases de efeito estufa até 2060”



The Economist

Fonte: The Economist, 2020.

Em nível individual, algumas atitudes já estão sendo tomadas, sendo possível notar uma preocupação crescente do homem médio com o descarte de lixo e com o consumo exacerbado. No entanto, não há como deixar de reconhecer que individualmente pouco pode ser feito pelo meio ambiente. É preciso que os governos sejam avaliados pela sociedade não só em função de seus desempenhos em relação ao crescimento, mas também em razão de seus comportamentos nas esferas sociais e ambientais. Assim, faz-se necessária a criação de uma governança global que seja capaz de corrigir falhas de mercado, tornando, com isso, possível a manutenção do crescimento econômico de forma sustentável no longo prazo, sempre respeitando os limites que o planeta impõe.

A comunidade econômica está acostumada a pensar a economia como uma ciência separada das demais. Porém, não se pode deixar de incorporar outras áreas no momento de construção de normas econômicas. Muito embora os modelos unidimensionais de crescimento econômico até então elaborados tenham suprido de forma decente as necessidades de se explicar os fenômenos relevantes para a humanidade, a aproximação dos limites do planeta faz com que seja inevitável incluir outras disciplinas nesse

²² Disponível em: <<https://www.economist.com/international/2020/11/14/what-the-world-wants-from-joe-biden>>. Acesso em: 29 de Outubro de 2020.

processo, como a física, a química e a biologia, de modo a possibilitar que se promova uma análise factível do futuro crescimento econômico global. Como bem abordado por Sérgio Besserman (2013): “Não existe distinção entre o econômico, o social e o ambiental. Não faz sentido sequer a linguagem diplomática que menciona “três pilares”. É uma única história, e com desafios inéditos para a humanidade, como pensar e decidir globalmente e sobre um tempo mais longo do que estamos habituados a considerar.”

9 Referências Bibliográficas

ADELMAN, Morris A. *The Genie out of the Bottle: World Oil Since 1970*. Cambridge: MIT Press, 1995.

"Ambient Air Pollution". *Who.Int*, 2020. Disponível em: <<https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/air-quality-and-health/ambient-air-pollution>> Acesso em: 29 de outubro de 2020.

BESSERMAN, Sérgio. Suplemento O GLOBO AMANHÃ, dia 7 de maio de 2013

BRIMBLECOMB, Peter. "London Air Pollution, 1500–1900." *Atmospheric Environment*. 1977

BRUE, Stanley L. *História do pensamento econômico*. Trad. Luciana Penteado Miquelino. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2005.

CECHIN, Andrei. "A natureza como limite da economia" – A contribuição de Nicholas Georgescu – Roegen. São Paulo, EDUSP, 2010.

"Chance De Que O Acordo De Paris Seja Cumprido É De Apenas 5%". *VEJA*, 2020. Disponível em: <<https://veja.abril.com.br/ciencia/chance-do-acordo-de-paris-ser-cumprido-e-de-apenas-5/>>. Acesso em: 29 de outubro de 2020.

FOLEY, Jonathan, *Limites para um planeta sustentável*, Scientific American Brasil, Edição Especial Ambiente, 2012.

GROSSMAN, Gene & KRUGER, Alan. "Environmental Effects of a North American Free Trade Agreement". In: Peter Garber (Ed.). *The U.S. Mexico Free Trade Agreement*. MIT Press, 1994.

HOBBIE, M. C., MACK, & S. DIAZ. "Consequences of changing biotic diversity." 2000.

HEILBRONER, R. *A história do pensamento econômico*. Tradução de Therezinha M. Deutsch e Sylvio Deutsch. Consultoria de Paulo Sandroni. São Paulo: Nova Cultural, 1996.

JONES, Charles. I & VOLLARTH, Dietrich. *Introdução à Teoria do Crescimento Econômico*. Editora Campus. 2014

KUZNETS, S. *Economic Growth and Income Inequality*. *The American Economic Review*, pp. 1-28, 1995.

MACE, G., MASUNDIRE, H. BAILLIE, J. Biodiversity. P. 79–115 in H. Hassan, R. Scholes, and N. J. Ash, editors. "Ecosystems and human wellbeing: current state and trends." Island Press, Washington, D.C., USA. 2005.

Painel Intergovernamental de Mudança Climática (IPCC). Disponível em: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_all_final.pdf>. Acesso em: 10 de outubro de 2020.

"Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity." Disponível em: <<http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/>>. Acesso em: 10 de novembro de 2020

RAFTERY, A., ZIMMER, A., FRIERSON, D. et al. "Less than 2 °C warming by 2100 unlikely". *Nature Clim Change* 7, 637–641 (2017). Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/nclimate3352>>. Acesso em: 29 de outubro de 2020.

RANSON, Matthew. Crime, Weather, and Climate Change. Harvard Kennedy School. Associate Working Paper Series No. 8. 2012.

RESENDE, André. Os limites do possível, 2013.

ROMEIRO, Ademar Ribeiro, desenvolvimento sustentável: uma perspectiva econômica –ecológica, revista do Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo, Vol26, número 74, jan/abril 2012.

SEPPANEN, O., FISK, W. J., & LEI, Q. H. Effect of Temperature on Task Performance in Office Environment. Lawrence Berkeley National Laboratory. 2006

SHAFIK, Nemat. "Economic Development and Environmental Quality: An Econometric Analysis." *Oxford Economic Papers* 46 (October): 757–773. 1994.

SOLOW, R, The economics of resources or the resources of economics. *American Economic Review*, v.64, n.2, 1974.

STERN, N. Stern Review on the Economics of Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, 2006.

"The Changing Wealth of Nations: Measuring Sustainable Development in the New Millennium". Washington, DC: World Bank. 2011.

WEIL, David N. *Economic Growth*, 3e. Pearson. 2012.

"What The World Wants From Joe Biden". 2020. *The Economist*. Disponível em: <<https://www.economist.com/international/2020/11/14/what-the-world-wants-from-joe-biden>>. Acesso: 10 de novembro de 2020.

ZHOU, Yishu & LIU, Jingyi. "Air Pollution and Mental Health of Older Adults in China," *Sustainability*, MDPI, Open Access Journal, vol. 12, p. 1-13, January, 2020.