

**BILL GATES**

---

**COMO**

**EVITAR UM**

**DESASTRE**

**CLIMÁTICO**

---

**AS SOLUÇÕES QUE TEMOS  
E AS INOVAÇÕES NECESSÁRIAS**

---



COMPANHIA DAS LETRAS



# DADOS DE COPYRIGHT

---

## SOBRE A OBRA PRESENTE:

**A PRESENTE OBRA É DISPONIBILIZADA PELA EQUIPE LE LIVROS E SEUS DIVERSOS PARCEIROS, COM O OBJETIVO DE OFERECER CONTEÚDO PARA USO PARCIAL EM PESQUISAS E ESTUDOS ACADÊMICOS, BEM COMO O SIMPLES TESTE DA QUALIDADE DA OBRA, COM O FIM EXCLUSIVO DE COMPRA FUTURA. É EXPRESSAMENTE PROIBIDA E TOTALMENTE REPUDIÁVEL A VENDA, ALUGUEL, OU QUAISQUER USO COMERCIAL DO PRESENTE CONTEÚDO**

---

## SOBRE A EQUIPE LE LIVROS:

**O LE LIVROS E SEUS PARCEIROS DISPONIBILIZAM CONTEÚDO DE DOMÍNIO PÚBLICO E PROPRIEDADE INTELECTUAL DE FORMA TOTALMENTE GRATUITA, POR ACREDITAR QUE O CONHECIMENTO E A EDUCAÇÃO DEVEM SER ACESSÍVEIS E LIVRES A TODA E QUALQUER PESSOA. VOCÊ PODE ENCONTRAR MAIS OBRAS EM NOSSO SITE: LELIVROS.LOVE OU EM QUALQUER UM DOS SITES PARCEIROS APRESENTADOS NESTE LINK.**

---

**"QUANDO O MUNDO ESTIVER  
UNIDO NA BUSCA DO  
CONHECIMENTO, E NÃO MAIS  
LUTANDO POR DINHEIRO E  
PODER, ENTÃO NOSSA  
SOCIEDADE PODERÁ ENFIM  
EVOLUIR A UM NOVO NÍVEL."**

---



*Para cientistas, inovadores  
e ativistas*

*que nos  
mostram o  
caminho*

# Índice

Como evitar um desastre climático

Introdução. De 51 bilhões a zero

1. Por que zero?
2. Não será fácil
3. Cinco perguntas a serem feitas em todas as conversas sobre clima
4. Co  
mo  
nos  
con  
ect  
am  
os  
\_\_\_\_\_
5. Co  
mo  
faze  
mos  
as  
cois  
as  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

6.

Como

cresc

emos

e

repro

duzim

os

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

7.

Co

mo

con

tor

na

mo

s

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

8. Como aquecemos e resfriamos\_\_\_\_\_

9. Adapte-se a um mundo mais quente\_\_\_\_\_

10. Por que as políticas governamentais  
são importantes?\_\_\_\_\_

11. Um plano para chegar a zero\_\_\_\_\_

12. O que cada um  
de nós pode  
fazer Epílogo.  
Mudanças  
climáticas e  
COVID-19  
— Obrigado

S  
|  
O  
|  
B  
|  
R  
|  
E  
|  
E  
|  
S  
|  
T  
|  
E  
|  
I  
|  
V  
|  
R  
|  
O  
|  
S  
|  
O  
|  
B  
|  
R  
|  
E  
|  
I



# INTRODUÇÃO

# DE 51 BILHÕES A ZERO

**E**xistem dois números relacionados às mudanças climáticas que devem ser conhecidos. O primeiro é 51 bilhões. O segundo é zero.

Cinquenta e um bilhões é o número aproximado de toneladas de gases de efeito estufa que o mundo contribui a cada ano para a atmosfera. Embora o número possa aumentar ou diminuir ligeiramente de um ano para o outro, geralmente tende a aumentar. Esta é a *situação hoje*. (1)

Zero é a *quantia ao qual devemos aspirar*. Para parar o aquecimento e prevenir os piores efeitos das mudanças climáticas - que serão muito prejudiciais - os humanos devem parar de emitir gases de efeito estufa na atmosfera.

Se isso parece complicado é porque será. O mundo nunca empreendeu uma tarefa tão colossal. Todos os países terão que mudar sua maneira de fazer as coisas. Praticamente todas as atividades da existência contemporânea envolvem a liberação de gases de efeito estufa e, com o passar do tempo, mais pessoas terão acesso a esse estilo de vida. Isso é positivo, pois significa que as condições em que as pessoas vivem estão melhorando. Porém, se não mudarmos outros fatores, o mundo continuará produzindo gases de efeito estufa, as mudanças climáticas continuarão se

agravando e seu impacto sobre a humanidade certamente será catastrófico.

No entanto, esta *possa* mudança. Acho que é possível modificar vários fatores. Já temos algumas das ferramentas de que precisaremos e, quanto às que ainda não temos, tudo o que aprendi sobre clima e tecnologia me leva a ser otimista sobre nossa capacidade de inventá-las, implementá-las e, se nós agir com rapidez suficiente para evitar um desastre climático.

Este livro é sobre o que precisa ser feito e as razões pelas quais acho que podemos fazer isso.

Há duas décadas, não imaginava que um dia falaria em público sobre as mudanças climáticas, muito menos que escreveria um livro sobre o assunto. Minha experiência profissional gira em torno de software, não climatologia, e atualmente trabalho em tempo integral com minha esposa, Melinda, na Fundação Gates, onde concentramos todos os nossos esforços em saúde global, desenvolvimento e educação nos Estados Unidos.

Passei a me interessar pelas mudanças climáticas de forma indireta, por meio do problema da pobreza energética.

Nos primeiros anos do século XXI, quando nossa fundação estava apenas começando,

Comecei a viajar para países de baixa renda na África Subsaariana e no Sul da Ásia para aprender mais sobre mortalidade infantil, HIV e outros problemas sérios com os quais estávamos lutando. No entanto, não me concentrei exclusivamente nas doenças. Quando eu voava para as grandes cidades, olhava pela janela e me perguntava: 'Por que está tão escuro lá fora? Onde estão todas as luzes que você veria se sobrevoasse Nova York, Paris ou Pequim?'

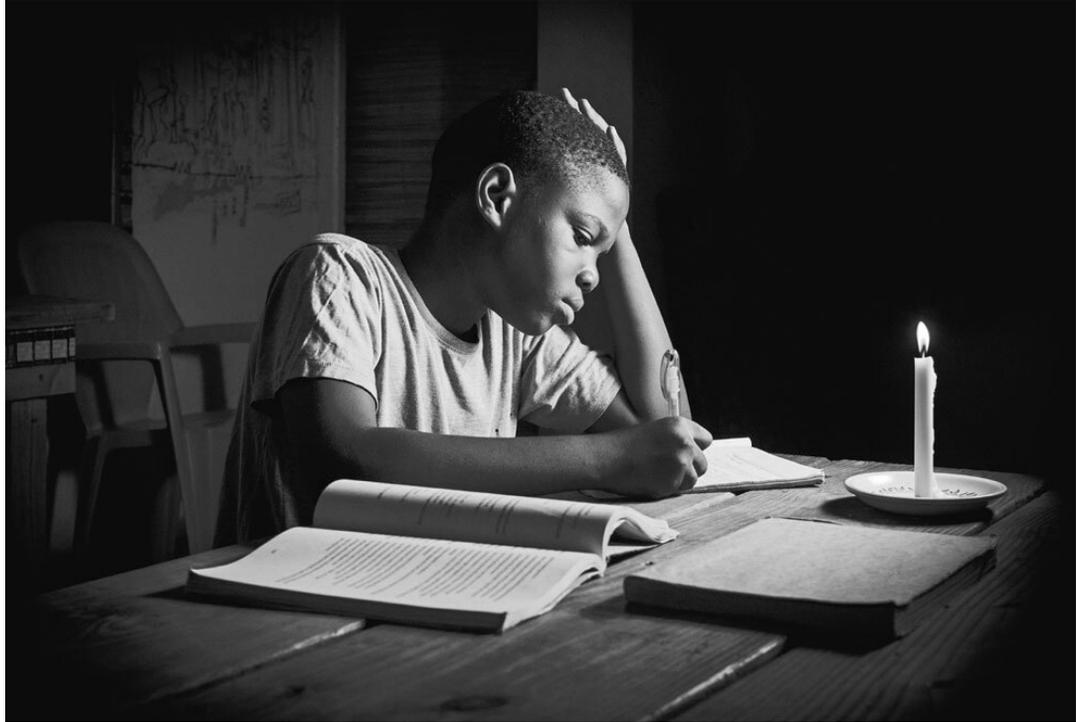
Em Lagos, Nigéria, vaguei por ruas sem iluminação, onde as pessoas se amontoavam em volta de fogueiras acesas em velhos tambores de metal. Em aldeias remotas, Melinda e eu conhecemos mulheres e meninas que passavam os dias catando lenha para cozinhar em uma chama viva em suas casas.

Conhecemos crianças que faziam o dever de casa à luz de velas porque não tinham eletricidade em casa.

Descobri que quase um bilhão de pessoas não tinham um fornecimento confiável de eletricidade

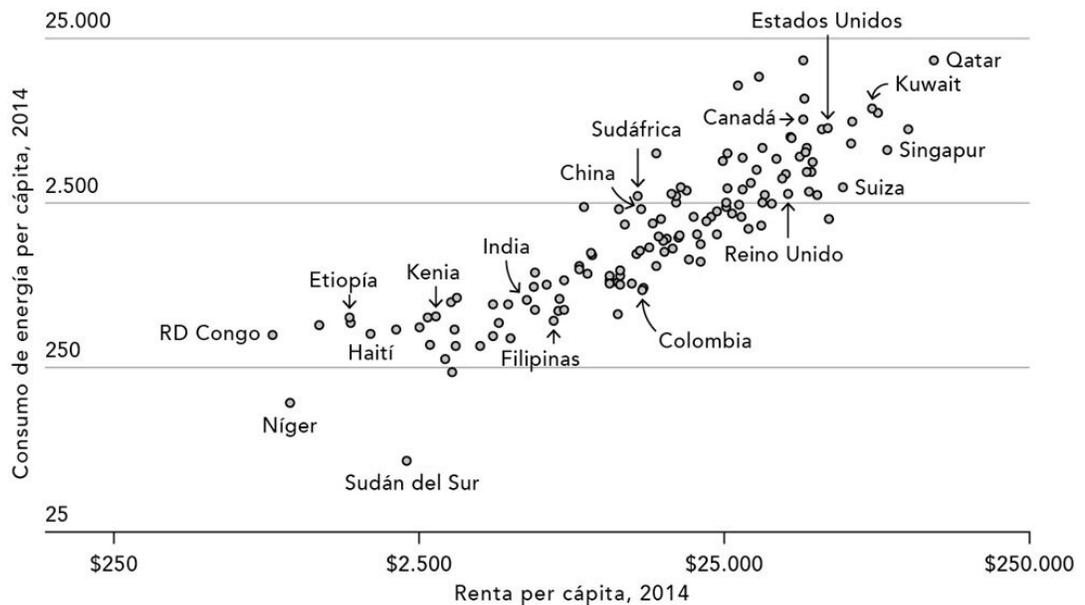
e que metade delas vivia na África Subsaariana. (O quadro melhorou um pouco desde então; hoje cerca de 860 milhões de pessoas estão sem eletricidade.) Pensei no lema da nossa fundação - "Todos merecem a

oportunidade de levar uma vida saudável e produtiva" - e em como é difícil cuidar de sua saúde quando a clínica local não mantém as vacinas refrigeradas porque muitas vezes as geladeiras não funcionam. É difícil ser produtivo quando você não tem luz suficiente para ler. E é impossível desenvolver uma economia que ofereça oportunidades de emprego para todos sem grandes quantidades de energia elétrica confiável e acessível para escritórios, fábricas e call centers.



Melinda e eu conhecemos várias crianças como Ovulube Chinachi, de nove anos, que mora em Lagos, Nigéria, e faz o dever de casa à luz de velas. [1]

Mais ou menos na mesma época, o falecido cientista David MacKay, professor da Universidade de Cambridge, compartilhou comigo um gráfico que refletia a relação entre renda e uso de energia; entre a renda per capita de um país e a quantidade de eletricidade consumida por seus habitantes. O esquema, no qual a renda per capita era representada pelo eixo horizontal, e o consumo de energia, pelo eixo vertical, deixou claro que os dois fatores estão intimamente relacionados.



**A receita e o uso de energia andam de mãos dadas.** David MacKay me mostrou um gráfico como

isto, que relaciona o consumo de energia com a renda per capita. A correlação é inequívoca. (IEA; Banco Mundial.) [\[dois\]](#)

Ao absorver todas essas informações, comecei a pensar em como o mundo poderia oferecer energia barata e eficiente para os pobres. Não fazia sentido para nossa fundação enfrentar esse problema gigantesco - precisávamos que ele ficasse focado em sua missão principal - mas comecei a pensar em ideias com alguns amigos inventores. Li várias obras que abordaram o assunto em profundidade, incluindo os livros esclarecedores do cientista e historiador Vaclav Smil, que me ajudaram a entender como a energia tem sido essencial para a civilização moderna.

Naquela época, eu ainda não sabia que devíamos chegar a zero. Os países ricos, responsáveis por grande parte das emissões, estavam começando a prestar atenção à mudança climática e ele supôs que isso bastaria. Minha contribuição, ou assim eu acreditava, seria defender que a energia confiável estava disponível para os mais desfavorecidos.

Para começar, eles seriam os principais beneficiários. A energia barata não só permitiria que eles tivessem luz à noite, mas também fertilizantes

mais baratos para a terra e cimento para as casas. E quando se trata de mudança climática, os pobres são os que mais têm a perder. A maioria deles são agricultores que já vivem na periferia e não conseguem lidar com mais secas e inundações.

Minha mentalidade mudou no final de 2006, quando conheci dois ex-colegas da Microsoft que queriam iniciar organizações sem fins lucrativos.

focado em energia e clima. Eles estavam acompanhados por dois climatologistas bem versados nesses assuntos, e os quatro me mostraram os dados que ligavam as emissões de gases de efeito estufa às mudanças climáticas.

Ele sabia que esses gases estavam causando o aumento da temperatura, mas presumiu que havia variações cíclicas ou outros fatores que impediriam naturalmente a ocorrência de uma catástrofe climática. Além disso, era difícil para mim aceitar que as temperaturas continuassem a aumentar enquanto os humanos continuassem a emitir gases de efeito estufa, em qualquer quantidade.

Voltei várias vezes ao grupo para esclarecer dúvidas posteriores. No final, entendi: o mundo precisa gerar mais eletricidade para que os menos favorecidos prosperem, mas sem emitir mais gases de efeito estufa.

A questão parecia ainda mais complexa para mim então. Não era mais suficiente fornecer energia barata e confiável para os pobres; também tinha que ser energia limpa.

Continuei estudando tudo o que caiu em minhas mãos sobre as mudanças climáticas.

Encontrei-me com especialistas em clima e energia, agricultura, oceanos, níveis do mar, geleiras e linhas de transmissão de energia, entre outros campos. Li os relatórios publicados pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (conhecido como IPCC), órgão da ONU que estabelece consenso científico sobre o assunto. Viu *Mudança do clima da Terra*, Uma ótima série de vídeos de palestras ministrados pelo Professor Richard Wolfson e disponíveis como um dos Grandes Cursos. Leitura *Tempo para manequins*, que continua sendo um dos melhores livros sobre o tempo que já encontrei.

Algo que ficou muito claro para mim foi que as atuais fontes de energia renovável

- eólica e solar, acima de tudo - poderiam contribuir muito para reduzir o problema, mas ainda não estávamos fazendo o suficiente para implementá-los.

(dois) Também ficou claro para mim por que eles não são suficientes por si próprios para nos levar a emissões zero. O vento não sopra o tempo todo, nem o sol brilha 24 horas por dia, e não temos baterias acessíveis capazes de armazenar a quantidade de energia que uma cidade necessita por tempo suficiente. Além disso, a produção de eletricidade responde por apenas 27% de todas as emissões de gases de efeito estufa. Mesmo que fizéssemos grandes avanços com as baterias, teríamos de lidar com os 73% restantes.

Em apenas alguns anos, cheguei a três conclusões:

1. Para evitar um desastre climático, devemos atingir zero emissões.
2. Devemos aplicar as ferramentas que já possuímos, como a solar e a eólica, de forma mais rápida e inteligente.

1. Devemos criar e comercializar tecnologias de ponta que nos ajudem a atingir nosso objetivo.

Os argumentos para zero eram, e ainda são, os mais robustos. Se não pararmos de contribuir com gases de efeito estufa para a atmosfera, a temperatura continuará subindo. Há uma analogia particularmente esclarecedora: o clima é como uma banheira que está sendo lentamente preenchida com água. Mesmo se reduzirmos o jato a um fio, a água acabará escorrendo pela borda e derramar.

Esse é o desastre que devemos evitar. Definir a meta de reduzir nossas emissões - mas não

eliminá-las - não será suficiente. O único objetivo sensato é chegar a zero. (No Capítulo 1, explico com mais detalhes o que quero dizer com isso e qual seria o impacto sobre as mudanças climáticas.)

No entanto, no momento em que descobri tudo isso, não estava procurando outro assunto para abordar. Melinda e eu decidimos treinar exaustivamente, contratar equipes de especialistas e investir nossos recursos em saúde e desenvolvimento globais, bem como em educação nos Estados Unidos. Além disso, ele observou que muitas pessoas famosas estavam colocando os holofotes sobre a mudança climática.

Portanto, embora eu tenha me envolvido mais nessa questão, não a tornei a principal prioridade. Quando pude, li sobre isso e entrevistei especialistas. Eu investi em algumas empresas de energia renovável e coloquei várias centenas de milhões de dólares para iniciar um negócio para projetar uma usina nuclear de última geração que produziria eletricidade limpa e deixaria muito pouco lixo radioativo. Eu dei uma palestra TED intitulada "Innovating Towards Zero!" Mas, geralmente, o trabalho da Fundação Gates chamou minha atenção.

Até que um dia, na primavera de 2015, decidi que deveria fazer mais e falar por essa causa. Ele estava assistindo notícias sobre estudantes americanos organizando manifestações para exigir que suas universidades abandonassem seus investimentos em combustíveis fósseis. Como parte desse movimento, o jornal britânico *O guardião* lançou uma campanha que instava nossa fundação a liquidar a pequena fração de ativos que havia investido em empresas que exploravam essa classe de combustíveis. Eles criaram um vídeo com pessoas de todo o mundo me pedindo para desinvestir.

Entendeu porque *O guardião* Ele dirigiu suas críticas à nossa fundação e a mim em particular. Além disso, a dedicação dos ativistas despertou minha admiração; ele havia testemunhado protestos estudantis contra a Guerra do Vietnã e, mais tarde, contra o regime do apartheid na África do Sul, e sabia que eles haviam feito mudanças reais. Foi emocionante ver esse tipo de energia direcionada contra a mudança climática.

Por outro lado, fiquei pensando no que havia observado em minhas viagens. A Índia, por exemplo, tem uma população de 1,4 bilhão de pessoas, muitas das quais estão entre as mais desfavorecidas do mundo. Não me pareceu justo que lhes dissessem que seus filhos teriam que estudar sem eletricidade ou que milhares de índios foram condenados a morrer por ondas de calor porque os condicionadores de ar são prejudiciais ao meio ambiente. A única solução em que pude pensar foi gerar energia limpa a um custo tão baixo que todos os países a preferiram aos combustíveis fósseis.

Por mais admirável que fosse o fervor dos manifestantes para mim, não acreditava que o desinvestimento por si só fosse suficiente para deter as mudanças climáticas ou ajudar as pessoas nos países pobres. Uma coisa era desinvestir de empresas para combater o apartheid, uma instituição política suscetível a ceder à pressão econômica (como de fato cedeu), e outra bem diferente é transformar o sistema energético mundial - um setor avaliado em cerca de cinco trilhões de dólares por ano - no ano e isso forma a base da economia moderna - simplesmente com a venda de ações de empresas de combustíveis fósseis.

Até hoje, continuo com a mesma opinião, mas percebi que existem outros motivos para não possuir ações em empresas desse tipo: Não quero lucrar se o preço subir pelo fato de não desenvolvermos alternativas com pegada de carbono zero. Eu me sentiria culpado se me beneficiasse de um atraso na eliminação das emissões. Então, em 2019, vendi todas as minhas participações diretas em empresas de petróleo e gás, e o mesmo aconteceu com o fundo que gerencia os fundos da Fundação Gates. (Eu já havia retirado meus investimentos em empresas de carvão por anos.)

É uma decisão pessoal que tenho a sorte de poder tomar. No entanto, estou bem ciente de que não terá um impacto real na redução das emissões. Chegar a zero requer uma abordagem muito mais ampla: promover uma mudança completa por meio de todos os instrumentos à nossa disposição, como políticas governamentais, tecnologia atual, novas invenções e a capacidade dos mercados privados de distribuir produtos em grandes quantidades. Grande número de pessoas.

No final de 2015, surgiu um momento propício para defender a inovação e novos investimentos: entre novembro e dezembro, a ONU realizaria a COP 21, uma grande cúpula sobre mudanças climáticas, em Paris. Alguns meses antes, conheci François Hollande. O então presidente da França estava interessado em convencer investidores privados a participarem da conferência, e eu estava interessado em colocar a inovação na agenda. Ambos vimos o ato como uma boa oportunidade. Ele me pediu minha colaboração para incorporar investidores à iniciativa; Eu respondi que me parecia

Uma boa proposta, embora fosse mais fácil se os governos também se comprometessem a investir mais em pesquisa energética.

A ideia não seria fácil de vender. Mesmo o orçamento que os Estados Unidos destinam à pesquisa em energia foi (e ainda é) muito inferior ao de outros itens essenciais, como saúde ou defesa. Embora alguns países estivessem aumentando seus recursos para pesquisa modestamente, eles ainda eram muito escassos. E eles relutavam em fazer muito mais, a menos que tivessem a garantia de que haveria dinheiro suficiente do setor privado para tirar suas ideias do laboratório e colocá-las em produtos que realmente ajudassem as pessoas.

Em 2015, porém, o financiamento privado estava fechando a torneira. Muitas das empresas de capital de risco que haviam investido em tecnologia verde estavam se retirando do setor porque os retornos eram muito baixos. Eles estavam acostumados a colocar dinheiro em empresas de biotecnologia e informática, que muitas vezes tiveram sucesso da noite para o dia e não tinham que lidar com tantas regulamentações governamentais. Energia limpa era outra questão, então eles começaram a se ignorar.

Ficou claro que precisávamos atrair novos investidores e adotar uma estratégia diferente, concebida especificamente para as energias renováveis. Em setembro, dois meses antes do início da conferência de Paris, escrevi por e-mail para mais de uma vintena de bilionários que conhecia; minha esperança era convencê-los a se comprometerem a complementar o

novo financiamento governamental para pesquisas com capital de risco. Teriam que ser investimentos de longo prazo - avanços significativos em energia levam décadas para se desenvolver - e os investidores teriam que mostrar uma alta tolerância ao risco. Para evitar as armadilhas que os capitalistas de risco encontraram,

As reações me encheram de alegria. O primeiro investidor respondeu sim em menos de quatro horas. Quando a cúpula de Paris foi aberta, dois meses depois, mais 26 pessoas haviam se juntado ao que chamamos de Coalizão de Energia Revelação. Hoje, a organização tem programas filantrópicos, advocacy e fundos privados que investiram em mais de 40 startups com ideias promissoras.

Os governos também fizeram sua parte. Vinte chefes de estado se reuniram em Paris e prometeram dobrar o orçamento de pesquisa. O presidente Hollande, o presidente dos EUA Barack Obama e o primeiro-ministro indiano Narendra Modi desempenharam um papel decisivo no

materialização do acordo; na verdade, foi o primeiro-ministro Modi quem criou o nome: Missão Inovação. Atualmente, a iniciativa abrange 24 países, e a Comissão Europeia liberou US \$ 4,6 bilhões por ano em dinheiro novo para pesquisa de energia limpa, o que representa um aumento de mais de 50% em apenas alguns anos.

O próximo ponto de inflexão nesta história será tristemente familiar a todos os leitores.

Em 2020, a humanidade sofreu um duro golpe quando um novo coronavírus se espalhou pelo mundo. Para aqueles de nós que conheciam a história das pandemias, a devastação causada pela COVID-19 não foi surpreendente. Eu vinha estudando surtos de doenças há anos, devido ao meu interesse pela saúde global, e estava muito preocupado com o fato de o mundo não estar preparado para lidar com uma pandemia como a gripe de 1918, que matou dezenas de milhões de pessoas. Em 2015, ele deu uma conferência TED e deu várias entrevistas nas quais defendeu a necessidade de criar um sistema para detectar grandes surtos e agir para contê-los. Outras pessoas, incluindo o ex-presidente dos Estados Unidos George W. Bush, apresentaram argumentos semelhantes.



Apresentação da Missão Inovação, na companhia de líderes mundiais, na Conferência do Clima da ONU realizada em 2015 em Paris. (As notas contêm os nomes de todas as pessoas que aparecem no

Fotografia. [3]

Infelizmente, o mundo mal se preparou, então, quando o novo coronavírus apareceu, trouxe consigo um grande número de mortes e perdas econômicas sem precedentes desde a Grande Depressão. Embora eu permanecesse amplamente dedicado ao meu trabalho sobre mudança climática, Melinda e eu decidimos que COVID-19 deveria se tornar a principal prioridade da Fundação Gates e o foco principal de nossos esforços. Todos os dias, falei com cientistas

de universidades e pequenas empresas, presidentes de empresas farmacêuticas e chefes de governo para saber como a fundação pode ajudar a acelerar o desenvolvimento de testes, tratamentos e vacinas. Em novembro de 2020, havíamos alocado mais de US \$ 445 milhões em subsídios para combater a doença e centenas de milhões mais por meio de vários investimentos para levar vacinas, testes e outros produtos essenciais para países com poucos recursos mais rapidamente.

A atividade econômica desacelerou tanto que o mundo emitirá menos gases de efeito estufa neste ano do que no ano passado. Como já mencionei, a redução será da ordem de 5%. Na prática, isso significa que vamos liberar entre 48 bilhões e 49 bilhões de toneladas de carbono na atmosfera, ao invés de 51 bilhões.

Esta é uma redução significativa e seria ótimo se pudéssemos manter essa taxa de redução a cada ano. Infelizmente, não podemos.

Considere o preço que pagamos por essa redução de 5%. Um milhão de pessoas morreram e 10 milhões perderam seus empregos. Para dizer o mínimo, esta é uma situação que ninguém gostaria de prolongar ou repetir. E, no entanto, as emissões de gases do efeito estufa certamente foram reduzidas em apenas 5%, talvez menos. O que me impressiona não é essa diminuição, mas o quão leve foi.

Essa ligeira diminuição das emissões mostra que usar menos carros e aviões não seria o suficiente para atingir a meta de zero, nem seria o fator mais determinante. Assim como precisamos de novos testes, tratamentos e vacinas para combater COVID-19, também precisamos de novas ferramentas para combater as mudanças climáticas: maneiras de

gerar eletricidade, fazer coisas, cultivar alimentos, aquecer ou resfriar dentro de edifícios e transportar pessoas e bens ao redor o mundo, tudo com uma pegada de carbono zero. Também precisamos de novos tipos de sementes e outras inovações para ajudar as pessoas mais desfavorecidas do planeta - muitas das quais são pequenos agricultores - a se adaptarem a um clima mais quente.

Existem outros obstáculos, é claro, que não estão relacionados à ciência ou ao financiamento. Especialmente na América, a política desviou a atenção do debate sobre a mudança climática. Em alguns dias, parece que há pouca esperança de avanço.

Minha mentalidade é mais a de um engenheiro do que de um cientista político, então não tenho a solução política para as mudanças climáticas. Em vez disso, pretendo focar no que é necessário para alcançar emissões zero: canalizar a inteligência científica e o entusiasmo do mundo para as soluções de energia limpa existentes, bem como

invenção de novos, para parar de despejar gases de efeito estufa na atmosfera.

É claro para mim que não sou a melhor pessoa para transmitir mensagens sobre as mudanças climáticas. Não faltam homens ricos no mundo com ideias ambiciosas sobre o que os outros devem fazer ou com a convicção de que a tecnologia pode consertar tudo. Além disso, tenho casas grandes e vôo em aviões particulares - na verdade, voei em um deles para Paris para participar da conferência do clima - então, que direito tenho de dar palestras sobre meio ambiente?

Eu me declaro culpado de todas as três acusações.

Não posso negar que sou um cara rico com uma opinião. No entanto, acho que esta é uma opinião bem fundamentada e procuro sempre descobrir melhor.

Por outro lado, sou um tecnófilo. Quando tenho um problema, sempre procuro a tecnologia como remédio. Quando se trata de mudança climática, sei que a inovação não é a única coisa de que precisamos. Mas sem ele não seremos capazes de manter a terra habitável. As soluções técnicas não são suficientes, mas são necessárias.

Finalmente, é verdade que minha pegada de carbono é exorbitante. Há muito tempo me sinto culpado por isso. Eu já sabia como são altas minhas emissões, mas trabalhar neste livro abriu meus olhos ainda mais para a responsabilidade de reduzi-las. Reduzir minha pegada de carbono é o mínimo que eu esperaria de alguém em minha posição que está preocupado com as mudanças climáticas e que está fazendo apelos públicos para a ação.

Em 2020, comecei a comprar combustível de aviação sustentável e em 2021 terei compensado totalmente as emissões da minha família a esse respeito. De resto, tento

neutralizar nossa pegada por meio de uma empresa que possui uma planta que absorve dióxido de carbono do ar (se você quiser saber mais sobre essa tecnologia, chamada de "captura direta de ar", vá para o Capítulo 4). Também apóio uma organização sem fins lucrativos que instala sistemas de energia limpa em moradias populares em Chicago. Além disso, continuarei procurando outras maneiras de diminuir minha pegada particular.

Por outro lado, invisto em tecnologias neutras em carbono. Gosto de pensar que isso neutraliza parte das minhas emissões. Eu comprometi mais de um bilhão de dólares em iniciativas que acredito que ajudarão o mundo a alcançar a meta do zero, incluindo a geração de energia limpa e confiável, bem como a fabricação de produtos com baixo teor de carbono como cimento, aço e

carne, entre outros. E não conheço ninguém que invista mais em tecnologias de captura direta de ar.

É claro que investir em empresas não reduz minha pegada de carbono, mas se eu tiver escolhido bem os projetos, eles removerão mais carbono da atmosfera do que eu ou minha família emitimos. Por outro lado, o objetivo não é que cada indivíduo remedeie suas emissões, mas evite um desastre climático. É por isso que apóio pesquisas preliminares sobre energia limpa, invisto em empresas de energia promissoras, defendo políticas que impulsionarão o progresso em todo o mundo e encorajo outros que têm os recursos para fazer o mesmo.

O fato é este: enquanto grandes emissores como eu deveriam consumir menos energia, o mundo em geral deveria consumir

*mais* produtos e serviços prestados por energia. Não há nada de errado em usar mais, desde que não seja baseado em carbono. A chave para lidar com a mudança climática é produzir energia verde tão barata e confiável quanto a de combustíveis fósseis. Dedico um esforço enorme para promover tudo o que acredito que nos levará a esse ponto e fará uma diferença significativa que nos permitirá passar de 51 bilhões de toneladas a zero.

Este livro propõe um caminho a seguir, uma série de passos que podemos tomar para maximizar nossas chances de evitar um desastre climático. Está dividido em cinco partes:

**Por que zero?** No Capítulo 1, investigarei por que precisamos atingir zero emissões, bem como o que sabemos (e não sabemos) sobre

como o aumento das temperaturas afetará a população mundial.

**A má notícia: chegar a zero será muito difícil.** Como todos os planos para atingir uma meta devem começar com uma avaliação realista das barreiras que se interpõem em nosso caminho, no Capítulo 2 examinaremos os desafios que enfrentamos.

**Como ter uma conversa fundamentada sobre as mudanças climáticas.** No Capítulo 3, tento esclarecer algumas estatísticas confusas e compartilhar o punhado de perguntas que tenho em mente toda vez que participo de um diálogo sobre mudança climática. Eles me salvaram de errar inúmeras vezes e espero que também sirvam a você.

**A boa notícia: nós podemos fazer isso.** Nos Capítulos 4 a 9, discuto as áreas em que a tecnologia atual pode ser útil e aquelas que requerem um avanço significativo. Será a parte mais longa do livro, pois há muitos tópicos a serem abordados. Algumas soluções que temos que implementar em grande escala já existem, mas também precisamos desenvolver *um monte* de inovações e difundi-las pelo mundo em poucas décadas.

Embora eu vá discutir algumas das tecnologias pelas quais tenho mais esperança, não vou citar muitas empresas específicas. Em parte, isso se deve ao fato de ter investido em algumas delas e não gostaria de dar a impressão de estar favorecendo empresas nas quais tenho interesses financeiros. Mas o motivo mais importante é que quero me concentrar em ideias e inovações, não em negócios específicos. Algumas empresas podem falir nos próximos anos; Geralmente acontece quando você está trabalhando com tecnologia de ponta e não é necessariamente um sinal de fracasso. O resultado final é aprender com os erros e incorporar as lições aprendidas na próxima iniciativa, assim como fizemos na Microsoft e outros inovadores que conheço fazem.

**Ações que podemos tomar agora.** Escrevi este livro porque não tenho apenas clareza sobre o problema da mudança climática, mas também sobre a possibilidade de resolvê-lo. Isso não é pensamento positivo; Já encontramos duas das três condições necessárias para concluir qualquer tarefa importante. Em primeiro lugar, estamos comprometidos, graças à paixão de um crescente movimento global liderado por jovens profundamente preocupados com as mudanças climáticas.

Em segundo lugar, definimos metas cada vez mais ambiciosas para resolver o problema à medida que mais líderes nacionais e locais em todo o mundo se comprometem a contribuir.

Precisamos apenas da terceira condição: um plano preciso para atingir esses objetivos. Da mesma forma que nossos objetivos se baseiam no que o clima nos diz, qualquer plano prático de redução de emissões deve ser baseado em diferentes disciplinas: física, química, biologia, engenharia, ciência política, economia e finanças, entre outras. Assim, nos últimos capítulos, irei propor um plano baseado nas recomendações feitas por especialistas em todas essas áreas. Nos Capítulos 10 e 11, enfocarei as políticas que os governos podem adotar; No Capítulo 12, vou propor uma série de passos que todos nós podemos dar para ajudar o mundo a alcançar a meta zero. Seja você uma autoridade governamental, um empresário ou um eleitor muito ocupado com muito pouco tempo livre (ou todos os três ao mesmo tempo),

Isso é tudo. Vamos começar.

# POR QUE ZERO?

O motivo pelo qual precisamos chegar a emissões zero é simples: os gases do efeito estufa prendem o calor, fazendo com que a temperatura média da superfície da Terra aumente. Quanto maior a quantidade desses gases, mais a temperatura sobe. E uma vez que são liberados na atmosfera, eles permanecem lá por um longo tempo; cerca de um quinto do dióxido de carbono emitido hoje irá persistir daqui a dez mil anos.

Nenhuma hipótese realista prevê que continuaremos a adicionar carbono à atmosfera sem que o mundo continue a aquecer, e quanto mais quente, mais difícil será para os humanos sobreviver, quanto mais prosperar. Não sabemos exatamente quanto dano um determinado aumento de temperatura causaria, mas temos todos os motivos para nos preocupar. Além disso, como os gases do efeito estufa persistem na atmosfera por tanto tempo, as altas temperaturas do planeta persistirão muito depois de atingirmos as emissões zero.

Reconheço que estou usando a palavra "zero" de maneira imprecisa, então quero deixar claro o que quero dizer. Na era pré-industrial - antes de meados do século XVIII, mais ou menos - o ciclo do carbono da Terra deve ter sido

bastante equilibrado; ou seja, as plantas e outros organismos e substâncias absorveram aproximadamente a mesma quantidade de dióxido de carbono que foi emitido.

Mas então começamos a queimar combustíveis fósseis. Essas substâncias são feitas de carbono armazenado no subsolo, os restos de

plantas que morreram há muito tempo e ao longo de milhões de anos foram transformadas, devido à compressão, em petróleo, carvão ou gás natural. Quando extraímos esses combustíveis e os queimamos, emitimos carbono, que se soma ao que já está na atmosfera.

Não há maneiras realistas de atingir a meta zero que é abandonar totalmente esses combustíveis ou acabar com todas as atividades que também produzem gases de efeito estufa (como fabricação de cimento, uso de fertilizantes ou escape de metano). Usinas termelétricas a gás natural). Pelo contrário, é mais provável que em um futuro com zero carbono continuaremos a produzir emissões, mas teremos sistemas em funcionamento para remover o carbono adicional.

Em outras palavras, "alcançar emissões zero" não significa realmente eliminá-las completamente, mas sim se aproximar de "emissões zero líquidas". Este não é um teste de tudo ou nada em que só podemos passar se atingirmos uma redução de 100% e que falharemos desastrosamente se não conseguirmos mais de 99%. Porém,

quanto maior for a redução, maiores serão os benefícios.

Uma redução de 50% nas emissões não impediria o aumento da temperatura; só iria desacelerá-lo, o que adiaria, mas não impediria a catástrofe climática.

Suponha que alcançamos uma redução de 99%. Quais países e setores da economia teriam o direito de tirar vantagem do 1% restante? Quem teria o direito de decidir algo assim?

Na verdade, para evitar os piores cenários climáticos, em algum momento devemos não apenas parar de adicionar gases à atmosfera, mas também começar a eliminar parte daqueles que já emitimos. Às vezes, essa medida é definida como "emissões líquidas negativas". Isso significa simplesmente que, no longo prazo, teremos que absorver mais gases de efeito estufa do ar do que liberamos para limitar o aumento da temperatura.

Para voltar à analogia que delineei na introdução, não se trata apenas de interromper o fluxo de água na banheira, mas também de remover o tampão e deixar a água descer pelo ralo.

Suspeito que antes de ler este capítulo você já tenha se deparado com referências aos riscos envolvidos em não atingir a meta de

zero. Afinal, o noticiário fala sobre as mudanças climáticas praticamente todos os dias, e com razão: é um problema urgente que merece todas as manchetes.

dedicar. No entanto, algumas explicações são confusas ou até contraditórias.

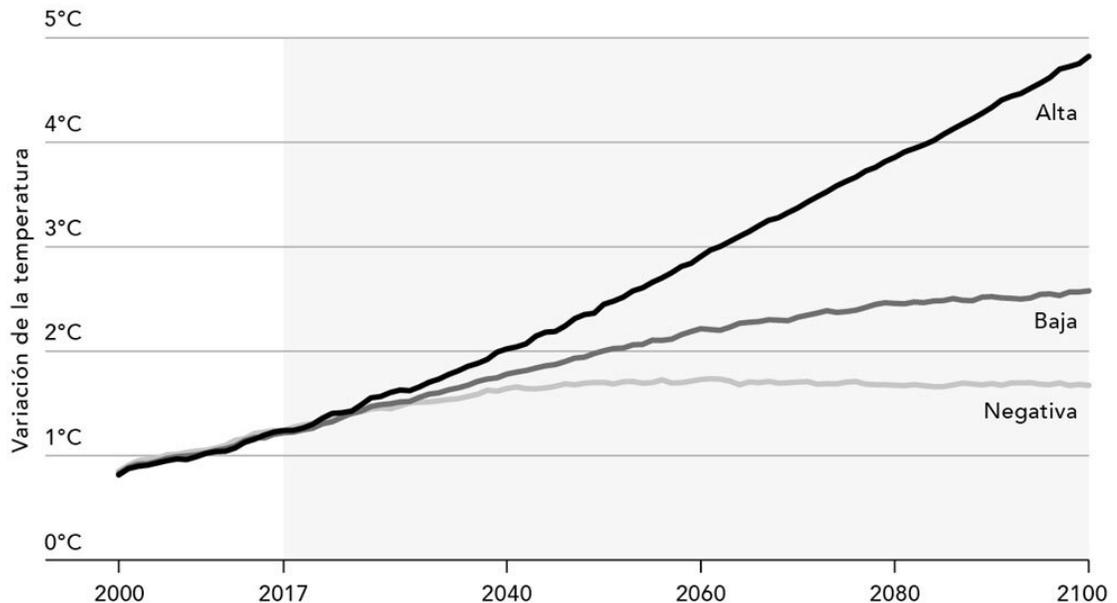
Neste livro, tentarei abrir caminho em meio ao barulho. Ao longo dos anos, tive a oportunidade de aprender com alguns dos mais eminentes cientistas do clima e da energia do mundo. É uma conversa sem fim, à medida que o conhecimento dos pesquisadores avança à medida que incorporam novos dados e aprimoram os modelos de computador que usam para fazer previsões sobre diferentes cenários futuros. No entanto, foi extremamente útil para distinguir o provável do possível, mas improvável, e me convenceu de que a única maneira de evitar resultados desastrosos é chegar a zero emissões. Neste capítulo, quero compartilhar um pouco do que aprendi.

### **Um pouco é muito**

Fiquei surpreso ao descobrir que o que a princípio parecia um leve aumento na temperatura global - apenas um ou dois graus Celsius - poderia causar grandes problemas. Mas é verdade: do ponto de vista do clima, uma

variação de alguns graus faz uma grande diferença. Durante a última era do gelo, a temperatura média era apenas seis graus mais baixa do que é hoje. Na época dos dinossauros, quando a temperatura média era cerca de quatro graus mais quente do que hoje, havia crocodilos que viviam acima do Círculo Polar Ártico.

Também é importante lembrar que por trás desses valores médios, uma gama muito ampla de temperaturas está oculta. Embora a média mundial tenha subido apenas um grau desde a era pré-industrial, alguns lugares já registraram aumentos de mais de dois graus. Essas regiões vivem entre 20 e 40 por cento da população mundial.



**As três linhas a saber.** Eles mostram como será o aumento da temperatura no futuro se as emissões aumentarem muito (linha alta), se aumentarem menos (linha baixa) e se começarmos a remover mais carbono do que emitimos (negativo). (KNMI Climate Explorer.) [1]

Por que a temperatura sobe mais em alguns lugares do que em outros? No interior de alguns continentes o solo é mais seco, o que significa que o terreno não esfria tanto quanto antes. Em outras palavras, os continentes transpiram cada vez menos.

Então, o que o aquecimento global tem a ver com as emissões de gases de efeito estufa? Vamos começar com o básico: o dióxido de carbono é o gás de efeito estufa mais comum, mas existem outros, como o óxido nitroso e o metano. Você pode ter apreciado os efeitos do óxido nitroso - também conhecido como gás hilariante - no consultório do dentista, e o metano é o principal ingrediente do gás natural usado em muitos fogões e caldeiras. Molécula por molécula, muitos desses gases

causam maior aquecimento do que o dióxido de carbono; no caso do metano, cento e vinte vezes maior quando é liberado. No entanto, o metano não permanece na atmosfera tanto quanto o dióxido de carbono.

Simplificando, a maioria das pessoas agrupa os vários gases de efeito estufa em uma única medida conhecida como

"Equivalentes de dióxido de carbono" (às vezes abreviado como CO<sub>2</sub>e). O

nós o usamos porque temos que levar em conta que, embora alguns gases retenham mais calor do que o dióxido de carbono, eles duram menos na atmosfera. Infelizmente, esta é uma medida imperfeita. No final das contas, o que importa não é a quantidade de emissões de gases do efeito estufa, mas o aquecimento e seu impacto sobre os humanos. E, nesse aspecto, um gás como o metano é muito pior do que o dióxido de carbono. Aumente a temperatura imediatamente e consideravelmente. Quando usamos equivalentes de dióxido de carbono, não consideramos esse efeito de curto prazo.

Ainda assim, eles são o melhor método disponível para nós para contar as emissões e são freqüentemente usados em discussões sobre mudança climática, então irei usá-los neste livro. Os 51 bilhões de toneladas que mencionei são as emissões globais anuais expressas em equivalentes de dióxido de carbono. Outras fontes falam de 37 bilhões - uma quantidade que inclui apenas o dióxido de carbono, não os outros gases de efeito estufa - ou 10 bilhões, o que representa apenas a quantidade de carbono em si. Por uma questão de variedade, e porque ler "gases de efeito estufa" cem vezes pode deixar os olhos de qualquer um vidrados, às vezes uso "carbono" como sinônimo de dióxido de carbono e todos os outros gases.

As emissões de gases de efeito estufa aumentaram dramaticamente desde a década de 1850 devido às atividades humanas, como a queima de combustíveis fósseis. Vamos dar uma olhada nos gráficos a seguir. O da esquerda mostra o quanto as emissões de dióxido de carbono aumentaram desde 1850, e o da direita mostra o quanto a temperatura média global aumentou.

Como os gases de efeito estufa causam aquecimento? A resposta curta é que eles absorvem o calor e o prendem na atmosfera. Eles agem como uma estufa; daí seu nome.

Todos nós vimos o efeito estufa em ação em uma escala muito diferente, cada vez que deixamos o carro estacionado em pleno sol: o pára-brisa permite que os raios do sol entrem e retém parte dessa energia. É por isso que o ar dentro do veículo fica muito mais quente do que no exterior.

Essa explicação, entretanto, apenas levanta outras questões. Como é possível que o calor do sol atravesse os gases de efeito estufa quando atinge a terra e fica preso no

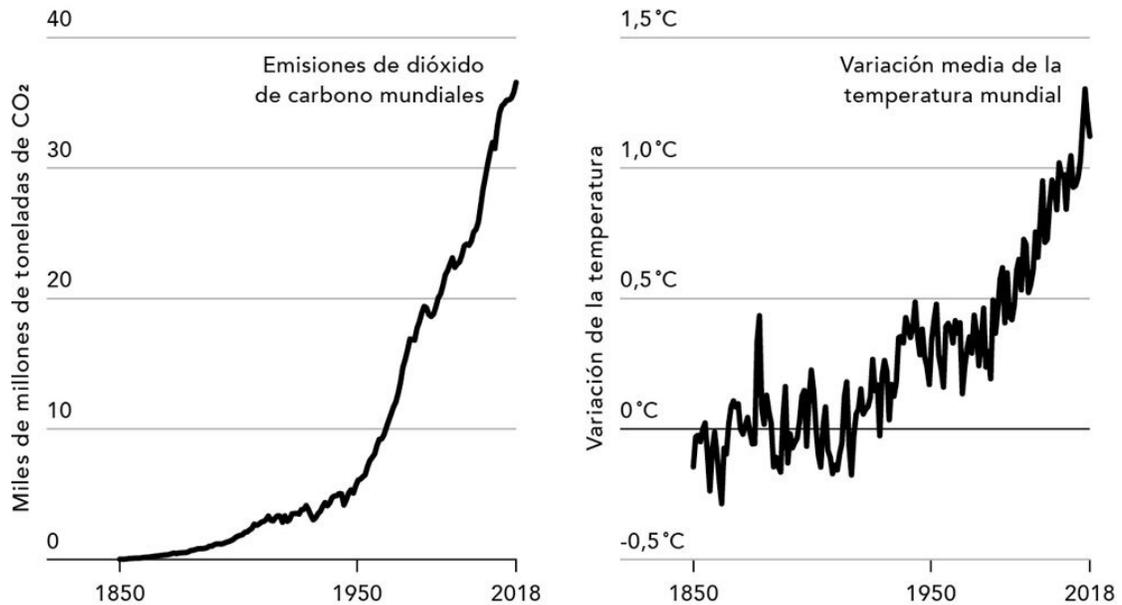
atmosfera devido a esses mesmos gases? O dióxido de carbono funciona como uma espécie de espelho gigante unilateral? Além do mais, se o dióxido de carbono e o metano prendem o calor, por que o oxigênio não pode? As respostas estão na química e na física. Como você sem dúvida se lembrará das aulas de física, todas as moléculas vibram; quanto mais rápida a vibração, mais quentes eles ficam. Quando a radiação de certos comprimentos de onda atinge certos tipos de moléculas, elas a bloqueiam, absorvem sua energia e vibram mais rápido.

No entanto, nem toda radiação tem os comprimentos de onda necessários para produzir esse efeito. A luz solar, por exemplo, passa por quase todos os gases de efeito estufa sem ser absorvida por eles. Quase tudo atinge a superfície da Terra e a aquece, como vem fazendo há milhões de anos.

Mas acontece o seguinte: a terra não conserva toda essa energia para sempre; caso contrário, tornaria o planeta inteiro insuportavelmente quente. Em vez disso, ele irradia parte da energia de volta ao espaço, uma fração da qual está no intervalo de comprimento de onda certo para os gases do efeito estufa absorverem. Em vez de continuar inofensivamente sua jornada para o vazio, ele atinge as moléculas desses gases e faz com que vibrem mais rápido, o que aquece a atmosfera. (A propósito, devemos ser gratos

pelo efeito estufa; sem ele, o planeta seria muito frio para ser habitável. O problema é que gases de efeito estufa adicionais estão potencializando cada vez mais esse efeito.)

Por que nem todos os gases se comportam dessa maneira? Porque moléculas com duas cópias do mesmo átomo - por exemplo, nitrogênio ou oxigênio - deixam a radiação passar. Apenas moléculas compostas de átomos diferentes, como dióxido de carbono e metano, têm a estrutura certa para absorver a radiação e começar a aquecer.



**As emissões de dióxido de carbono estão aumentando e a temperatura global também.** À esquerda, vemos como as emissões de dióxido de carbono derivadas de processos industriais e da queima de combustíveis fósseis cresceram desde 1850. À direita, podemos ver que a temperatura média global aumenta de acordo com as emissões.

(Global Carbon Budget 2019; Berkeley Earth.) [\[dois\]](#)

Portanto, esta é a primeira parte da resposta à pergunta “Por que temos que ir para emissões zero?”: Porque cada pedaço de carbono que adicionamos à atmosfera contribui para o efeito estufa. Você não pode enganar a física.

A segunda parte da resposta está relacionada ao impacto que todos esses gases de efeito estufa têm sobre o clima e sobre nós.

**O que sabemos e o que não sabemos**

Os cientistas ainda precisam aprender muito sobre como e por que o clima muda. Os relatórios do IPCC reconhecem abertamente que há

alguma incerteza sobre quanto e com que rapidez a temperatura aumentará, por exemplo, bem como sobre o efeito que essa elevação terá. Um problema é que os modelos de computador estão longe de ser perfeitos. O clima é um sistema de complexidade extraordinária e há muitas coisas que não entendemos, por exemplo, como as nuvens afetam o aquecimento ou que impacto todo o calor adicionado tem nos ecossistemas. Os pesquisadores estão identificando e tentando preencher essas lacunas.

Mesmo assim, há também muitas coisas que os cientistas sabem e podem dizer com certeza o que acontecerá se não chegarmos a zero emissões. Aqui estão alguns pontos-chave.

A terra está esquentando devido à atividade humana, que está tendo efeitos negativos que serão muito agravados. Temos todos os motivos para acreditar que em algum momento esses efeitos serão catastróficos. Chegaremos a esse ponto em trinta anos? Cinquenta? Não sabemos exatamente, mas considerando como será difícil resolver o problema, mesmo que o pior aconteça cinquenta anos, devemos agir o mais rápido possível.

Já aumentamos a temperatura em pelo menos um grau desde a era pré-industrial e, se as emissões não forem reduzidas,

provavelmente terá ocorrido um aquecimento entre um grau e meio e três graus para 2050, e entre quatro e oito graus até o final do século.

Todo esse calor extra causará várias mudanças no clima. Antes de explicar o que nos espera, tenho uma palavra de cautela: embora possamos prever aproximadamente a direção das tendências gerais, como 'haverá mais dias quentes' e 'aumento do nível do mar', não podemos com certeza culpar as mudanças climáticas de eventos específicos. Por exemplo, quando ocorre uma onda de calor, não sabemos se a única causa é a mudança climática. O que sabemos é até que ponto as mudanças climáticas aumentaram a probabilidade de ocorrência dessa onda de calor. Quanto aos furacões, não está claro se oceanos mais quentes estão causando um aumento no número de tempestades, mas há evidências crescentes de que devido às mudanças climáticas, essas tempestades estão se tornando mais

úmidas e as mais intensas cada vez  
mais frequentes.

O que mais sabemos?

Para começar, haverá dias mais tórridos. Eu poderia fornecer estatísticas para cidades nos Estados Unidos, mas só vou escolher Albuquerque, no Novo México, porque tenho um vínculo especial com o lugar. Foi lá que Paul Allen e eu fundamos a Microsoft em 1975 (Micro-Soft, para ser exato, tomamos a decisão certa de remover o hífen e diminuir o S alguns anos depois). Em meados da década de 1970, quando estávamos começando, a temperatura em Albuquerque estava acima de trinta e dois graus, uma média de trinta e seis vezes por ano. Em 2050, os termômetros excederão esse número pelo menos duas vezes mais. No final deste século, a cidade poderia ter até cento e quatorze dias tão quentes por ano. Ou seja, a soma total dos dias de calor intenso passará de um mês para três meses no ano.

Nem todo o mundo sofrerá a chegada de dias mais quentes e mais úmidos igualmente. Por exemplo, a área de Seattle, para onde Paul e eu mudamos a Microsoft em 1979, certamente se sairá relativamente bem. É possível que, à medida que este século avança, cheguemos a trinta e dois graus a quatorze dias, depois de ter feito a média de apenas um ou dois na década de 1970. Existem até

lugares que podem se beneficiar do aquecimento global. Em regiões frias, por exemplo, menos pessoas morrerão de hipotermia e gripe, e o aquecimento de casas e escritórios custará menos.

No entanto, a tendência global é que um clima mais quente traga problemas. Todo aquele calor adicionado irá desencadear reações em cadeia; as tempestades, por exemplo, estão piorando. Os cientistas continuam a debater se sua frequência aumentou ou não devido ao calor, mas no geral parece que eles estão se tornando mais violentos. Sabemos que quando a temperatura média aumenta, mais água da superfície evapora e sobe para a atmosfera. O vapor de água é um gás de efeito estufa, mas, ao contrário do dióxido de carbono ou do metano, não permanece no ar por muito tempo; acaba caindo de volta à superfície em forma de chuva ou neve. Quando o vapor d'água se condensa e chove, ele libera uma enorme quantidade de energia, como sabe qualquer pessoa que tenha testemunhado uma forte tempestade elétrica.

Mesmo a tempestade mais intensa dura alguns dias, no máximo, mas suas repercussões podem durar anos. Por um lado, há a perda de vidas, uma tragédia em si mesma que deixa os sobreviventes com o coração

partido e muitas vezes na miséria. Por outro lado, furacões e inundações destroem

edifícios, estradas e linhas de energia que levaram anos para serem construídas. No longo prazo, todas essas coisas podem ser reconstruídas, é claro, mas isso consome tempo e recursos que poderiam ser investidos no crescimento da economia. Ele força a sociedade a se esforçar para retornar à situação anterior em vez de progredir. De acordo com um estudo, em 2017, o furacão María reverteu a infraestrutura de Porto Rico ao estado em que se encontrava há mais de duas décadas. [3] Quanto tempo até outra tempestade te trazer de volta? Nós não sabemos.

Essas tempestades mais intensas estão causando uma situação estranha em que a superabundância e a escassez se misturam: enquanto em alguns lugares chove mais, outros sofrem secas cada vez mais frequentes e severas. O ar quente retém mais umidade e, à medida que sua temperatura sobe, ele fica com mais sede e suga mais água do solo. Quando o século chegar ao fim, os solos do sudoeste dos Estados Unidos conterão de 10% a 20% menos umidade e o risco de seca na área aumentará em pelo menos 20%. A ameaça de seca também paira sobre o rio Colorado, que

fornece água potável para quase 40 milhões de pessoas e água de irrigação para mais de um sétimo de todas as safras americanas.



De acordo com um estudo, o furacão María atrasou a rede elétrica e outras infraestruturas de Porto Rico duas décadas. [4]

O clima mais quente trará incêndios florestais mais frequentes e destrutivos. O ar quente retira a umidade das plantas e do solo, tornando-os mais propensos a queimar. Existem grandes variações no mundo, porque as condições mudam muito de um lugar para outro, mas a Califórnia é um exemplo dramático do que está acontecendo. Os incêndios florestais se tornaram cinco vezes mais frequentes do que na década de 1970, em grande parte porque a temporada de risco de incêndio está se alongando e nas florestas da Califórnia há muito mais lenha seca que se inflama facilmente. Segundo o governo dos Estados Unidos, metade desse aumento se deve às mudanças climáticas e, em meio século, a destruição por incêndios no país pode dobrar em relação à atual. [5] Isso deve ser motivo de preocupação para quem se lembra da devastadora temporada de incêndios de 2020 na América.

Outro efeito do calor adicionado é o aumento do nível do mar. É devido em

parte ao derretimento do gelo polar e em  
parte à água do

o mar se expande à medida que aquece. (O mesmo é verdadeiro para o metal, então podemos afrouxar um anel preso no dedo colocando-o sob um fluxo de água quente.) Embora o aumento previsto do nível médio do mar - provavelmente mais de um metro até o ano 2100 - possa não parecer grande coisa, a maré alta vai prejudicar alguns lugares muito mais do que outros. As zonas costeiras estão em situação delicada, como se pode imaginar, mas o mesmo se aplica às cidades construídas em terrenos particularmente porosos. Em Miami, a água do mar já sobe pelo bueiro, mesmo quando não está chovendo - o que se chama de "enchentes secas" - e a situação não vai melhorar. De acordo com a perspectiva moderada apresentada pelo IPCC, em 2100 o nível do mar em torno de Miami terá subido quase 60 centímetros. Por outro lado,

- o que pode adicionar mais 30 centímetros de água.

O aumento do nível do mar terá consequências ainda piores para as pessoas mais desfavorecidas do mundo. Bangladesh, um país em desenvolvimento que está fazendo avanços significativos para deixar para trás a pobreza, é um excelente exemplo. Sempre sofreu as devastações dos elementos; Com centenas de quilômetros de litoral banhados pela Baía de Bengala, grande parte do território nacional encontra-se em deltas de várzea de baixa altitude e registra chuvas torrenciais ao longo do ano. No entanto, a mudança do clima está dificultando ainda mais a vida de seus habitantes. Devido a ciclones, tempestades e enchentes de rios, agora é comum que 20 a 30% das terras de Bangladesh fiquem submersas, com enchentes varrendo plantações e casas e matando pessoas em todo o país.

Por último, o calor extra e o dióxido de carbono que o causa estão afetando plantas e animais. De acordo com pesquisas citadas pelo

IPCC, um aumento de dois graus Celsius reduziria a distribuição geográfica dos vertebrados em 8%, das plantas em 16% e dos insetos em 18%. [6]

Quanto à comida que comemos, as perspectivas são confusas, embora predominem as sombrias. Por um lado, o trigo e muitas outras plantas crescem mais rápido e requerem menos água quando há muito carbono no ar. Por outro lado, o milho é especialmente sensível ao calor e é a principal cultura dos Estados Unidos, com um valor de mais de 50 bilhões de dólares por ano. [7] Somente no estado de Iowa, os campos de milho ocupam mais de cinco milhões de hectares. [8]

Em uma escala global, há uma grande variedade de maneiras pelas quais as mudanças climáticas podem afetar a quantidade de alimentos obtidos em cada hectare cultivado. Em algumas regiões do norte, a produção pode aumentar, mas na maioria dos lugares cairá de alguns pontos percentuais para cerca de 50%. A

mudança climática pode reduzir a produção de trigo e milho no sul da Europa pela metade. Na África Subsaariana, a estação de cultivo pode ser reduzida em 20 por cento e milhões de hectares de terra podem se tornar consideravelmente mais áridos. Em comunidades pobres, onde muitas pessoas já gastam mais da metade de sua renda em alimentos, os preços dos alimentos podem subir 20% ou mais. Secas extremas na China - cujo setor agrícola fornece trigo,

O calor adicionado não beneficiará os animais que comemos e dos quais obtemos leite; Isso os tornará menos produtivos e mais propensos a morrer jovens, o que, por sua vez, tornará a carne, os ovos e os laticínios mais caros. Comunidades que vivem da pesca também terão problemas, porque os mares não estão apenas esquentando, mas também se bifurcando, ou seja, estão se dividindo em áreas onde a água contém mais oxigênio e áreas onde ela contém menos. Como resultado, peixes e outras criaturas marinhas saem da água ou simplesmente morrem. Se a temperatura subir dois graus, os recifes de coral podem desaparecer completamente, implicando na destruição de uma fonte vital de

frutos do mar para mais de um bilhão de pessoas.

### **Chove chove**

Pode parecer que uma diferença entre um grau e meio e dois graus não é tão importante, mas os climatologistas fizeram simulações

baseado em ambos os cenários, e o resultado não é encorajador. De muitas maneiras, não apenas um aumento de dois graus seria 33% pior do que um grau e meio, como também poderia ser até cem por cento pior. O dobro de pessoas teria dificuldade em obter água limpa. A produção de milho nos trópicos diminuiria duas vezes.

Qualquer um desses efeitos da mudança climática seria terrível por si só. Mas não haverá ninguém que sofra apenas com dias quentes ou inundações. O tempo não funciona assim. Os efeitos das mudanças climáticas são cumulativos.

À medida que as temperaturas sobem, por exemplo, os mosquitos vão se instalar em outros lugares (gostam de umidade, então vão sair de áreas mais secas em busca de outras mais úmidas), por isso casos de malária e outras doenças transmitidas por insetos em locais onde nunca haviam ocorrido.

A insolação também se tornará um problema sério, por nada menos do que a umidade. O ar só pode armazenar uma quantidade limitada de vapor de água antes de ficar saturado a ponto de não conseguir mais absorver a umidade. Quão importante é isso? A capacidade do corpo humano de se resfriar depende, por sua vez, da capacidade do ar de absorver o suor que evapora. Se o ar não consegue absorver seu suor, não importa o quanto você transpire, você não vai esfriar. A transpiração

simplesmente não tem para onde ir. A temperatura do corpo permanece muito alta e, se a situação não mudar, você pode morrer de insolação em poucas horas.

A insolação, é claro, não é um fenômeno novo. No entanto, à medida que a atmosfera aquece e fica carregada de umidade, o problema só vai piorar. Nas regiões mais expostas a esse perigo - Golfo Pérsico, Sul da Ásia e partes da China - haverá épocas do ano em que centenas de milhões de pessoas correm o risco de morrer.

Como uma amostra do que acontece quando esses efeitos começam a se acumular, vejamos o impacto que eles terão sobre os indivíduos. Imagine que você seja um jovem rancheiro e agricultor próspero cultivando milho e soja em Nebraska em 2050. Como a mudança climática afetaria você e sua família?

Você está no meio dos Estados Unidos, longe da costa, a elevação do nível do mar não o prejudicará diretamente. O calor, sim. Na década

Desde 2010, quando você era criança, a temperatura ultrapassava 32 graus cerca de trinta e três dias por ano; hoje isso acontece entre sessenta e cinco e setenta vezes por ano. A chuva também é muito menos confiável. Durante sua infância você podia contar com cerca de 630 milímetros por ano; agora há anos em que é reduzido para 550 milímetros e outros em que aumenta para 740 milímetros.

Talvez você tenha condicionado sua fazenda tanto para os dias mais quentes quanto para a imprevisibilidade da chuva. Anos atrás, você investiu em novas variedades de plantas que toleram o calor extra e encontrou soluções alternativas que permitem que você fique em casa durante as horas mais quentes do dia. Você não adorava gastar dinheiro com essas plantas e arranjos, mas prefere isso à alternativa.

Um dia, uma tempestade repentina irrompe. Os rios transbordam dos diques que sustentam as águas há séculos, e sua fazenda fica inundada. Esta é uma daquelas inundações que seus pais teriam chamado de "inundação de 100 anos", mas de agora em diante você se sentirá com sorte se houver apenas uma inundação a cada década. A água carrega uma parte significativa das safras de milho e soja, e os grãos armazenados ficam tão encharcados que apodrecem e você não tem escolha a não ser descartá-los. Em teoria, você poderia vender o gado para compensar as perdas, mas toda a ração foi levada pela enchente, então você não conseguirá manter os animais vivos por muito tempo.

Eventualmente, as águas voltam ao seu curso e você descobre que as estradas, pontes e ferrovias próximas se tornaram inúteis. Isso não apenas o impede de enviar os grãos que você conseguiu economizar; também torna difícil para os caminhões entregar as sementes de que você precisa para a próxima estação de plantio, supondo que os campos ainda estejam em boas condições. Um verdadeiro desastre que pode acabar com sua carreira de fazendeiro e forçá-lo a vender terras que pertencem à sua família há gerações.

Pode parecer que escolhi com interesse o exemplo mais extremo, mas a verdade é que coisas como essa já estão acontecendo, principalmente para os agricultores pobres, e em algumas décadas acontecerão com muito mais pessoas. E, embora eu tenha pintado um quadro bastante sombrio, se tivermos uma perspectiva global, veremos que as coisas serão muito mais difíceis para o bilhão de pessoas mais desfavorecidas do mundo, pessoas que já estão lutando para progredir e que ainda vão têm mais dificuldade à medida que o tempo piora.

Agora imagine que você é uma mulher rural da Índia e que tanto você quanto seu marido vivem da agricultura de subsistência, o que significa que entre você e seus filhos você consome quase todos os alimentos que produz. Às vezes, especialmente em épocas boas, sobra o suficiente para vender e comprar remédios para as crianças ou mandá-las para a escola. Infelizmente, as ondas de calor se tornaram tão comuns que a vida na aldeia está se tornando insustentável - não é mais incomum que o termômetro ultrapasse 48 graus por vários dias consecutivos - e entre altas temperaturas e pragas que infestam campos pela primeira vez, é quase impossível manter as colheitas vivas. Embora as monções tenham inundado outras regiões do país, sua comunidade recebeu menos chuvas do que o normal, portanto, encontrar água é tão difícil que você sobrevive com o filete que sai de um cano no qual o suprimento é restaurado algumas vezes por semana. Cada dia fica mais difícil alimentar a família.

Você já enviou seu filho mais velho para trabalhar em uma cidade grande a centenas de quilômetros de distância, porque não tinha condições de pagar suas necessidades básicas. Um de seus vizinhos cometeu suicídio por não conseguir continuar sustentando sua família. Você e seu marido deveriam ficar na aldeia e tentar viver das terras que conhecem

ou abandoná-las e se mudar para uma área mais urbana para tentar ganhar a vida lá?

É um dilema de partir o coração, mas muitas pessoas ao redor do mundo já estão sendo forçadas a tomar decisões semelhantes, com resultados desanimadores.

Devido à pior seca de sempre na Síria - que durou de 2007 a 2010 - cerca de 1,5 milhão de pessoas migraram das áreas agrícolas para as cidades, ajudando a pavimentar o caminho para o conflito armado que eclodiu em 2011. As mudanças climáticas triplicaram as chances de tal. seca ocorrendo. [9]

Em 2018, já havia cerca de 13 milhões de sírios deslocados.

Este problema só vai piorar. Um estudo sobre a relação entre choques climáticos e pedidos de asilo para a União Europeia revelou que, mesmo com o aquecimento moderado, esses pedidos poderiam aumentar em 28%, para 450 mil ao ano, antes do final do século. [10] O mesmo estudo estimou que em 2080 rendimentos mais baixos das safras

farão com que 2 a 10 por cento dos adultos mexicanos tentem cruzar a fronteira com os Estados Unidos.

Vamos enquadrar a questão em termos com os quais todas as pessoas que vivem durante a pandemia de COVID-19 possam se identificar. Se quisermos entender a magnitude dos danos que a mudança climática trará, imagine que o sofrimento causado pelo coronavírus durou muito mais tempo. A perda de vidas e a dor causadas pela pandemia são equivalentes às que ocorrerão regularmente se não eliminarmos as emissões de carbono em todo o mundo. Vamos começar com a perda de vidas. Quantas pessoas morrerão de COVID-19 em comparação com as mudanças climáticas? Como queremos comparar eventos que ocorrem em épocas diferentes - a pandemia em 2020 e as mudanças climáticas por volta de 2030 - e a população mundial mudará durante esse período, não podemos comparar os números absolutos de mortes.

Calculando a média dos dados das pandemias de gripe de 1918 e

COVID-19 ao longo de um século, podemos estimar o aumento na taxa de mortalidade global causada por uma pandemia global: cerca de 14 mortes por 100 mil pessoas por ano.

Como isso se compara às mudanças climáticas? Em meados deste século, o aumento das temperaturas deve causar um aumento igual nas taxas de mortalidade global: 14 mortes por 100.000 habitantes. No final do século, se o crescimento das emissões continuar a ser alto, as mudanças climáticas podem ser responsáveis por mais 75 mortes por 100.000 pessoas.

Em outras palavras, em 2050, a mudança climática pode ser tão mortal quanto o novo coronavírus, e em 2100, cinco vezes mais mortal.

As perspectivas econômicas também são sombrias. As prováveis consequências das mudanças climáticas e da COVID-19 variam consideravelmente dependendo do modelo econômico com o qual se trabalha. A conclusão, entretanto, é inequívoca: na próxima década ou nas próximas duas décadas, a mudança climática certamente causará danos tão sérios como uma pandemia de magnitude semelhante à da COVID-19 a cada dez anos. E

no final do século XXI será ainda pior se o mundo não  
ele define o curso em termos de emissões. (3)

Muitas das previsões neste capítulo podem ser familiares para você, se você acompanhou as notícias sobre as mudanças climáticas. Sem

No entanto, com o aumento da temperatura, esses problemas se tornarão mais frequentes, mais graves e afetarão mais pessoas. Por outro lado, existe a possibilidade de uma alteração climática relativamente súbita e catastrófica se, por exemplo, grandes áreas do solo permanentemente congelado (também chamado de 'permafrost') forem aquecidas o suficiente para derreter e liberar grandes quantidades de gases, especialmente metano, que permanecem presos dentro.

Embora ainda haja incertezas sobre algumas questões científicas, temos conhecimento suficiente para saber que o que está por vir não é bom. Existem duas coisas a fazer sobre isso:

**Adaptação.** Podemos tentar minimizar o impacto das mudanças que já ocorreram e daquelas que sabemos que virão. Como os mais afetados pelas mudanças climáticas serão os mais desfavorecidos do mundo, principalmente os

agricultores, a adaptação é um dos principais focos de interesse da equipe agrícola da Fundação Gates. Por exemplo, estamos financiando pesquisas extensas sobre novas variedades de culturas resistentes a secas e inundações, que se tornarão mais comuns e extremas nas próximas décadas. No Capítulo 9, vamos nos aprofundar no assunto da adaptação e delinear alguns dos passos que precisam ser dados.

**Atenuação.** A maior parte deste livro não é sobre adaptação. É sobre a outra medida que devemos tomar: parar de contribuir com gases de efeito estufa para a atmosfera. Se quisermos ter alguma chance de evitar um desastre, os maiores emissores do mundo - os países mais ricos - terão que atingir zero emissões líquidas até 2050. Os países de renda média terão que cumprir a mesma meta logo depois, e eventualmente o resto do mundo. O mundo seguirá o exemplo.

Algumas pessoas se opõem à ideia de que os países ricos deveriam estar em primeiro lugar. "Por que devemos pagar o pato?" Não é apenas porque causamos grande parte do problema (embora seja verdade), mas também porque representa uma oportunidade econômica magnífica: os países que encontraram empresas e indústrias neutras em

carbono serão os que liderarão a economia global por décadas vir. Os países ricos estão mais bem posicionados para desenvolver soluções climáticas inovadoras; são aqueles que têm financiamento do governo, universidades voltadas para a pesquisa, laboratórios nacionais e

Startups que atraem talentos de todo o mundo, portanto, eles terão que liderar o caminho. Qualquer pessoa que faça descobertas no setor de energia e mostre que pode trabalhar globalmente e com baixo custo encontrará uma infinidade de clientes entusiasmados nas economias em desenvolvimento.

Na minha opinião, existem muitas maneiras de chegar a zero emissões. Antes de explorá-los em detalhes, devemos avaliar o quão difícil será a jornada.

## NÃO VAI SER FÁCIL

**P**or favor, não desanime com o título do capítulo. Espero que agora tenha ficado claro que acredito que podemos atingir a meta de zero e, nos capítulos seguintes, tentarei

explicar em linhas gerais por que penso assim e o que será necessário para alcançá-la. Mas não podemos resolver um problema como a mudança climática sem analisar honestamente o que temos que fazer e os obstáculos que temos que superar. Portanto, confiantes de que encontraremos as soluções - incluindo como fazer uma rápida transição para longe dos combustíveis fósseis

- Vamos dar uma olhada nos principais obstáculos que enfrentamos.

### **Os combustíveis fósseis são como a água.**

Eu sou um grande fã do falecido escritor David Foster Wallace. (Estou lendo aos poucos todas as suas obras em preparação para empreender seu romance gigantesco *A piada infinita*.) Quando, em 2005, Wallace fez o agora famoso discurso de abertura na cerimônia de formatura do Kenyon College, ele começou com esta história:

Dois peixes estão nadando quando de repente se deparam com um peixe mais velho que acena para eles e diz: “Oi, pessoal. Como está a água Os dois peixes

mais novos continuam nadando por um tempo, até que um se vira para o outro e pergunta: "Que diabos é água?" (4).[1]



"A moral mais imediata da piada do peixe", explicou Wallace

- é que as realidades mais óbvias, onipresentes e importantes são geralmente as mais difíceis de ver e as mais difíceis de falar. "

O mesmo vale para os combustíveis fósseis. Sua presença é tão difundida que é difícil perceber todas as maneiras como afetam nossas vidas, junto com outras fontes de gases de efeito estufa. Acho que pode ser útil começar com objetos do cotidiano e continuar a partir daí.

Você escovou os dentes esta manhã? A escova provavelmente contém plástico, um derivado do petróleo, que é um combustível fóssil.

Se você tomou o café da manhã, a grama de onde vêm suas torradas e cereais foi cultivada com um fertilizante cuja fabricação emite gases de efeito estufa. Eles foram colhidos por um trator feito de aço - que é feito a partir de

combustíveis fósseis por meio de um processo que libera carbono - e funciona a gasolina. Se você comeu um hambúrguer no almoço, como eu faço de vez em quando, a criação de carne contribui para as emissões de gases do efeito estufa - as vacas arrotam e peidam por causa do metano - assim como a agricultura e a agricultura. Colheita do trigo do qual o pão é composto.

Se você já se vestiu, suas roupas podem conter algodão, que também é fertilizado e colhido, ou poliéster, produzido a partir do etileno, outro derivado do petróleo. Se você usou papel higiênico, isso significa mais árvores cortadas e mais emissões de carbono.

Se o veículo em que você foi para o trabalho ou escola era elétrico, ótimo (embora algum combustível fóssil provavelmente tenha sido usado para gerar essa eletricidade). Se você viajou de trem, ele circulou por trilhos de aço e por túneis de cimento, um material que é fabricado com combustíveis fósseis por um processo que libera carbono como subproduto. O carro ou ônibus em que você viajou é feito de aço e plástico. O mesmo vale para a bicicleta que você andou no fim de semana. As estradas pelas quais você dirigiu contêm cimento e asfalto, outro subproduto do petróleo.

Se você mora em um prédio de apartamentos, provavelmente ele é cercado de concreto. Se você mora em uma casa de madeira, ela foi cortada e trabalhada com máquinas movidas a gasolina, feitas de aço e plástico. Se sua casa ou escritório tem aquecimento ou ar-condicionado, não só está desperdiçando uma quantidade considerável de energia, mas o refrigerante no ar condicionado pode ser um poderoso gás de efeito estufa. Se você se encontra sentado em uma cadeira de metal ou plástico, isso representa mais emissões.

Além disso, praticamente todos esses objetos, de escovas de dente a materiais de construção, foram transportados de algum lugar em caminhões, aviões, trens e navios,

todos construídos e movidos a combustíveis fósseis.

Em outras palavras, os combustíveis fósseis estão por toda parte. Veja o petróleo, por exemplo: o mundo consome mais de 15 bilhões de litros por dia. Quando qualquer produto é usado em tais quantidades, não pode ser dispensado durante a noite.

E mais, há um bom motivo para a onipresença de combustíveis fósseis: são muito baratos. “O petróleo é mais barato do que um refrigerante”, dizem eles. A primeira vez que ouvi, não acreditei, mas é verdade. Vamos fazer os números: um barril de óleo contém quase 159 litros; A um preço médio de \$ 42 por barril em 2020, sai em \$ 0,27 por litro. [dois] Por outro lado, na Costco você pode comprar oito litros de refrigerante por seis dólares, o que equivale a 0,75 dólares o litro.

Mesmo levando em conta as oscilações do preço do petróleo, a conclusão continua a mesma: todos os dias, as pessoas no mundo dependem de mais de 15 bilhões de litros de um produto que custa menos do que a Diet Coke.

Não é por acaso que os combustíveis fósseis têm preços tão baixos. São abundantes e fáceis de transportar. Nós criamos ótimos

empresas multinacionais que se dedicam a perfurar, processar e transportar, além de desenvolver inovações que mantêm os preços baixos. Esses preços não refletem os danos que causam, as formas como sua extração e queima contribuem para as mudanças climáticas, a poluição e a degradação ambiental. Exploraremos essa questão com mais detalhes no Capítulo 10.

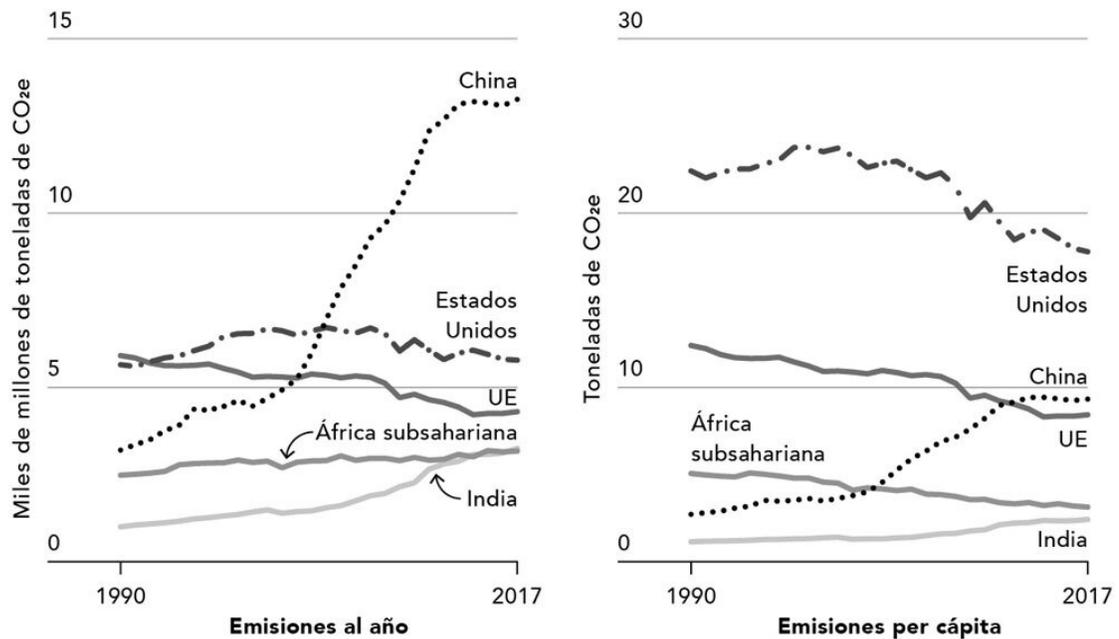
Só de pensar nesse problema pode causar vertigem, mas não precisa nos paralisar.

Aproveitando as fontes limpas e renováveis que já temos e, ao mesmo tempo, progredindo em energia neutra em carbono, descobriremos uma maneira de reduzir as emissões líquidas a zero. O segredo é tornar as soluções limpas tão baratas - ou quase tão baratas - quanto a tecnologia atual.

No entanto, devemos nos apressar, porque ...

**Não se trata apenas de países ricos.** Na maior parte do mundo, as pessoas estão vivendo mais e com mais saúde. A qualidade de vida está melhorando. Há uma demanda crescente por carros, estradas, edifícios, geladeiras, computadores, condicionadores de ar e a energia necessária para fazer tudo funcionar. Como consequência, a quantidade de energia consumida por pessoa aumentará, e o mesmo acontecerá com a quantidade de gases de efeito estufa emitidos por pessoa. Até mesmo construir a infraestrutura necessária

para gerar toda essa energia - turbinas eólicas, painéis solares, reatores nucleares e instalações de armazenamento de eletricidade, entre outras coisas - resultará na emissão de mais gases de efeito estufa.



**De onde vêm as emissões.** As emissões de economias avançadas como os Estados Unidos e a Europa permaneceram mais ou menos constantes ou até diminuíram, enquanto as de muitos países em desenvolvimento estão aumentando rapidamente. Isso ocorre em parte porque os países mais ricos terceirizaram a produção industrial com alto volume de emissões para os países mais pobres. [3] (Divisão de População da ONU; Grupo de Ródio.)

Porém, não é só que cada pessoa vai consumir mais energia; a população mundial também aumentará. Estima-se que chegará a 10 bilhões até o final do século. Além disso, grande parte desse aumento está ocorrendo em cidades com maior intensidade de emissões. A velocidade do processo de urbanização é impressionante: o estoque construído do mundo - uma medida baseada no número de edifícios e em seu tamanho - dobrará até 2060. Isso é o equivalente a construir uma cidade como Nova York todos os meses durante quarenta anos. E isso se deve principalmente ao crescimento de países em desenvolvimento como China, Índia e Nigéria.



O mundo construirá o equivalente a uma cidade como Nova York todos os meses durante os próximos quarenta anos. [4]

É uma boa notícia para todos aqueles cuja qualidade de vida melhora, mas uma má notícia para o clima em que vivemos. Lembremos que quase 40% das emissões mundiais são produzidas pelos 16% mais ricos da população (e isso sem contar as derivadas da produção de produtos manufaturados em outros lugares, mas consumidos em países desenvolvidos). O que acontecerá à medida que mais pessoas acessarem o estilo de vida dos 16% mais ricos? A demanda global de energia aumentará 50% até 2050 e, se a tendência não mudar, as emissões de carbono aumentarão na mesma proporção. Mesmo que os países desenvolvidos alcançassem magicamente a meta zero hoje, o resto do mundo continuaria a emitir mais e mais.

Seria imoral e impraticável tentar evitar que aqueles que estão na base da escada econômica tentem subir. Não podemos esperar que os pobres continuem pobres só porque os países ricos despejaram muitos gases do efeito estufa na atmosfera e, mesmo se quiséssemos, não haveria como forçá-los. Em vez disso, devemos fazer as pessoas de baixa renda subirem na hierarquia, sem piorar a mudança climática. Precisamos chegar a zero - gerando mais energia do que hoje, mas sem

adicionar carbono à atmosfera - o mais rápido possível.

Por desgraça...

**A história não está do nosso lado.** A julgar pelo tempo que as transições anteriores levaram para se consolidar, "o mais rápido possível" parece muito distante. Já fizemos coisas semelhantes - passamos a depender de uma fonte de energia diferente - e isso sempre nos levou décadas e décadas. (Os melhores livros que li sobre o assunto são *Transições de energia* Y

*Mitos e realidades da energia*, de Vaclav Smil, de onde peguei ideias e dados emprestados.)



Muitos agricultores ainda são obrigados a usar técnicas antigas, um dos fatores que os impedem de superar a pobreza. Eles merecem ter máquinas e soluções modernas, mas hoje isso significa emitir mais gases de efeito estufa. [5]

Durante grande parte da história humana, nossas principais fontes de energia foram nossos próprios músculos, os animais que realizavam tarefas como puxar o arado e as plantas que queimamos. Os combustíveis fósseis não representavam nem a metade do consumo mundial de energia até o final da década de 1890. Na China, seu uso não se espalhou até a década de 1960. Existem partes da Ásia e da África Subsaariana onde essa transição ainda não ocorreu. [6]

Agora vamos pensar em quanto tempo levou para o petróleo se tornar crítico para a produção de energia. [7] Começou a ser explorado comercialmente na década de 1860. Meio século depois, era responsável por apenas 10% da produção de energia. Demorou mais trinta anos para chegar a 25%.

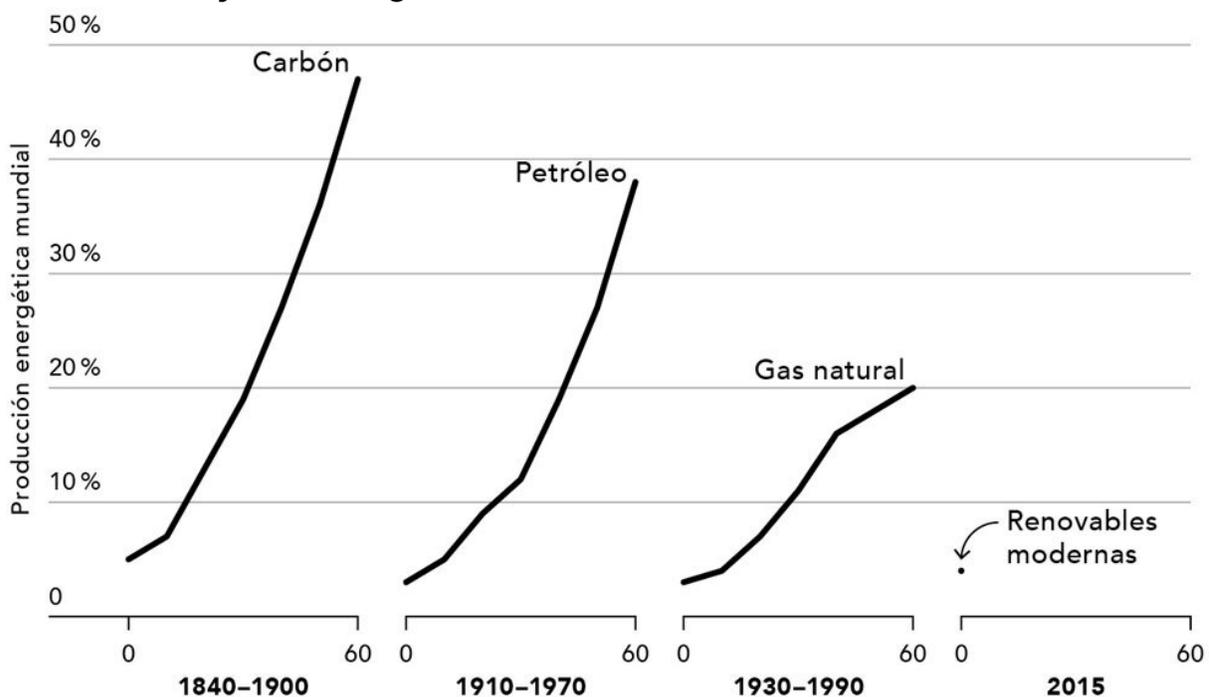
O gás natural seguiu uma trajetória semelhante. [8] Em 1900, representava 1% da energia mundial.

Demorou setenta anos para chegar a 20

por cento. A fissão nuclear mais rápida foi de 0 a 10 por cento em 27 anos.

Este gráfico mostra como várias fontes de energia cresceram ao longo de sessenta anos.

Entre 1840 e 1900, o carvão passou de 5% da produção mundial de energia para quase 50%. Em contraste, nos 60 anos entre 1930 e 1990, o gás natural atingiu apenas 20%. Em suma, as transições energéticas demoram muito.



**Demora muito para adotar novas fontes de energia.** Observe que em sessenta

Anos atrás, o carvão representava 5% da produção mundial de energia para quase 50%. Em contraste, o gás natural atingiu apenas 20% no mesmo período.

(Vaclav Smil, Transições de energia.) [9]

O problema não está apenas na origem dos combustíveis. Também leva muito tempo para adotar novos tipos de veículos. O motor de combustão interna foi introduzido na década de 1880. Quanto tempo demorava para que

metade das famílias urbanas tivessem um carro? Entre trinta e quarenta anos nos Estados Unidos e entre setenta e oitenta anos na Europa.

Além disso, a necessidade atual de realizar uma transição energética se deve a um fator que até agora nunca nos importou. No passado,

mudamos de uma fonte para outra porque a nova era mais barata e mais poderosa. Quando paramos de queimar tanta lenha e passamos a usar mais carvão, por exemplo, foi porque um quilo de carvão nos deu mais luz e calor do que um quilo de lenha.

Ou vejamos um exemplo mais recente da história americana. Usamos mais gás natural e menos carvão para gerar eletricidade. Porque? Porque as novas técnicas de perfuração o tornaram muito barato. Era uma questão econômica, não ambiental. Na verdade, se o gás natural é melhor ou pior que o carvão depende de como os equivalentes de dióxido de carbono são calculados. Alguns cientistas argumentam que o gás pode impulsionar as mudanças climáticas ainda mais do que o carvão, dependendo de quanto é vazado durante o processamento. [10]

No longo prazo, usaríamos as energias renováveis cada vez mais espontaneamente, mas esse crescimento por si só ocorrerá muito lentamente e, como veremos no Capítulo 4, se não for acompanhado pela inovação, não será o suficiente para nos levar à realização meta de zero. Temos que forçar a marcha para fazer uma transição anormalmente rápida. Isso introduz um grau de complexidade - tanto nas políticas públicas quanto na tecnologia - que nunca tivemos que enfrentar.

E, para tudo isso, quão lentas são as transições energéticas? Porque...

**As usinas de carvão não são como chips de computador.** Você sem dúvida já ouviu falar da Lei de Moore, a previsão feita por Gordon Moore em 1965 de que a potência dos microprocessadores dobra a cada dois anos. Descobriu-se que Gordon estava certo, é claro, e a Lei de Moore é uma das razões pelas quais as indústrias de computador e software decolaram com tanta força. O poder crescente dos processadores permitiu escrever programas melhores, o que desencadeou a demanda por computadores, o que por sua vez encorajou as empresas de hardware a continuarem melhorando suas máquinas, graças ao qual o software está melhorando, e assim por diante., Em um feedback positivo. ciclo.

A Lei de Moore se mantém porque as empresas continuam descobrindo novas maneiras de fazer transistores - as minúsculas chaves que fazem os computadores funcionarem - cada vez menores. Um chip fabricado hoje tem cerca de um milhão de vezes mais transistores do que os fabricados em 1970, o que o torna um milhão de vezes mais poderoso.

Alguns acreditam que a Lei de Moore indica que podemos fazer o mesmo progresso exponencial quando se trata de energia. Se os chips de computador ficam muito melhores e tão rápido, certamente o mesmo pode acontecer com carros e painéis solares, certo?

Infelizmente não. Os chips são a exceção. Eles melhoram porque encontramos uma maneira de abarrotá-los com mais e mais transistores, mas não há avanço equivalente para fazer os carros consumirem um milionésimo de gasolina. Lembre-se de que o primeiro Modelo T a sair da linha de montagem de Henry Ford em 1908 rendeu até nove quilômetros por litro. Enquanto escrevo isto, o híbrido mais avançado do mercado chega a 15 milhas por litro. Em mais de um século, a eficiência energética dos carros nem mesmo triplicou.

Os painéis solares também não ficaram um milhão de vezes melhores. Quando as células fotovoltaicas de silício cristalino foram introduzidas na década de 1970, elas transformaram cerca de 15% da luz solar que as atingia em eletricidade. Hoje eles transformam cerca de 25 por cento. Esta é uma melhoria considerável, mas muito longe da Lei de Moore.

A tecnologia é apenas uma das razões pelas quais o setor de energia não pode mudar tão rápido quanto a computação. Existe também a

questão do tamanho. A indústria de energia é simplesmente gigantesca; fatura cerca de cinco bilhões de dólares por ano, o que o torna um dos setores mais importantes do planeta. Todas essas estruturas grandes e complexas relutam em mudar. Além disso, conscientemente ou não, fomentamos muito a inércia no setor de energia.

Para nos colocar em contexto, vamos dar uma olhada em como funciona o negócio de software. O que vai à venda não precisa ser aprovado por nenhuma agência reguladora. Mesmo que alguém leve um produto de software imperfeito ao mercado, os clientes ainda podem ficar entusiasmados e fazer sugestões sobre como melhorá-lo, desde que fiquem satisfeitos com os benefícios que recebem. Além disso, quase todos os custos são pagos antecipadamente. Uma vez que o produto é desenvolvido, o custo marginal de fabricar mais é próximo de zero.

Compare isso com a indústria farmacêutica e de vacinas. Trazer um novo medicamento para o mercado é muito mais difícil do que lançar um novo produto de software. E é normal, basta lembrar que um medicamento que deixa as pessoas doentes é muito pior do que uma aplicação com alguns bichinhos.

Entre a pesquisa pré-clínica, o desenvolvimento de medicamentos, a aprovação regulatória de testes clínicos e todas as outras etapas necessárias, leva anos para um medicamento chegar aos pacientes. No entanto, uma vez que você consiga uma pílula que funcione, é muito barato fazer mais.

Agora vamos comparar os dois exemplos com a indústria de energia. Para começar, existem custos operacionais que estão sempre lá. Se um bilhão de dólares for gasto na construção de uma usina a carvão, a próxima construída não será mais barata. Além disso, os investidores que contribuem com esse dinheiro esperam que a fábrica opere por pelo menos trinta anos. Se uma tecnologia superior surgir depois de dez anos, o responsável pela antiga fábrica não vai fechá-la para construir outra, a menos que tenha um bom motivo, como uma grande compensação financeira ou regulamentações governamentais que o obriguem.

Por outro lado, a sociedade apresenta baixa tolerância a riscos no setor de energia, o que é compreensível. Exigimos um fornecimento confiável de eletricidade; Cada vez que o cliente pressiona o botão, é melhor que a luz acenda. Além disso, estamos preocupados com os desastres. Na verdade, as preocupações com a segurança acabaram com a construção de usinas nucleares nos Estados Unidos.

Desde os acidentes em Three Mile Island e Chernobyl, os Estados Unidos apenas começaram a construção de duas usinas nucleares, apesar do fato de que mais pessoas morrem a cada ano devido à poluição do carvão do que em todas as catástrofes nucleares combinadas.

Temos uma motivação forte e compreensível para manter o que sabemos, mesmo que o que sabemos esteja nos matando. O que devemos fazer é mudar as motivações para podermos construir um sistema energético com todas as características desejáveis (confiabilidade, segurança) e nenhuma das indesejáveis (dependência de combustíveis fósseis). Mas não vai ser fácil, porque ...

**Nossas leis e regulamentos estão desatualizados.** A expressão "política governamental" não suscita propriamente entusiasmo. Mas as políticas - de regras fiscais a ambientais - têm um enorme impacto no comportamento das pessoas e das empresas. Não alcançaremos a meta de zero a menos que implementemos as políticas certas, e ainda estamos muito longe disso. (Refiro-me aos Estados Unidos, embora seja aplicável a muitos outros países.)

O problema é que muitas leis e regulamentos ambientais não foram elaborados para combater as mudanças climáticas. Eles foram adotados com o intuito de solucionar outros problemas e agora estamos tentando utilizá-los para reduzir as emissões. É como tentar dar inteligência artificial a um computador central dos anos sessenta.

Por exemplo, a lei de qualidade do ar mais conhecida da América, a Lei do Ar Limpo, quase não menciona os gases de efeito estufa. Não é surpreendente, visto que foi aprovado em 1970 para reduzir os riscos à saúde decorrentes da poluição do ar local, e não para conter o aumento das temperaturas.

Ou considere os padrões médios de economia de energia para empresas (Corporate Average Fuel Economy ou CAFE). Eles foram introduzidos na década de 1970 porque os preços do petróleo dispararam e os americanos queriam carros que consumissem menos. A eficiência energética é muito boa, mas agora precisamos colocar mais veículos elétricos na estrada, e os padrões CAFE não têm sido muito úteis para avançar nessa direção, pois não foram projetados para esse fim.

Políticas desatualizadas não são o único problema. Nossa abordagem da questão climática e energética muda a cada ciclo eleitoral. A cada quatro a oito anos, um novo governo é instalado em Washington com suas

próprias prioridades energéticas. Não há nada de errado em mudar as prioridades em si - isso ocorre em todos os ramos do governo cada vez que um novo governo assume - mas cobra seu tributo aos pesquisadores que dependem da ajuda governamental e aos empresários que dela dependem. É difícil fazer um progresso real quando, a cada poucos anos, muitas pessoas precisam parar de trabalhar em um projeto e embarcar em outro do zero.

O ciclo eleitoral também gera incertezas no mercado privado. O governo oferece vários incentivos fiscais para que as empresas aproveitem os avanços em energia limpa. No entanto, sua utilidade é limitada, porque a inovação energética é complexa e pode levar anos para dar frutos. Você pode passar anos trabalhando em uma ideia e de repente descobrir que um novo governo chega e remove o incentivo que você tinha.

Em suma, as políticas energéticas atuais terão um impacto mínimo nas emissões futuras. Podemos medir seu efeito calculando o grau em que as emissões terão sido reduzidas em 2030 como

resultado de todas as medidas federais e estaduais já em vigor. No total, as reduções somariam cerca de 300 milhões de toneladas, ou seja, 5% das emissões previstas para o ano de 2030. [onze] Embora não seja desprezível, também não nos levará perto o suficiente da meta de zero.

O que não significa que não possamos definir políticas que façam uma grande diferença.

Os padrões CAFE e a Lei do Ar Limpo serviram ao seu propósito: os carros se tornaram mais eficientes e o ar mais limpo. Por outro lado, medidas eficazes relacionadas com as emissões já foram tomadas, embora não sejam coordenadas entre si, nem contribuam em conjunto para diminuir significativamente o problema climático.

Acho que podemos fazer isso, mas não será fácil. Para começar, é muito mais fácil fazer ajustes em uma lei existente do que formular uma nova legislação importante. Demora muito tempo para desenvolver uma nova política, avaliar a reação pública, navegar no sistema judicial se surgirem armadilhas legais e, finalmente, implementá-la. Sem contar que ...

**Não existe um consenso claro sobre o clima como seria de se esperar.**

Não estou me referindo aos 97% dos cientistas, que concordam que o clima está mudando devido às atividades humanas. É verdade que ainda existem grupos pequenos, mas ruidosos - e, em alguns casos, com poder político.

- que não consideram os argumentos científicos convincentes. Mas mesmo entre aqueles que aceitam a realidade das mudanças climáticas, existem aqueles que não concordam com a ideia de que devemos investir grandes somas de dinheiro em inovações para enfrentá-la.

Alguns argumentam, por exemplo: “Sim, a mudança climática está acontecendo, mas não vale a pena gastar muito para tentar parar ou se adaptar a ela. Em vez disso, devemos dar prioridade a outros fatores que têm maior influência no bem-estar das pessoas, como saúde ou educação.

Aqui está minha resposta: se não chegarmos perto de zero rapidamente, coisas ruins (com certeza muitas) acontecerão enquanto a maioria de nós ainda estiver viva, e coisas catastróficas dentro de uma geração. Se não classificarmos as mudanças climáticas como uma ameaça à existência da humanidade, as condições de vida da maioria se deteriorarão e os pobres ficarão ainda mais pobres. Vai piorar até que paremos de lançar gases de efeito estufa na atmosfera, por isso merece estar entre as maiores prioridades, como saúde ou educação.

Outro argumento frequentemente utilizado é o seguinte: “Sim, a mudança climática é real, seus efeitos serão negativos e temos os recursos necessários para detê-la. Energia solar, eólica, hidráulica e algumas outras ferramentas serão suficientes. É tudo uma questão de ter força de vontade para implementá-los.

Os capítulos 4 a 8 explicam por que não concordo com esse raciocínio. Temos parte dos meios de que precisamos, mas não quase todos.

Há outro obstáculo para se chegar a um consenso sobre o clima: a conhecida complexidade da cooperação internacional. É difícil fazer com que todos os países do mundo cheguem a um acordo, especialmente quando isso acarreta custos adicionais, como os envolvidos na redução das emissões de carbono. Não existe um único país disposto a pagar para reduzir suas emissões, a menos que outros o façam por sua vez. Portanto, o Acordo de Paris, pelo qual mais de cento e noventa países se comprometeram a limitar suas emissões a médio e longo prazo, foi uma conquista extraordinária; Não porque os próprios compromissos representem um progresso espetacular - se todos os cumprirem, haverá um declínio nas emissões anuais de entre 3 bilhões e 6 bilhões de toneladas no ano

2030, menos de 12 por cento das emissões atuais - mas porque foi um ponto de partida que mostrou que a cooperação internacional é possível. A retirada dos Estados Unidos do Acordo de Paris de 2015, uma medida que o recém-eleito presidente dos EUA, Joe Biden, prometeu reverter, só mostra que manter pactos internacionais é tão difícil quanto alcançá-los.

Resumindo: temos pela frente uma tarefa titânica que não empreendemos antes, e devemos realizá-la muito mais rápido do que outros processos semelhantes que realizamos. Para fazer isso, precisaremos de uma infinidade de avanços na ciência e na engenharia. Temos que construir um consenso que não existe e estabelecer políticas públicas para promover uma transição que de outra forma nunca ocorreria. Precisamos que o sistema energético dispense tudo o que não queremos e preserve tudo o que nos interessa; em outras palavras, que muda completamente e ao mesmo tempo permanece o mesmo.

Mas não se desespere. Nós podemos conseguir. Existem inúmeras idéias circulando sobre como conseguir isso, algumas mais promissoras do que outras. No próximo capítulo, explicarei como tento distingui-los.

## **CINCO PERGUNTAS PARA FAZER EM TODAS AS CONVERSAS SOBRE O CLIMA**

**Q**uando comecei a pesquisar as mudanças climáticas, continuei encontrando dados que eram difíceis de digerir. Para começar, os números eram tão exorbitantes que era difícil visualizá-los.

Quem pode ter uma idéia do que são 51 bilhões de toneladas de gás?

Outro problema é que os dados que encontrei muitas vezes pareciam desprovidos de contexto.

Um artigo afirmou que um programa europeu de comércio de emissões reduziu a pegada de carbono do setor de aviação em 17 milhões de toneladas por ano. Certamente parece muito, mas é mesmo? Que porcentagem do total isso representa? O artigo não especifica isso. Omissões desse tipo eram surpreendentemente comuns.

Com o tempo, desenvolvi uma mentalidade para assimilar o que estava aprendendo. Isso me deu algumas dicas sobre se uma quantidade era grande ou pequena e como as coisas poderiam ser caras. Isso me ajudou a identificar as ideias mais promissoras. Descobri essa abordagem para começar em quase qualquer tópico: primeiro tento ter uma ideia geral, que me dá contexto para interpretar os

novos dados. Além disso, é mais fácil para mim lembrar deles.

Ainda acho o esboço de cinco perguntas que fiz muito útil, quer esteja ouvindo uma proposta de investimento de uma empresa de energia ou conversando com um amigo durante um churrasco no jardim. Talvez em um futuro próximo você leia um editorial propondo alguma solução para o problema do clima; sem dúvida você ouvirá políticos anunciarem com grande alarde seus planos de lutar

contra as alterações climáticas. São questões complexas que são confusas. Este esquema o ajudará a separar o joio do trigo.

## **1. De que parte dos 51 bilhões de toneladas estamos falando?**

Cada vez que leio um texto que menciona certa quantidade de gases de efeito estufa, faço uma rápida matemática para transformá-la em uma porcentagem do total anual de 51 bilhões de toneladas. Para mim, faz mais sentido do que outras comparações, como "tantas toneladas equivalem a tirar um carro da estrada". Quem sabe quantos carros estão nas estradas para começar, ou quantos devem ser recolhidos para combater as mudanças climáticas?

Prefiro relacionar tudo com o objetivo principal de deixar de emitir 51 bilhões de toneladas por ano. Vejamos o exemplo que dei no início deste capítulo, o programa aeronáutico que está eliminando 17 milhões de toneladas por ano. Se dividirmos por 51 bilhões e calcularmos a porcentagem que representa, vemos que é uma redução de 0,03% das emissões globais anuais.

Podemos considerar isso uma contribuição significativa? Depende da resposta a esta pergunta: é provável que a porcentagem aumente ou continuará a mesma? Uma coisa é esse programa começar removendo 17 milhões de toneladas, mas tem o potencial de reduzir as emissões em um número muito maior, e outra coisa é que ele estagna para sempre em 17 milhões. Infelizmente, a resposta nem sempre é óbvia (não era óbvia para mim quando li o artigo sobre o programa aeronáutico). No entanto, esta é uma questão importante.

Na Breakthrough Energy, apenas financiamos tecnologias capazes de eliminar pelo menos 500 milhões de toneladas por ano, se totalmente implementadas de forma eficaz. Isso seria 1 por cento das emissões globais. As tecnologias que nunca passarão de 1% não devem competir pelos recursos limitados de que dispomos para atingir a meta zero. Pode haver outros bons motivos para apoiá-los, mas as reduções significativas de emissões não são um deles.

A propósito, você pode ter se deparado com referências a gigatoneladas dos gases de efeito estufa. Um gigaton é um bilhão (ou  $10^9$ , pra

que prefere a notação científica) de toneladas. Parece-me que a maioria das pessoas não tem uma ideia intuitiva do que é um gigaton de gás. Além disso, parece mais fácil eliminar 51 gigatoneladas do que 51 bilhões, mesmo que sejam iguais. Portanto, continuarei a falar de bilhões de toneladas.

*Dica: Sempre que você vir uma quantidade de gases expressa em toneladas, converta-a para uma porcentagem de 51 bilhões, que é o total das emissões anuais hoje (em equivalentes de dióxido de carbono).*

## **2. O que você planeja fazer com o cimento?**

Se falamos de um plano abrangente para enfrentar as mudanças climáticas, devemos considerar tudo o que os humanos fazem que causa emissões de gases de efeito estufa. Coisas como eletricidade e carros atraem muita atenção, mas são apenas a ponta do iceberg. Os automóveis de passageiros respondem por menos da metade das emissões dos transportes, que por sua vez constituem 16 por cento das emissões totais.

Enquanto isso, a produção de aço e cimento sozinha é responsável por cerca de 10 por cento de todas as emissões. A pergunta "O que você planeja fazer com o cimento?" é apenas um breve lembrete de que se alguém está tentando formular um plano abrangente contra as mudanças climáticas, há muito mais a se considerar do que eletricidade e carros.

Aqui está uma análise de todas as atividades humanas que produzem gases de efeito estufa. Nem todos os dividem exatamente nas mesmas categorias, mas esta é a análise que achei mais ilustrativa e também a usada pela equipe de Breakthrough Energy. (5)

Para eliminar as emissões, você deve chegar a zero em cada uma dessas categorias:

¿Cuánto gas de efecto invernadero emitimos con cada cosa que hacemos?

---

Fabricar (cimento, acero, plástico)	31 %
Consumir energía (electricidad)	27 %
Cultivar y criar (plantas, animales)	19 %
Desplazarnos (aviones, camiones, cargueros)	16 %
Calentar o enfriar (calefacción, aire acondicionado, refrigeración)	7 %

Você pode se surpreender ao descobrir que a produção de eletricidade é responsável por pouco mais de um quarto de todas as emissões. Pelo menos fiquei chocado quando descobri. Como quase todos os artigos que leu sobre mudança climática enfocavam a geração de eletricidade, ele presumiu que era o principal culpado.

A boa notícia é que, embora a eletricidade responda por apenas 27% do problema, ela pode representar mais de 27% da solução. A eletricidade limpa nos permitiria usar cada vez menos hidrocarbonetos como combustível (e, portanto, emitir menos dióxido de carbono). Vamos pensar em carros elétricos e ônibus; sistemas elétricos de aquecimento e refrigeração para residências e escritórios; em indústrias que usam eletricidade em vez de gás natural para fazer seus produtos. Por si só, a eletricidade limpa não nos levará à meta do zero, mas será um passo fundamental.

*Dica: Lembre-se de que as emissões vêm de cinco atividades diferentes e que precisamos de soluções para todas elas.*

### **3. De quanta energia estamos falando?**

Esta questão surge especialmente ao ler artigos sobre eletricidade. Por exemplo, alguns podem alegar que uma nova usina gerará 500 megawatts. Isso é muito? E por falar nisso, o que é um megawatt?

Um megawatt equivale a um milhão de watts, e um watt equivale a um joule por segundo. Para o que nos preocupa, basta saber que o joule é uma unidade de energia. O importante é que você lembre que um watt é uma unidade de energia por segundo. Vamos colocar assim: se estivéssemos medindo o fluxo de água que sai da torneira da cozinha, poderíamos contar o número de copos que ela enche por segundo.

Para calcular a potência, fazemos algo semelhante, mas medindo o fluxo de energia e não o da água. Watts são análogos a "copos por segundo".

Um watt é uma unidade minúscula. Uma pequena lâmpada incandescente consome cerca de 40 watts. Um secador de cabelo, 1.500 watts. Uma usina de energia pode gerar centenas de milhões de watts. A maior do mundo, a Barragem das Três Gargantas, na China, produz até 22 bilhões de watts. (Não vamos esquecer que a definição de watt já inclui a expressão "por segundo", portanto, não existe watts por segundo ou por hora. Eles são apenas watts.)

Como esses números estão aumentando rapidamente, é uma boa ideia adicionar prefixos para abreviações. Um quilowatt é igual a mil watts; um megawatt, a um milhão de watts; e um gigawatt, para um bilhão de watts. A mídia costuma usar essas formas abreviadas, então vou usá-las também.

As comparações a seguir me ajudam a ver com mais clareza: Quanta energia ele consome ...? [1]

---

El mundo	<b>5.000 gigavattios</b>
Estados Unidos	<b>1.000 gigavattios</b>
Una ciudad mediana	<b>1 gigavatio</b>
Una población pequeña	<b>1 megavatio</b>
Un hogar estadounidense medio	<b>1 kilovatio</b>

Claro, em cada uma dessas categorias existem variações consideráveis ao longo do dia e do ano. Algumas casas usam muito mais eletricidade do que outras. A cidade de Nova York funciona com pouco mais de 12 gigawatts, dependendo da temporada; Tóquio, com uma população maior, precisa de cerca de 23 gigawatts em média, embora no verão, durante

os picos de consumo, a demanda possa chegar a mais de 50 gigawatts.

Então, digamos que você queira fornecer eletricidade a uma cidade de médio porte que requer um gigawatt. Bastaria você construir uma usina de um gigawatt para garantir à população toda a energia elétrica de que ela precisa? Não necessariamente. A resposta depende de qual é a fonte dessa energia, porque algumas são mais intermitentes do que outras. As usinas nucleares permanecem em operação 24 horas por dia e fecham apenas para manutenção ou reabastecimento. Em vez disso, como o vento nem sempre sopra e o sol nem sempre brilha, a capacidade efetiva dos parques eólicos ou solares pode ser de 30% ou menos. Em média, eles produzirão 30% dos gigawatts de que você precisa, o que significa que você precisará complementá-los com outras fontes para obter um gigawatt de maneira confiável.

*Dica: toda vez que você ouvir a palavra "kilowatt", pense em "casa". Quando você ouvir "gigawatt", pense em "cidade". Se cem gigawatts ou mais forem mencionados, pense em "grande país".*

#### **4. De quanto espaço você precisa?**

Algumas fontes de energia ocupam mais espaço do que outras. Isso é importante por uma razão óbvia: a terra e a água disponíveis são limitadas. A questão do espaço não é de forma alguma a única a ser considerada, é claro, mas tem sua relevância, e devemos falar sobre ela com mais frequência.

A principal medida neste caso é a densidade de potência. Indica a potência obtida de diferentes fontes por área terrestre (ou água, se for turbinas eólicas instaladas no mar). É expresso em watts por metro quadrado. aqui estão alguns exemplos:

¿Cuánta potencia generamos por metro cuadrado?

<b>Fuente de energía</b>	<b>Vatios por metro cuadrado</b>
Combustibles fósiles	<b>500-10.000</b>
Nuclear	<b>500-1.000</b>
Solar*	<b>5-20</b>
Hidráulica (presas)	<b>5-50</b>
Eólica	<b>1-2</b>
Leña y otras biomásas	<b>Menos de 1</b>

\* En teoría, la densidad de potencia de la energía solar puede llegar a ser de hasta 100 vatios por metro cuadrado, pero nadie lo ha conseguido aún.

Observe que a densidade de potência da energia solar é consideravelmente maior do que a do vento. Se você quiser aproveitar o vento em vez do sol, uma superfície muito maior é necessária, desde que outros fatores não intervenham. Isso não significa que a energia eólica seja ruim e a solar seja boa; isso significa que cada um tem requisitos diferentes que também precisam ser discutidos.

*Dica: se alguém lhe disser que alguma fonte de energia (eólica, solar, nuclear ou qualquer outra) pode fornecer ao mundo toda a energia*

*de que ele precisa, descubra quanto espaço  
será necessário para gerá-la.*

## 5. Quanto vai custar?

A razão pela qual o mundo emite tantos gases de efeito estufa é que as tecnologias de energia de hoje são de longe as mais baratas disponíveis (independentemente dos danos de longo prazo que causam). Portanto, afastar nossa gigantesca economia de energia de tecnologias "sujas" e emissoras de carbono em favor de tecnologias de emissão zero terá um custo.

Mas que custo? Em alguns casos, podemos calcular a diferença diretamente. Se houver uma versão suja e outra limpa da mesma, basta comparar os preços.

Muitas dessas soluções neutras em carbono são mais caras do que seus equivalentes baseados em combustíveis fósseis. Em parte, isso ocorre porque os preços dos combustíveis fósseis não refletem os danos ambientais que causam, por isso parecem mais baratos do que a alternativa. (Retornaremos à questão da dificuldade de calcular o custo do carbono no Capítulo 10.) Chamo esses custos adicionais de "prêmios verdes". (6)

Cada vez que tenho uma conversa sobre mudança climática, primos verdes continuam assombrando minha cabeça. Como esse conceito reaparecerá nos capítulos subsequentes, gostaria de explicar o que ele significa.

Não existe um único prêmio verde. São muitos: para eletricidade, para vários combustíveis, para cimento e assim por diante. A magnitude do prêmio verde depende do que está sendo substituído e do que está sendo

substituído. O custo do combustível de aviação neutro em carbono não é igual ao da eletricidade produzida a partir da energia solar. Aqui está um exemplo de como os prêmios verdes funcionam na prática.

O preço médio de varejo do combustível de aviação nos Estados Unidos nos últimos anos foi de 58 centavos por litro. Os biocombustíveis avançados para aeronaves custam em média US \$ 1,41 por litro (quando disponível). Portanto, o prêmio verde para o combustível neutro em carbono é a diferença entre esses dois preços, ou seja, 83 centavos. Isso é um prêmio de mais de 140% (explicarei isso com mais detalhes no Capítulo 7).

Em casos excepcionais, o prêmio verde pode ser negativo; Em outras palavras, a adoção de tecnologia verde pode ser *mais barato* do que continuar usando combustíveis fósseis. Por exemplo, dependendo de onde você mora, você pode economizar substituindo o aquecedor a gás natural e o ar condicionado por uma bomba de calor elétrica. Em Oakland, isso reduziria suas despesas com HVAC em 14%, enquanto em Houston a economia seria de 17%.

Pode-se imaginar que uma tecnologia com prêmio verde negativo já teria sido adotada em todo o mundo. De um modo geral, sim, mas há um lapso entre o surgimento de uma nova tecnologia e sua implementação (especialmente em coisas como caldeiras domésticas, que não são alteradas com muita frequência).

Uma vez que os prêmios verdes tenham sido calculados para todas as opções neutras em carbono, você pode começar a levar a sério se os sacrifícios valem a pena ou não. Quanto estamos dispostos a pagar para adotar alternativas verdes? Compraremos biocombustíveis avançados pelo dobro do preço do combustível de aviação? Vamos comprar cimento verde, que custa o dobro do normal?

A propósito, quando pergunto "Quanto estamos dispostos a pagar?" Quero dizer "nós" em escala global. Não se trata apenas do que os americanos ou europeus podem pagar. Não é difícil imaginar prêmios verdes altos o suficiente para que os Estados Unidos estejam dispostos e sejam capazes de pagá-los, mas Índia, China, Nigéria e México não. Precisamos de prêmios tão baixos que permitam a todos descarbonizar.

É certo que os prêmios verdes são um alvo móvel. Ao calculá-los, muitas coisas são consideradas óbvias; Ao escrever este livro, aceitei o que me parecia razoável, mas outras pessoas bem informadas podem fazer suposições diferentes e chegar a resultados diferentes. Mais importante do que preços concretos é saber se uma determinada tecnologia verde é quase tão barata quanto seu equivalente de combustível fóssil e, onde não é,

pensar em como a inovação pode reduzir seu preço.

Espero que os prêmios verdes que menciono neste livro levem a uma discussão mais aprofundada sobre a questão dos custos envolvidos na transição para o zero. Eu também espero que outras pessoas façam seus próprios cálculos de prêmios, e eu ficaria muito feliz em descobrir que alguns não são tão altos quanto eu pensava. Os que calculei neste livro são uma ferramenta imperfeita para comparar custos, mas melhor do que nada.

Em particular, os prêmios verdes são uma ótima ferramenta para tomar decisões. Eles nos ajudam a fazer o melhor uso de nosso tempo, atenção e dinheiro. Depois de estudar os diferentes prêmios, podemos decidir quais soluções neutras em carbono devemos implementar agora e em quais campos devemos buscar o progresso, porque alternativas limpas não são econômicas o suficiente. Eles nos ajudam a responder a perguntas como estas:

*Quais opções neutras em carbono devemos implementar agora?*

Resposta: aqueles com um prêmio verde baixo ou zero. Se ainda não estamos colocando essas soluções em prática, é sinal de que o custo não é o

impedimento. Outro fator - como uma política pública desatualizada ou falta de conscientização - nos impede de implantá-los em larga escala.

*Para onde devemos direcionar os gastos com pesquisa e desenvolvimento, os investimentos iniciais e os esforços de nossos melhores inventores?*

Resposta: em relação a onde decidimos que nossos prêmios verdes são muito altos. É aí que o custo adicional da opção neutra em carbono constituirá um obstáculo à descarbonização e uma oportunidade para que novas tecnologias, empresas e produtos a tornem acessível. Os principais países de P&D podem criar novos produtos, torná-los mais baratos e exportá-los para locais que não podem pagar os prêmios atuais. Isso tornará desnecessárias discussões sobre se todos os países estão contribuindo para evitar um desastre climático; em vez disso, estados e empresas competirão para desenvolver e comercializar inovações acessíveis que ajudem o mundo a atingir zero emissões.

Uma vantagem final do conceito de prêmio verde: ele pode funcionar como um sistema de medição que nos diz quanto progresso fizemos na luta contra as mudanças climáticas.

Nesse sentido, os primos verdes me lembram de um problema que Melinda e eu enfrentamos quando começamos a trabalhar com saúde global. Os especialistas nos disseram quantas crianças morreram a cada ano em todo o mundo, mas não puderam nos dizer muito sobre a causa dessas mortes. Sabíamos que

várias crianças morreram de diarreia, mas não sabíamos o que a causou.

Como iríamos determinar quais inovações poderiam salvar vidas se não soubéssemos por que as crianças morreram?

Então, com a colaboração de parceiros ao redor do mundo, financiamos vários estudos para descobrir o que estava tirando a vida dessas crianças. No final, fomos capazes de rastrear as mortes com muito mais detalhes e obter dados que abriram caminho para avanços significativos. Descobrimos, por exemplo, que a pneumonia estava por trás de uma parcela significativa da mortalidade infantil anual. Embora já existisse uma vacina antipneumocócica, era tão cara que os países pobres não a compravam (além disso, tinham pouco incentivo para comprá-la, pois não sabiam quantas crianças morreram dessa doença). No entanto, assim que viram os dados - e vários doadores concordaram em arcar com grande parte dos custos - eles começaram a incluir a vacina em seus programas de saúde,

Os prêmios verdes podem alcançar algo semelhante para as emissões de gases de efeito estufa. Eles nos oferecem uma perspectiva diferente daquela das figuras brutas, que nos dizem o quão longe estamos do alvo, mas

não quanto nos custará para alcançá-lo. Quanto custaria usar as ferramentas neutras em carbono que temos hoje? Quais inovações teriam o maior impacto nas emissões? Os prêmios verdes respondem a essas questões determinando o preço que teremos que pagar para chegar a zero, setor por setor, e destacando as áreas em que teremos que inovar, da mesma forma que os dados nos dizem que devemos apostar forte sobre a vacina pneumocócica.

Em alguns casos, como o exemplo do combustível de aviação citado acima, a abordagem direta para calcular os prêmios verdes é direta. No entanto, quando o aplicamos de forma mais geral, surge um problema: não temos equivalentes verdes diretos para tudo. Não há cimento neutro em emissões (pelo menos por enquanto). Como podemos ter uma ideia aproximada do custo de uma solução verde nesses casos?

Podemos fazer isso por meio de um experimento mental. "Quanto custaria remover diretamente todo o carbono da atmosfera?" Esta ideia tem um nome: chama-se "Direct Air Capture" ou DAC. (Simplificando, DAC envolve soprar ar através de um filtro que absorve dióxido de carbono, que é então armazenado com segurança.) Esta é uma tecnologia cara e pouco comprovada, mas se funcionar em grande escala, nos permitiria capturar dióxido de carbono independentemente de quando e onde é produzido. A usina de captura direta que já está em operação na Suíça absorve gases

que poderiam muito bem ter vindo de uma termelétrica a carvão no Texas há dez anos.

Para calcular o quão caro esse sistema seria, precisamos apenas de duas informações: a quantidade de emissões globais e o custo de absorção de emissões usando DAC.

Já sabemos o número de emissões: são 51 bilhões de toneladas por ano. Quanto ao custo de retirar uma tonelada de carbono do ar, o valor não está definido de forma definitiva, mas é de pelo menos US \$ 200 a tonelada. Acho que é realista esperar que, com um pouco de inovação, caia para US \$ 100 por tonelada, então vou manter esse número.

O que nos leva à seguinte equação:

51 bilhões de toneladas por ano x \$ 100 por tonelada =  
\$ 5,1 trilhões por ano.

Em outras palavras, a opção de usar o DAC para resolver o problema do clima custaria pelo menos 5,1 trilhões por ano, a cada ano, enquanto continuarmos a produzir emissões. Isso representa cerca de 6% da economia mundial. (Esta é uma soma estratosférica, embora, na realidade, esta tecnologia DAC teórica seria muito mais barata do que se tentássemos reduzir o

emissões paralisando setores da economia, como fizemos durante a pandemia de COVID-19. Nos Estados Unidos, segundo dados do Grupo Rhodium, o custo por tonelada para a economia oscilou entre US \$ 2.600 e US \$ 3.300.

[dois] Na União Europeia, era mais perto de US \$ 4.000 por tonelada. Em outras palavras, era 25 a 40 vezes mais caro do que os US \$ 100 por tonelada que esperamos que custe um dia.)

Como já mencionei, a solução baseada em DAC é apenas um experimento de pensamento. Na vida real, a tecnologia DAC não está pronta para ser implementada em todo o mundo e, mesmo se estivesse, seria o método mais ineficiente de resolver o problema do carbono na atmosfera. Não está claro se somos capazes de armazenar com segurança centenas de bilhões de toneladas de carbono. Não há uma maneira prática de arrecadar US \$ 5,1 trilhões por ano ou de garantir que todos paguem sua parte justa (mesmo tentar definir sua parte justa levaria a um conflito político considerável). Precisaríamos construir mais de cinquenta mil usinas de captura direta em todo o mundo apenas para lidar com as emissões que estamos produzindo agora. Por outro lado, O DAC não funciona com metano ou outros gases de efeito estufa, apenas dióxido de carbono. Além disso, certamente seria a solução mais cara; Em muitos casos, seria mais barato eliminar as emissões de gases de efeito estufa.

Mesmo que o DAC fosse feito para funcionar em escala global - e não vamos esquecer que

sou um otimista quando se trata de tecnologia - ele certamente não poderia ser desenvolvido ou implantado com rapidez suficiente para evitar sérios danos ao meio ambiente. . Infelizmente, não podemos simplesmente esperar que uma tecnologia futura como o DAC nos salve. Devemos começar a nos salvar a partir deste momento.

*Dica: Sempre tenha em mente os prêmios verdes e pergunte se eles são baixos o suficiente para os países de renda média pagarem.*

Vejam os cinco resumos das cinco sugestões:

1. Converta as toneladas de emissões em uma porcentagem de 51 bilhões.
2. Encontre soluções para as cinco atividades que causam emissões: fazer coisas, consumir energia, crescer e aumentar, mover e resfriar.
3. Quilowatt = casa. Gigawatt = cidade média. Centenas de gigawatts = país grande.
4. Considere quanto espaço será necessário.
5. Lembre-se dos prêmios verdes e descubra se eles são acessíveis para o país de renda média.

# COMO NOS CONECTAM OS

*27 por  
cento de 51 bilhões  
de toneladas por ano*

**T**emos um caso com eletricidade, mas a maioria não sabe disso. A eletricidade está sempre disponível para nos servir, para garantir que as luzes da rua, ar condicionado, computadores e televisores funcionem. Ele alimenta todos os tipos de processos industriais nos quais a maioria de nós prefere não pensar. No entanto, como às vezes acontece na vida, não percebemos o que a eletricidade significa para nós até que a percamos. Na América, os apagões são tão raros que as pessoas se lembram do dia, dez anos atrás, quando faltou energia e eles ficaram presos em um elevador.

Nem sempre tive consciência de como somos dependentes da eletricidade, mas ao longo dos anos tenho aberto meus olhos para o quão essencial ela é. E eu realmente aprecio o que é necessário para operar esse milagre. Na verdade, é justo dizer que fico maravilhado com a infraestrutura física que permite que a

eletricidade vá a qualquer lugar e é tão barata e confiável. É pura magia que se possa apertar um botão em quase qualquer lugar de um país desenvolvido e obter luz pelo preço de uma fração de centavo.

Literalmente: na América, manter uma lâmpada de 40 watts acesa por uma hora custa cerca de meio centavo.



Depois de uma visita em família ao vulcão Thrihnukagigur da Islândia em 2015, Rory e eu fizemos um tour pela usina geotérmica vizinha. [1]

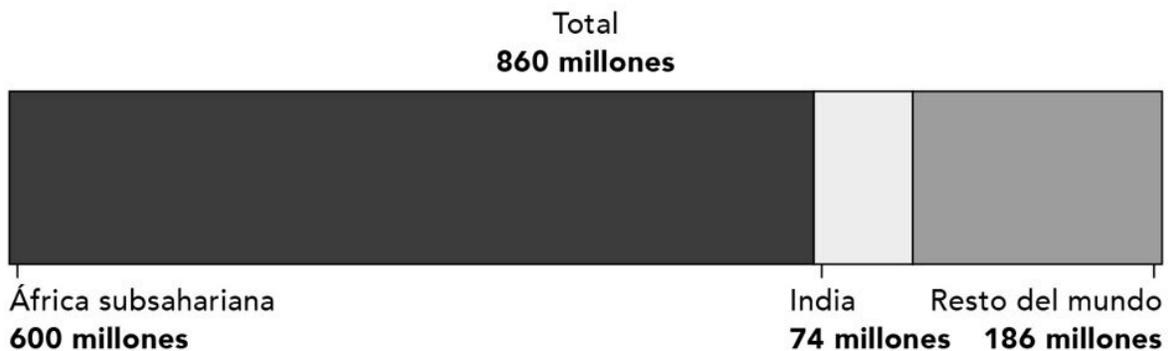
Não sou o único na família que tem essa opinião sobre eletricidade - meu filho Rory e eu costumávamos visitar as usinas para nos divertir, apenas para aprender como funcionam.

Estou feliz por termos passado todo esse tempo nos educando sobre eletricidade. Em primeiro lugar, foi uma ótima atividade entre pais e filhos (sério). Por outro lado, encontrar uma maneira de obter todos os benefícios da eletricidade barata e confiável sem emitir gases de efeito estufa é o passo mais importante que devemos dar para evitar um desastre climático. Isso ocorre em parte porque a produção de eletricidade é um grande contribuinte para a mudança climática e em parte porque, se fôssemos capazes de gerar eletricidade neutra em carbono, poderíamos usá-la para descarbonizar muitas outras atividades, como

mover-se ou fazer coisas. Teremos que substituir o carvão, o gás natural ou o petróleo por outras fontes de energia, a maioria das quais será eletricidade limpa. É por isso que vou falar

primeiro na eletricidade, embora as indústrias sejam responsáveis por mais emissões.

Além disso, o número de pessoas com acesso à eletricidade ainda deve ser *superior*. Na África Subsaariana, menos da metade da população tem um suprimento de energia confiável em casa. (7) E quando você não tem acesso à rede elétrica, tarefas aparentemente simples, como recarregar seu celular, tornam-se complicadas e caras. As pessoas são forçadas a ir a uma loja e pagar 25 centavos ou mais para conectar o celular em uma tomada - 100 vezes mais do que pagam as pessoas que vivem em países desenvolvidos.



**860 milhões de pessoas não têm um fornecimento confiável de eletricidade.**

Menor que metade dos habitantes da África Subsaariana tem acesso à rede elétrica.

[dois]

Não espero que todos estejam tão entusiasmados com transformadores e redes elétricas quanto eu (até eu admito que você tem que ser um pouco estranho para escrever uma frase como "Eu fico maravilhado com a infraestrutura física"). Mas acho que se as pessoas parassem para pensar sobre o que é

necessário para fornecer esse serviço que agora consideramos natural, elas apreciariam mais. E ele perceberia que ninguém quer desistir dele. Quaisquer que sejam os métodos que usarmos para produzir eletricidade neutra em carbono no futuro, eles terão que ser tão confiáveis e quase tão acessíveis quanto os que usamos hoje.

Neste capítulo, quero explicar o que será necessário para continuar a obter tudo o que amamos da eletricidade - uma fonte de energia barata e sempre disponível - e para alcançar mais pessoas, mas sem emissões de carbono. Para começar, é preciso conhecer a história que nos trouxe até aqui e para onde vamos.

Considerando o quão difundido o acesso à eletricidade é hoje, é fácil esquecer que ela não se tornou um grampo na vida da maioria dos americanos até meados do século.

xx Y

Uma das primeiras fontes importantes de eletricidade não foi nenhuma das que vêm à mente hoje, como carvão, petróleo ou gás natural. Era água, especificamente energia hidráulica.

A energia hidrelétrica tem muito a seu favor - é relativamente barata

- mas também grandes desvantagens. A construção de um reservatório implica no despejo de comunidades e fauna local. Quando um solo é coberto por água, se o solo contém muito carbono, ele acaba se transformando em metano e escapando para a atmosfera. [3] É por isso que estudos mostram que uma barragem, dependendo de onde for construída, pode se tornar um emissor pior do que o carvão por um período de 50 a 100 anos antes de compensar todo o metano que liberou.

(8) Por outro lado, a quantidade de energia elétrica que pode ser gerada em uma barragem varia de acordo com a estação do ano, pois depende dos córregos e rios, alimentados pelas chuvas. Além disso, é claro, a energia hidráulica não é transferível. Você tem que construir as barragens por onde passam os canais.

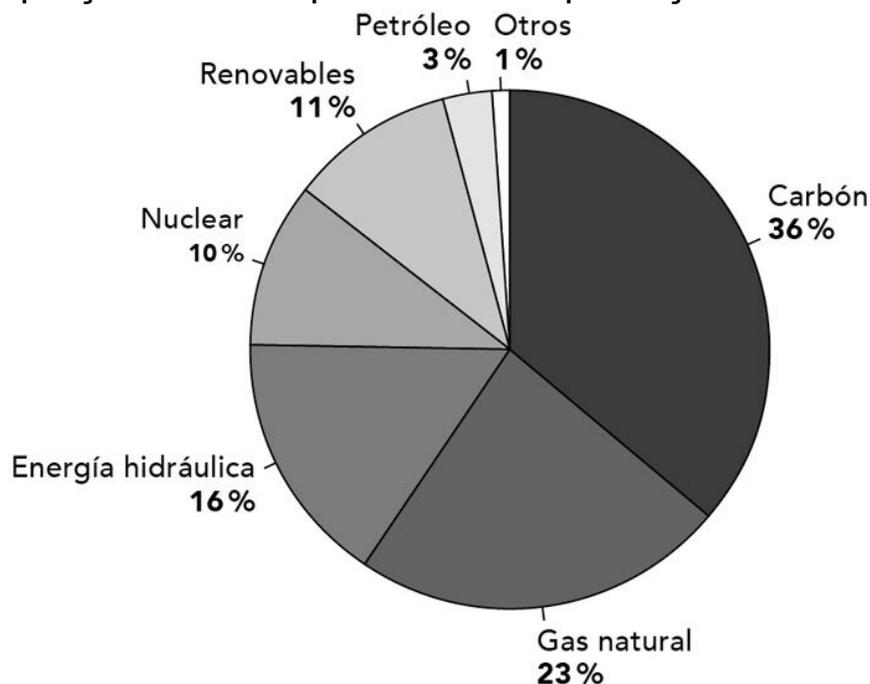
Os combustíveis fósseis não têm essa limitação. É possível extrair carvão, óleo ou gás natural do subsolo, transferi-lo para uma usina e, uma vez lá, queimá-lo e usar o calor para fazer a água ferver, de modo que o vapor resultante gire uma turbina que, em por sua vez, gerar eletricidade.

Por causa de todas essas vantagens, quando a demanda por eletricidade nos Estados Unidos aumentou muito após a Segunda Guerra Mundial, os combustíveis fósseis foram voltados para satisfazê-la. Eles forneceram grande parte da capacidade de geração que foi alcançada na segunda metade do século xx, cerca de 700 gigawatts, quase sessenta vezes maior do que o que existia Antes da guerra.

Com o tempo, o custo da eletricidade caiu drasticamente. De acordo com um estudo, era pelo menos 200 vezes mais barato em 2000 do que em 1900. [4] Atualmente, os Estados Unidos gastam apenas 2% de seu PIB em eletricidade, um valor extraordinariamente baixo considerando nosso grau de dependência dela.

O principal motivo de ser tão barato é que os combustíveis fósseis também o são.  
Eles estão disponíveis para todos, e nós temos

desenvolveram métodos melhores e mais eficientes para extraí-los e transformá-los em eletricidade. Além disso, os governos despendem esforços consideráveis para manter os preços baixos e promover sua produção.



**Obter toda a eletricidade do mundo de fontes limpas não será fácil.** No

Hoje, os combustíveis fósseis respondem por dois terços da eletricidade gerada no mundo. (bp Statistical Review of World Energy 2020.) [5]

Essa prática existe nos Estados Unidos desde os primeiros dias da república: o Congresso aprovou a primeira tarifa protetora sobre o carvão importado em 1789. No início do século XIX, ciente da importância desse combustível para o setor ferroviário, alguns estados passaram a isentá-lo de diversos

impostos e introduzir outros incentivos para sua produção. Após a introdução do imposto sobre as sociedades em 1913, os produtores de petróleo e gás passaram a ter o direito de deduzir certas despesas, incluindo custos de perfuração. Juntos, esses benefícios fiscais totalizaram cerca de US \$ 42 bilhões (agora) em apoio à indústria de petróleo e carvão de 1950 a 1978 e ainda estão no código tributário. [6] Além disso, essas indústrias se beneficiam de condições especiais de arrendamento de terras federais.



Folheto de uma mina de carvão em Connellsville, Pensilvânia, por volta de 1900. [7]

Os Estados Unidos não estão sozinhos nisso. A maioria dos países tem tomado várias medidas para evitar que os combustíveis fósseis se tornem mais caros: segundo cálculos da Agência Internacional de Energia (AIE), os subsídios do governo para o consumo desses combustíveis chegaram a 400 bilhões de dólares em 2018, o que explica em certa medida por que eles constituem uma parte estável de nosso suprimento elétrico. [8] A porcentagem da produção mundial de eletricidade que vem da queima de carvão (cerca de 40%) não mudou em trinta anos. A soma de petróleo e gás natural gira em torno de 26% há três décadas. No total, os combustíveis fósseis fornecem dois terços da eletricidade consumida no mundo. A energia solar e eólica, por outro lado, contribui com 7%.

Em meados de 2019, usinas termelétricas a carvão com uma potência total de cerca de 236 gigawatts estavam sendo construídas em vários países; o carvão e o

O gás natural tornou-se o combustível preferido nos países em desenvolvimento, onde a demanda explodiu nas últimas décadas. Entre 2000 e 2018, a China triplicou a quantidade de carvão que usa. Isso representa mais capacidade do que os Estados Unidos, México e Canadá juntos!

Podemos reverter isso e obter toda a eletricidade de que precisamos com emissão zero de gases de efeito estufa?

Depende de quem estamos nos referindo. Os Estados Unidos podem chegar muito perto se estabelecerem as políticas certas para expandir a energia eólica e solar e derem um forte impulso a inovações concretas. Mas o mundo terá seu fornecimento de eletricidade neutro em carbono? Isso será muito mais difícil.

Vamos começar com os prêmios verdes para eletricidade nos Estados Unidos. Nesse caso, encontramos boas notícias: podemos eliminar gradualmente nossas emissões com um prêmio verde razoável.

Quando se trata de eletricidade, o prêmio é o custo adicional de obter toda a nossa

energia de fontes não-carbono, como eólica, solar, nuclear e usinas de gás natural equipadas com dispositivos que capturam carbono. (Não se esqueça que o objetivo não é usar apenas energias renováveis, como solar e eólica, mas chegar a emissões zero. É por isso que incluem essas outras opções neutras em carbono.)

Qual seria o prêmio? Adaptar todo o sistema elétrico dos EUA a fontes neutras em carbono aumentaria as taxas de consumo em 1,3 a 1,7 centavos por quilowatt-hora, cerca de 15% a mais do que é pago agora. Isso significa que o prêmio verde seria de US \$ 18 por mês para uma família média; um valor mais do que acessível para a maioria das pessoas, embora talvez não para os americanos de baixa renda, que já gastam um décimo de sua renda em energia.

(Se você paga contas de serviços públicos, sem dúvida está familiarizado com o conceito de quilowatt-hora, já que é assim que cobramos o consumo de eletricidade da casa. Mesmo assim, caso você não tenha certeza,

um quilowatt-hora é uma unidade de energia que é usado para medir quanta eletricidade é consumida em um determinado tempo. Se um quilowatt for consumido durante um

hora, isso equivale a um quilowatt-hora. Uma casa americana típica gasta 29 quilowatts-hora por dia. Em média, levando em consideração todos os tipos de contratos em todos os estados do país, um quilowatt-hora de eletricidade custa cerca de dez centavos, embora em alguns lugares seja mais de três vezes esse valor.)

É ótimo que o prêmio verde possa ficar tão baixo na América. A situação na Europa também é muito boa: um estudo de uma associação setorial europeia conclui que a descarbonização de 90 a 95% da rede elétrica causaria um aumento de cerca de 20% nas tarifas médias. (O estudo usa uma metodologia diferente daquela que apliquei para calcular o prêmio verde dos EUA.) [9]

Infelizmente, poucos países têm tanta sorte. Os Estados Unidos têm inúmeras fontes renováveis, incluindo energia hidrelétrica no noroeste do Pacífico, ventos fortes no meio-oeste e energia solar durante todo o ano no sudoeste e na Califórnia. Existem países com sol abundante, mas pouco vento ou vice-versa. Outros não têm ambos.

Além disso, alguns têm classificações de crédito baixas, o que dificulta grandes investimentos em novas usinas.

A África e a Ásia estão nas posições mais desfavoráveis. Nas últimas décadas, a China fez uma das maiores conquistas da história

- tirando milhões de pessoas da pobreza - e conseguiu isso em parte construindo usinas termelétricas a carvão por muito pouco dinheiro. As empresas chinesas cortaram os custos dessas fábricas em pelo menos 75%. E agora que, compreensivelmente, desejam mais clientes, estão fazendo o possível para atrair a próxima onda de países em desenvolvimento: Índia, Indonésia, Vietnã, Paquistão e vários estados da África. O que esses novos clientes em potencial farão? Eles vão construir usinas de carvão ou adotar a energia limpa? Vamos examinar seus objetivos e opções. A energia solar em pequena escala pode ser uma alternativa para os pobres rurais que precisam carregar telefones celulares e acender as luzes à noite. Porém, Esse tipo de solução jamais fornecerá a esses países a enorme quantidade de eletricidade barata e sempre disponível de que precisam para dar um impulso vigoroso às suas economias. Eles desejam seguir o exemplo da China e atrair fábricas e serviços de call center, negócios que exigem muito mais energia

do que pode ser fornecido por energias renováveis em pequena escala hoje.

Se esses estados estiverem inclinados a construir usinas a carvão, como fizeram a China e todos os países ricos, será um desastre para o clima. Mas a verdade é que neste momento esta é a sua opção mais barata.

A lógica por trás dos prêmios verdes não é tão óbvia à primeira vista. As usinas de gás natural devem continuar a comprar combustível enquanto permanecerem em operação; Em contraste, nem os parques solares e eólicos, nem as hidrelétricas precisam de combustível. Além disso, dependendo do assunto, quando uma tecnologia se difunde, fica mais barata. Então, como é que a energia verde tem um custo adicional?

Um dos problemas é o quão baratos os combustíveis fósseis são. Como seus preços não levam em consideração o custo real das mudanças climáticas - os danos econômicos que causam com o aquecimento do planeta - é mais difícil para as fontes de energia limpa competir com eles. Além disso, passamos muitas décadas aperfeiçoando o sistema para extraí-los do solo, obter energia deles e distribuí-la, tudo muito barato.

Outra razão é que, como mencionei antes, existem regiões do mundo que simplesmente carecem de recursos renováveis suficientes. Para chegar mais perto de cem por cento,

teríamos que transportar energia limpa de onde ela é gerada (áreas ensolaradas, idealmente perto do equador e regiões ventosas) para onde ela é necessária (locais nublados e sem vento). Isso exigiria a implantação de novas linhas de transmissão, tarefa que consome muitos recursos e tempo - principalmente quando se trata de cruzar fronteiras - e quanto mais linhas forem instaladas, mais o preço da energia elétrica sobe. Na verdade, a transmissão e a distribuição são responsáveis por mais de um terço do preço final da eletricidade. (9) Muitos países não querem depender de outros para o fornecimento de eletricidade.

Apesar de tudo, o baixo custo do petróleo e o alto custo das linhas de transmissão não são os principais fatores que encarecem o prêmio verde da eletricidade. Os maiores culpados são nossa demanda por confiabilidade e a maldição da intermitência.

O sol e o vento são fontes intermitentes, o que significa que não geram eletricidade vinte e quatro horas por dia trezentos e sessenta e cinco dias por ano. Em vez disso, nossa necessidade de energia não é intermitente; queremos tê-lo o tempo todo.

Portanto, se o sol e o vento são uma parte significativa do nosso coquetel elétrico e queremos evitar apagões graves, precisaremos de outras opções para quando o sol não estiver brilhando e o vento não soprar. Ou armazenamos o excesso de eletricidade em baterias (que, como argumentarei em breve, seriam proibitivamente caras) ou incorporamos outras fontes de energia baseadas em combustíveis fósseis, como usinas de gás natural que operam apenas quando necessário. A economia não é favorável a nenhuma das opções.

O exemplo mais claro de intermitência é quando o sol se põe e o fornecimento de eletricidade

gerado pela energia solar é interrompido. Suponha que, para resolver esse problema, armazenemos um quilowatt-hora extra de eletricidade produzida durante o dia para usá-la à noite (levaria muito mais do que isso, mas escolhi um quilowatt-hora para simplificar as contas). Quanto a conta de luz inflaria?

Depende de dois fatores: o custo da bateria e quanto tempo ela dura antes de termos que trocá-la. Do lado do custo, vamos imaginar que possamos comprar uma bateria de quilowatt-hora por US \$ 100 (é uma estimativa conservadora, e por enquanto estou deixando de lado a possibilidade de que você tenha que fazer um empréstimo para comprá-la) . Quanto à vida útil da bateria, digamos que ela suporte até mil ciclos de carga e descarga.

Portanto, o custo de capital dessa bateria de um quilowatt-hora é de US \$ 100 espalhados por mil ciclos, o que se traduz em dez centavos por quilowatt-hora. Isso deve ser adicionado ao custo de geração da corrente, que, no caso da energia solar, é algo em torno de cinco centavos por quilowatt-hora. Em outras palavras, teríamos que pagar pela eletricidade armazenada para uso noturno em *triplo* do que pagamos pelo que usamos durante o dia: os cinco centavos que custa para gerá-lo mais

dez para armazenamento, totalizando 15 centavos.

Conheço pesquisadores que acreditam que podem desenvolver uma bateria que dure cinco vezes mais do que a que descrevi. Eles ainda não tiveram sucesso, mas se estiverem corretos, isso reduziria a sobrecarga de dez para dois centavos, o que seria um aumento muito mais modesto. De qualquer forma, o problema noturno já tem solução hoje, para quem está disposto a pagar um custo extra alto, e tenho certeza de que conseguiremos reduzi-lo com um pouco de inovação.

Infelizmente, a intermitência à noite não é o problema mais espinhoso que enfrentamos. A variação sazonal entre o verão e o inverno é um obstáculo ainda maior. Existem várias maneiras de tentar lidar com isso - como incorporar energia de uma usina nuclear ou uma usina térmica a gás com um dispositivo de captura de emissões - opções que qualquer hipótese realista terá de considerar. Iremos nos aprofundar neles mais tarde neste capítulo; por enquanto, vou me limitar a falar sobre baterias para ilustrar o problema da variação sazonal.

Digamos que desejemos armazenar um único quilowatt-hora, não por um dia, mas por uma temporada inteira. Vamos gerá-lo durante o verão e usá-lo no inverno para alimentar um aquecedor. Nesta ocasião, o ciclo de vida da bateria não deve nos preocupar, pois iremos carregá-la apenas uma vez por ano.

Mas suponha que tenhamos que financiar a compra da bateria. Cem dólares de capital.

(Obviamente, não compraríamos uma bateria de \$ 100 a crédito, mas poderíamos precisar de financiamento se quiséssemos comprar o suficiente para armazenar vários gigawatts. Além disso, o cálculo seria o mesmo.) Se pagarmos 5% de juros sobre o capital emprestado e a bateria vale \$ 100, o que implica um custo adicional de cinco dólares por quilowatt-hora. Vamos lembrar quanto nos custa a energia solar durante o dia: apenas cinco centavos. Quem pagaria cinco dólares para armazenar energia no valor de cinco centavos?

A intermitência sazonal e o alto custo de armazenamento representam outro problema, especialmente para grandes usuários de energia solar: produção excessiva no verão e produção muito baixa no inverno.

Devido à inclinação do eixo da Terra, a quantidade de luz solar que incide sobre qualquer parte do planeta varia ao longo das quatro estações, assim como a intensidade dessa luz. A magnitude da variação depende da distância do equador. No Equador,

praticamente não há mudanças. Na área de Seattle onde moro, temos duas vezes mais luz do sol no dia mais longo do ano do que no dia mais curto. Nas regiões do Canadá e da Rússia, essa diferença é doze vezes. (10)

Para entender por que essa variação é importante, vamos fazer outro experimento

mental. Vamos imaginar que existe uma cidade perto de Seattle - vamos chamá-la de Suntown - que deseja gerar um gigawatt de energia solar ao longo do ano. Qual seria o tamanho do campo solar de Suntown?

Uma opção seria instalar placas suficientes para gerar um gigawatt durante o verão, quando o sol está mais forte. A cidade, porém, não tem tanta sorte no inverno, quando recebe apenas metade da luz solar. Como resultado, a produção é muito baixa (e a cidade, ciente do preço proibitivo do armazenamento, descartou o uso de baterias). Por outro lado, Suntown poderia instalar todos os painéis solares de que precisa para os curtos dias escuros de inverno, mas quando chegasse o verão, geraria muito mais energia do que o necessário. A eletricidade ficaria tão barata que a cidade teria dificuldade em cobrir as despesas de instalação de todas aquelas placas.

Suntown poderia resolver o problema de superprodução fechando algumas placas durante o verão, mas isso significaria investir em componentes que seriam usados apenas durante parte do ano. Isso aumentaria ainda mais o preço da eletricidade para todas as

residências e empresas locais; em outras palavras, aumentaria o prêmio verde da cidade.

A situação em Suntown não é apenas um exemplo hipotético. Algo semelhante está acontecendo na Alemanha, que, por meio do ambicioso programa Energiewende, estabeleceu a meta de obter 60% de energia renovável até 2050. O país gastou bilhões de dólares na última década para expandir o uso dessas energias e aumentar sua energia solar. capacidade em quase 650 por cento entre 2008 e 2010. No entanto, a Alemanha produziu dez vezes mais energia solar em junho de 2018 do que em dezembro do mesmo ano. [10] Na verdade, há momentos durante o verão em que os parques eólicos e solares alemães geram tanta eletricidade que o país não consegue tirar proveito de tudo isso.

Quando isso acontece, parte da energia excedente é transmitida para as vizinhas Polônia e República Tcheca, cujos líderes reclamaram que isso leva suas redes de eletricidade ao limite e provoca flutuações imprevisíveis no preço da eletricidade. [onze]

Há outro problema causado pela intermitência de solução ainda mais difícil do que os de natureza diária ou sazonal. O que acontece quando um evento extremo força uma cidade a sobreviver por dias sem um watt de energia renovável?

Imagine um futuro em que Tóquio obtenha toda a eletricidade da energia eólica. (Na verdade, o Japão tem muito vento tanto em terra quanto no mar.) Em um mês de agosto, no auge da temporada de ciclones, uma forte tempestade irrompeu. Os ventos são tão intensos que destruirão as turbinas eólicas da cidade se não forem desligados. As autoridades de Tóquio decidem desligar as turbinas e fornecer apenas a eletricidade armazenada nas melhores baterias de grande capacidade que puderem encontrar.

A questão é a seguinte: quantas baterias seriam necessárias para alimentar a cidade por três dias, até que a tempestade passe e eles possam religar as turbinas?

A resposta é mais de 14 milhões. É mais capacidade de armazenamento do que o mundo produz em uma década. Preço de aquisição: \$ 400 bilhões. Em média ao longo da vida útil das baterias, representa um gasto anual de mais de

27 bilhões. (onze) E isso nada mais é do que o custo das baterias, não inclui outras despesas como instalação ou manutenção.

Este caso é totalmente hipotético. Ninguém leva a sério o fato de Tóquio obter toda a eletricidade da energia eólica ou armazená-la inteiramente em baterias atuais. Eu o uso como exemplo para sublinhar um ponto fundamental: embora seja extremamente difícil e caro armazenar energia em grande escala, é uma das coisas que teremos que fazer se quisermos fontes intermitentes para fornecer uma porcentagem significativa de energia limpa nos próximos anos. E nós vamos precisar *muito* mais eletricidade limpa no futuro próximo. A maioria dos especialistas concorda que, à medida que outros processos de geração de emissões, como produção de aço e tráfego de veículos, são eletrificados, o fornecimento de eletricidade mundial terá que dobrar ou até triplicar até 2050. E isso nem mesmo precisa

levar em conta o crescimento populacional e o fato de que a qualidade de vida das pessoas vai melhorar, levando ao aumento do consumo de energia elétrica. Como resultado, o mundo precisará de muito mais do que o triplo da eletricidade que geramos hoje.

Devido à intermitência do sol e do vento, nossa *capacidade* de geração de eletricidade terá que ser aumentada ainda mais. (A capacidade mede a quantidade de eletricidade que, em teoria, somos capazes de produzir quando o sol brilha ou o vento sopra com a intensidade máxima; a geração é a quantidade que efetivamente obtemos, uma vez que fatores como intermitência ou desligamento para manutenção foram considerados . centrais elétricas, entre outros. A geração é sempre inferior à capacidade e, no caso de fontes variáveis, como o sol ou o vento, a diferença pode ser muito grande.) Considerando a eletricidade adicional que iremos consumir e assumindo que Solar e a energia eólica desempenhará um papel fundamental, a descarbonização total da rede elétrica dos Estados Unidos até 2050 exigirá um aumento anual de 75 gigawatts nos próximos trinta anos.

Isso é muito? Na última década, adicionamos uma média de 22 gigawatts por ano. Agora precisamos instalar mais de três vezes mais a cada ano e continuar assim pelas próximas três décadas.

Será um pouco mais fácil à medida que desenvolvermos painéis solares e turbinas eólicas mais baratos e ainda mais eficientes ou, em outras palavras, encontrarmos maneiras de obter mais energia de uma determinada quantidade de sol ou vento. (Os melhores painéis solares de hoje convertem menos de

um quarto da luz solar que os atinge em eletricidade, e o limite teórico para as placas mais comuns disponíveis no mercado é de cerca de 33 por cento.) À medida que essas taxas de conversão aumentam, obteremos mais energia por metros quadrados, o que nos servirá para implementar essas tecnologias em todo o mundo.

No entanto, as placas e turbinas mais eficientes não serão suficientes, pois há uma diferença substancial entre o desenvolvimento da infraestrutura ocorrido nos Estados Unidos no século XX. xx e as medidas que devemos assumir o século XXI. A localização geográfica será mais importante do que

Nunca.

Desde os primeiros dias das redes de energia, as empresas de serviços públicos construíram a maioria das usinas perto de cidades em rápido crescimento, já que ferrovias, gasodutos e oleodutos tornavam relativamente fácil mover os combustíveis fósseis do ponto de extração para a térmica, onde os queimavam para gerar eletricidade . Como resultado, a rede dos EUA depende de ferrovias e oleodutos para transportar combustíveis ao longo

longas distâncias para usinas de energia e linhas de transmissão para conduzir eletricidade em distâncias curtas para as populações que dela precisam.

Este modelo não funciona com energia solar e eólica. Você não pode carregar a luz do sol em um vagão para enviá-la a uma estação central; é necessário convertê-lo em eletricidade *no local*. No entanto, quase toda a energia solar da América é gerada na região sudoeste, e quase toda a sua energia eólica é gerada nas Grandes Planícies, longe de muitas das principais áreas urbanas.

Em suma, a intermitência será o principal impulsionador dos preços da eletricidade neutros em carbono à medida que se tornar mais generalizada. Assim, as cidades que tentam adotar a energia verde continuam a complementar a energia solar e eólica com eletricidade de outras fontes, como as usinas a gás, que podem aumentar ou reduzir a produção dependendo da demanda, e essas termelétricas, conhecidas como *picoers*, eles estão longe de ser neutros em carbono. Quero deixar uma coisa clara: as fontes de energia variável, como a solar e a eólica, podem contribuir muito para reduzir as emissões a zero. De fato, *precisamos que seja assim*. Devemos instalar rapidamente as energias renováveis onde são economicamente viáveis. Essas energias tornaram-se dramaticamente mais baratas na última década: o preço das células fotovoltaicas, entre outras,

caiu um décimo entre 2010 e 2020, e o de um sistema solar completo caiu 11 por cento apenas em 2019. O mérito desta redução em o custo corresponde em grande parte ao aprendizado pela prática, ou seja, ao simples motivo de que quanto mais vezes fabricamos um produto, melhor podemos fabricá-lo. É inegável que precisamos remover as barreiras que nos impedem de aproveitar ao máximo as fontes renováveis. Faz sentido, por exemplo, imaginar a rede elétrica dos Estados Unidos como um único conjunto de linhas interconectadas, mas nada poderia estar mais longe da verdade. Não existe uma rede elétrica única; são muitos, e eles formam um mosaico emaranhado que torna praticamente impossível enviar eletricidade para além da região onde é gerada. O Arizona pode vender seu excedente de energia solar para seus vizinhos, mas não para um estado do outro lado do país.

Seria possível resolver esse problema com uma rede de milhares de quilômetros de linhas de transmissão especiais para conduzir o que é conhecido como "corrente de alta tensão" por longas distâncias. Se trata de

uma tecnologia que já existe; na verdade, já existem linhas desse tipo instaladas nos Estados Unidos (as mais longas vão entre o estado de Washington e a Califórnia). No entanto, os obstáculos políticos para realizar uma renovação em grande escala da rede elétrica são consideráveis.

Imagine quantos proprietários de terras, empresas de serviços públicos e governos municipais e estaduais teriam que concordar em estabelecer linhas que transportem energia solar do sudoeste para clientes na Nova Inglaterra. O simples fato de traçar a rota e negociar os direitos de passagem já representaria uma tarefa titânica; as pessoas tendem a protestar quando alguém deseja instalar uma torre de alta tensão no parque local.

A construção do TransWest Express, um projeto de transmissão projetado para transportar a energia gerada em parques eólicos de Wyoming à Califórnia e ao sudoeste, está programada para entrar em operação em 2021. Em princípio, ele entrará em operação em 2024, cerca de dezessete anos após o início do planejamento.

Mas se tivermos sucesso, será uma conquista transformadora. Estou financiando um projeto que inclui a criação de um modelo de computador de todas as redes elétricas que cobrem os Estados Unidos. Com base nele, vários especialistas estudaram o que exigiria que todos os estados do oeste alcançassem a

meta da Califórnia de ter 60% de energias renováveis até 2030 e que os estados do leste cumprissem a meta de Nova York de 70% de energia limpa no mesmo ano. O que eles descobriram foi que não há maneira humana de fazer isso sem melhorar a rede elétrica. O modelo também demonstrou que o planejamento da transmissão a partir de abordagens regionais e nacionais - em vez de deixar cada estado com seus próprios recursos - permitiria que todos os estados alcançassem as reduções de emissões desejadas com 30% menos energias renováveis do que precisariam em outras circunstâncias. Em outras palavras, economizaremos recursos se construirmos energias renováveis nos melhores locais, desenvolvermos uma rede elétrica nacional unificada e enviarmos elétrons verdes onde são necessários. (12)

Nos próximos anos, à medida que a eletricidade se torna um ingrediente cada vez mais importante em nossa dieta energética, precisaremos de modelos semelhantes para redes elétricas no resto do mundo. Eles nos ajudarão a responder a perguntas como: qual combinação de fontes de energia seria a mais eficiente para cada local? Para onde levar

linhas de transmissão? Que regras são um obstáculo e que incentivos devemos criar? Espero que surja uma infinidade de projetos como este.

Há outra complicação: como as famílias dependem menos de combustíveis fósseis e mais de eletricidade (para alimentar carros elétricos ou aquecimento, por exemplo), teremos que multiplicar a amperagem das instalações domésticas por pelo menos dois, e em muitos casos até mais. Muitas ruas terão que ser valadas e muitos postes de serviço público escalados para instalar cabos mais grossos, transformadores e outros itens. Isso terá um efeito em quase todas as comunidades e o impacto político será sentido em nível local.

A tecnologia pode ajudar a superar algumas das barreiras políticas a essas reformas. As linhas de energia, por exemplo, distraem menos os olhos se forem subterrâneas. Hoje, porém, enterrá-los multiplica o custo por um fator de

cinco a dez. (A desvantagem é o calor: os cabos elétricos ficam quentes quando uma corrente passa por eles. Isso não é um problema quando se trata de linhas aéreas, já que o calor simplesmente se dissipa no ar, mas o subterrâneo simplesmente não tem para onde ir. Se a temperatura ficar muito alta, os cabos derretem.) Existem empresas trabalhando em uma transmissão de nova geração que eliminaria a armadilha de superaquecimento e reduziria significativamente o custo das linhas subterrâneas.

É impossível exagerar a importância de implementar as energias renováveis já existentes e melhorar a transmissão. Se não empreendermos uma renovação radical da rede elétrica e, em vez disso, forcarmos cada região a assumir o controle, a taxa verde pode não ser de 15 a 30 por cento, mas de 100 por cento ou mais. A menos que usemos grandes quantidades de energia nuclear (que abordarei na próxima seção), todos

os caminhos para o zero na América exigirão que construamos tantas instalações de energia eólica e solar quanto nosso espaço permitir. É difícil prever quanto da eletricidade virá eventualmente de fontes renováveis nos Estados Unidos,

E não vamos esquecer que a maioria dos países não tem tanta sorte quanto os Estados Unidos no que diz respeito aos recursos solares e eólicos. O fato de ainda termos esperança de gerar uma alta porcentagem de nossa energia a partir de fontes renováveis não é a norma, mas sim a exceção. Portanto, mesmo se implementarmos tecnologias solar e eólica a todo vapor, o mundo precisará de novas invenções para produzir eletricidade limpa.

Um trabalho intensivo de investigação já está em andamento. Se há uma coisa que adoro no meu trabalho, é que me dá a oportunidade de conhecer e aprender com cientistas e empresários de renome mundial. Ao longo dos anos, por meio de meus investimentos em Breakthrough Energy e em outros lugares, aprendi sobre grandes avanços potenciais que podem nos trazer a revolução de que precisamos para gerar eletricidade com emissão zero. Essas ideias estão em diferentes estágios de desenvolvimento; alguns são relativamente maduros e foram rigorosamente testados, enquanto outros parecem completamente loucos para ser honesto. No entanto, não devemos ter medo de apostar em

ideias bizarras. É a única maneira de garantir que pelo menos algum progresso real ocorra.

## **Gerar eletricidade sem emissões**

**Instalação nuclear.** Aqui está o argumento em defesa da energia nuclear resumido em uma frase: é a única fonte neutra em carbono capaz de fornecer energia sem falhas dia e noite, em todas as estações, em quase todos os cantos do planeta, e isso está demonstrado. para trabalhar em grande escala.

Hoje, nenhuma outra fonte de energia oferece perto do que nuclear (neste caso, estou me referindo à fissão nuclear, ou seja, a divisão do átomo para obter energia. Na próxima seção falarei sobre o processo

reverso, fusão nuclear). Cerca de 20% da eletricidade que os Estados Unidos consomem vêm de usinas nucleares; A França tem a maior parcela de energia nuclear do mundo, 70 por cento. Lembre-se, por comparação, que a energia solar e eólica juntas fornecem cerca de 7% da eletricidade mundial. Da mesma forma, é difícil imaginar um futuro em que descarbonizemos a rede elétrica a um custo acessível, sem depender da energia nuclear.

No

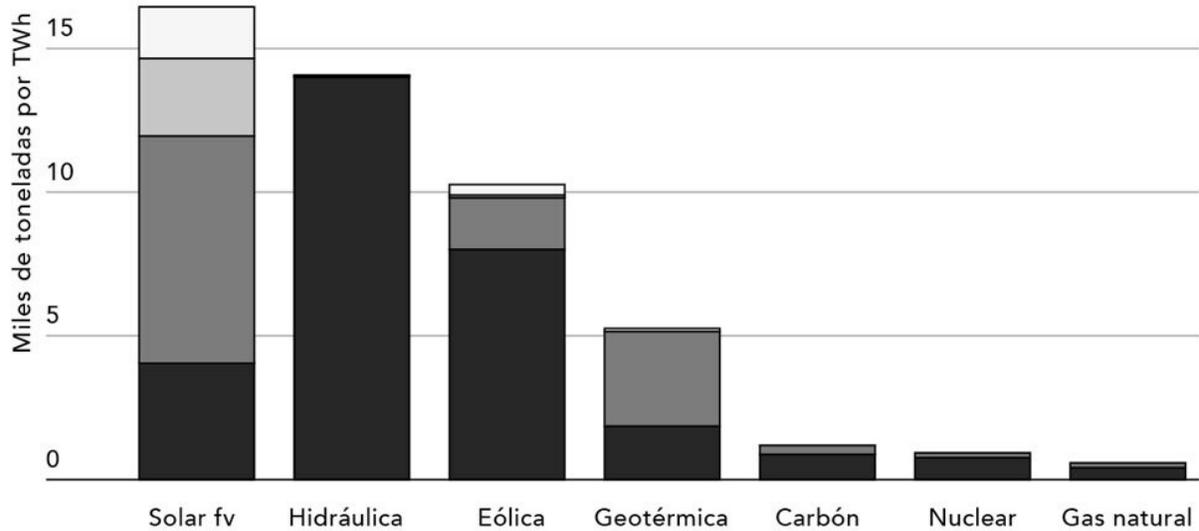
Em 2018, pesquisadores do Instituto de Tecnologia de Massachusetts analisaram cerca de 1.000 maneiras possíveis de atingir emissões zero nos Estados Unidos; o mais barato exigia o uso de uma fonte de energia limpa e sempre disponível, como a nuclear. Sem essa fonte, obter eletricidade neutra em carbono seria muito mais caro.

As usinas nucleares também estão na vanguarda no uso eficiente de materiais como cimento, aço e vidro. Este gráfico mostra quanto material é necessário para gerar uma

# unidade de eletricidade de diferentes fontes.

20

● Hormigón y cemento ● Acero ● Vidrio ○ Otros



**Quanto material é necessário para construir e operar uma usina de energia?**

**Depende do tipo de planta.** A nuclear é a mais eficiente, pois usa muito menos matéria-prima por unidade de eletricidade gerada do que outras fontes. (Departamento de US Energy) [\[12\]](#)

Você notou como é pequena a coluna de energia nuclear? Isso significa que muito mais energia é obtida a cada quilo de matéria-prima utilizado na construção e operação da usina. Este não é um problema menor, considerando a quantidade de gases de efeito estufa que são emitidos na produção desses materiais (para mais detalhes, consulte o próximo capítulo). Além disso, esses números não levam em consideração o fato de que os parques solares e eólicos geralmente requerem uma área de terra maior do que as usinas nucleares e geram energia apenas 25 a 50 por cento do tempo, ao contrário das usinas nucleares, que funcionam 90 por cento do tempo.

Não é segredo que a energia nuclear traz problemas. A construção de usinas é muito cara hoje. Erros humanos causam acidentes. O urânio que os alimenta pode ser enriquecido para fazer armas. Os resíduos são perigosos e difíceis de armazenar.

Os famosos acidentes de Three Mile Island, nos Estados Unidos, Chernobyl, na ex-URSS, e Fukushima, no Japão, colocam todos esses riscos em evidência.

As

causas desses desastres foram problemas reais, mas em vez de começar a trabalhar para consertá-los, simplesmente paramos de tentar avançar nesse campo. Imagine que um dia todos se reunissem e dissessem: “Bem, acontece que carros matam pessoas. Eles são perigosos. O melhor é parar de dirigir e desistir dos carros. Seria absurdo, claro. Na verdade, fizemos exatamente o oposto: usamos inovações para tornar os veículos menos perigosos. Para evitar que as pessoas voem para fora do para-brisa, inventamos os cintos de segurança e os airbags. Para proteger os ocupantes em caso de acidente, desenvolvemos materiais mais seguros e melhores designs. Para proteger os pedestres

nos estacionamentos, iniciamos a instalação de câmeras de reversão.

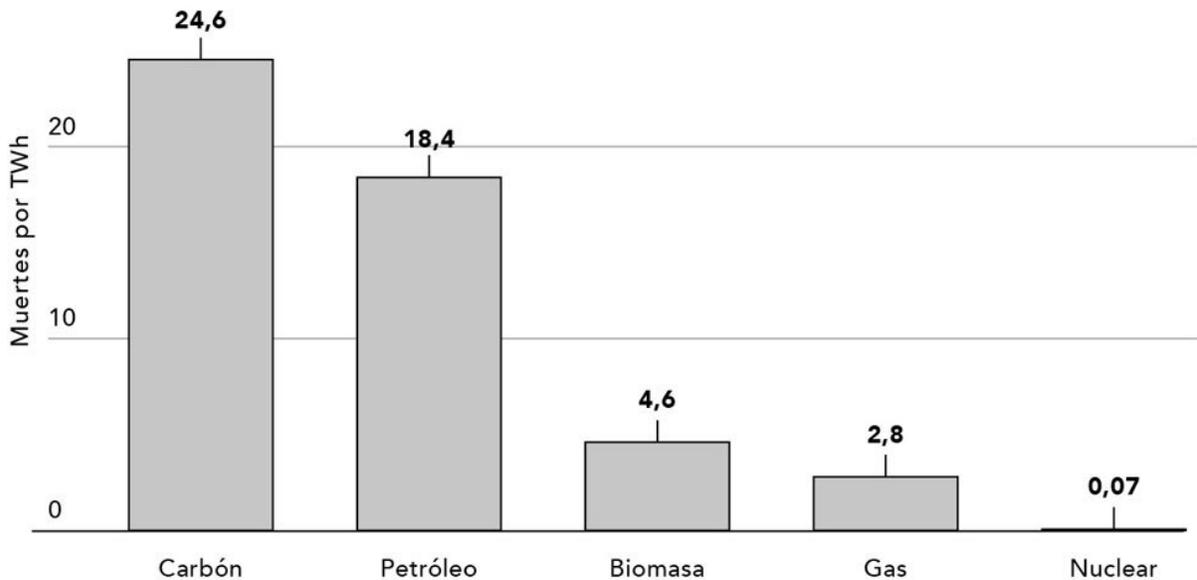
A energia nuclear mata muito menos pessoas do que carros. Na verdade, ele mata muito menos pessoas do que qualquer combustível fóssil.

Mesmo assim, devemos melhorá-lo, assim como fizemos com os carros, analisando os problemas um a um e considerando o propósito de resolvê-los por meio da inovação.

Cientistas e engenheiros propuseram várias soluções. Estou muito otimista com o projeto TerraPower, empresa que fundei em

2008 para reunir algumas das mentes mais brilhantes no campo da física nuclear e modelagem de computador com o objetivo de projetar um reator nuclear de última geração.

30



**A energia nuclear é perigosa? Não se contarmos o número de mortes por unidade de eletricidade, como mostra este gráfico.** Esses números abrangem todo o processo de geração de energia, desde a extração do combustível até a sua conversão em eletricidade, bem como os problemas ambientais que causam, como contaminação atmosférica. (Nosso mundo em dados.) [13]

Como eles não nos permitiriam construir reatores experimentais no mundo real, montamos um laboratório de supercomputador em Bellevue, Washington, onde a equipe executa simulações digitais de diferentes projetos de reatores. Acreditamos ter criado um modelo que resolve todos os problemas-chave por meio de um protótipo teórico denominado 'reator de ondas viajantes'.

O reator TerraPower pode funcionar com diferentes tipos de combustível, incluindo resíduos de outras instalações nucleares. Produziria muito menos resíduos do que as plantas atuais, seria totalmente automatizado - eliminando a possibilidade de erro humano - e poderia ser construído no subsolo, protegendo-o de ataques. Finalmente, o projeto seria intrinsecamente seguro, controlando a reação nuclear por meio de funções engenhosas; Por exemplo, ele

O combustível radioativo seria contido em um revestimento que se expandiria se fosse muito aquecido, desacelerando a reação nuclear e evitando o superaquecimento. As leis da física evitariam literalmente acidentes.

Estamos a anos de lançar a primeira pedra para uma nova planta. No momento, o projeto TerraPower existe apenas em nossos supercomputadores; estamos colaborando com o governo dos Estados Unidos na construção do primeiro protótipo.

**Fusão nuclear.** Há uma abordagem totalmente diferente para a energia nuclear que é bastante promissora, mas ainda levaria pelo menos uma década para fornecer eletricidade aos consumidores. Ao contrário da fissão, não consiste em obter energia quebrando átomos, mas em forçá-los a se unirem, isto é, fundi-los.

A fusão é baseada no mesmo processo básico que faz o sol brilhar. Ele começa com um gás - a maioria das pesquisas se concentra em alguns tipos de hidrogênio - e sobe a uma temperatura extrema, acima de cinquenta milhões de graus, enquanto em um estado de carga elétrica conhecido como "plasma". Quando o gás está tão quente, as partículas se movem tão rápido que colidem umas com as outras e se fundem, assim como os átomos de hidrogênio do sol. Quando se unem, as

partículas de hidrogênio se transformam em hélio e liberam uma grande quantidade de energia, que pode ser usada para gerar eletricidade. (Os cientistas desenvolveram vários métodos de conter plasma, o mais comum dos quais se baseia no uso de ímãs poderosos ou lasers.)

Embora ainda em fase experimental, a fusão promete muito. Como se alimentaria de elementos disponíveis em grandes quantidades, como o hidrogênio, o combustível seria barato e abundante. O principal tipo de hidrogênio usado na fusão pode ser extraído da água do mar e é o suficiente para atender às necessidades mundiais de energia por muitas centenas de anos. Os produtos residuais da fusão seriam radioativos por centenas de anos, não centenas de milhares de anos como os restos de plutônio e outros elementos da fissão. Além disso, seu grau de perigo seria muito menor, mais ou menos semelhante ao dos resíduos radioativos de hospitais. Não há reações em cadeia que podem ficar fora de controle,

Na prática, entretanto, é muito difícil realizar a fusão. Cientistas nucleares contam uma velha piada: "A fusão está a quarenta anos de distância, e sempre será." (Eu reconheço que usei a palavra "piada" em um sentido muito amplo.) Um dos grandes obstáculos é que é necessária tanta energia para iniciar a reação de fusão que muitas vezes é gasta no processo mais do que o necessário. você obtém. Por outro lado, como era de se esperar, dadas as temperaturas exigidas, construir um reator é um enorme desafio de engenharia. Nenhuma das que já existem foi projetada com a finalidade de gerar eletricidade para consumidores; Eles são usados apenas para fins de pesquisa.

O maior projeto atualmente em construção, uma colaboração entre a União Europeia e seis outros países, é uma instalação experimental localizada no sul da França e conhecida como ITER. As obras começaram em 2010 e ainda estão em andamento. Espera-se que o ITER gere plasma pela primeira vez em meados da década de 2020 e produza excesso de energia - dez vezes mais do que o necessário para

funcionar - no final da década de 1930. Esse momento representará para a fusão o que é o primeiro vôo dos Wrights para a aviação, um passo gigantesco que abrirá caminho para a construção de um centro comercial piloto.

Por outro lado, estão sendo desenvolvidas inovações que podem tornar a fusão mais viável. Por exemplo, conheço empresas que estão usando supercondutores de alta temperatura para gerar campos magnéticos muito mais fortes para conter plasma. Se esse sistema funcionar, nos permitirá construir reatores muito menores e, portanto, mais baratos e rápidos.

Mas a questão principal não é que nenhuma empresa tenha a ideia revolucionária de que a fissão ou fusão nuclear precisa. O essencial é que o mundo mais uma vez leve a sério a necessidade de avanços na energia nuclear. Ele promete muito para deixar passar.

**Vento do mar.** A instalação de turbinas eólicas no mar ou em outro corpo de água oferece várias vantagens. Muitas grandes cidades estão localizadas próximo ao litoral, permitindo que a eletricidade seja gerada mais perto de onde será consumida, reduzindo assim os problemas de transmissão. Os ventos marítimos são geralmente mais constantes, então o inconveniente da intermitência é reduzido.

Apesar dessas vantagens, a energia eólica offshore hoje representa apenas uma pequena porção da capacidade mundial de geração de eletricidade; 0,4 por cento em 2019. A maioria dessas turbinas está na Europa, mais especificamente no Mar do Norte; Os Estados Unidos têm apenas 30 megawatts instalados, e todos em um parque eólico perto da costa de Rhode Island. Não vamos esquecer que os Estados Unidos consomem cerca de 1.000 gigawatts, o que significa que o vento offshore fornece cerca de 1 / 32.000 da eletricidade do país.

Este setor só pode ir mais longe. Algumas empresas estão descobrindo maneiras de fazer turbinas maiores, cada uma gerando mais energia, e superando alguns dos desafios de engenharia de colocar objetos de metal volumosos no mar. À medida que essas inovações reduzem os preços, os países instalam mais turbinas; o uso de energia eólica offshore cresceu a

uma taxa média anual de 25% nos últimos três anos. Hoje, o Reino Unido é o maior usuário mundial dessa energia, graças aos subsídios do governo que habilmente encorajaram as empresas a investir nela. A China está investindo pesadamente em energia eólica offshore e provavelmente se tornará o maior consumidor dessa energia antes 2030.

Os Estados Unidos possuem muitas áreas favoráveis ao aproveitamento do vento marinho, principalmente na Nova Inglaterra, norte da Califórnia e Oregon, na costa do Golfo do México e nos Grandes Lagos; Em teoria, poderíamos gerar até 2.000 gigawatts de energia eólica offshore, mais do que o suficiente para atender às nossas necessidades atuais.

[14] Porém, para aproveitar esse potencial, teremos que simplificar os procedimentos de instalação das turbinas. Hoje, obter uma licença requer embarcar em uma odisséia burocrática: adquirir uma dentre um número limitado de concessões federais,

embarcar em um processo plurianual para produzir um relatório de impacto ambiental e administrar outras licenças estaduais e municipais. E, a cada passo, você pode se deparar com a oposição de proprietários de propriedades à beira-mar, a indústria do turismo, pescadores e grupos ambientalistas.

A energia eólica offshore oferece boas perspectivas: está ficando mais barata e pode desempenhar um papel fundamental na descarbonização de muitos países.

**Geotérmico.** No subsolo profundo - de cem metros a mais de um quilômetro - existem rochas quentes que podem ser usadas para gerar energia neutra em carbono. Água de alta pressão pode ser bombeada para lá para absorver o calor e então sair por outro orifício, girando uma turbina ou produzindo eletricidade de alguma outra forma.

Mas explorar o calor subterrâneo tem suas desvantagens. Sua densidade de energia - a quantidade de energia obtida por metro quadrado - é bastante baixa. Em seu livro extraordinário de 2009 *Energia sustentável sem gases nocivos*, David MacKay calculou que a geotérmica poderia atender a menos de 2 por cento das necessidades de energia do Reino Unido e, para atingir essa proporção, seria necessário explorar até o último metro quadrado do país e perfurar de graça. [quinze]

Além disso, os poços precisam ser cavados para chegar aos reservatórios geotérmicos, e não é fácil saber com antecedência se ou por quanto tempo um determinado buraco produzirá o calor de que precisamos. Cerca de 40 por cento de todos os poços perfurados estão inservíveis. Por outro lado, a energia geotérmica está disponível apenas em algumas partes do mundo; os melhores

depósitos são geralmente encontrados em áreas com atividade vulcânica acima da média.

Embora, devido a esses problemas, a geotérmica contribua apenas modestamente para atender à demanda mundial de energia, vale a pena tentar resolvê-los um a um, como fizemos com os automóveis. Existem empresas trabalhando em várias inovações que irão somar aos avanços técnicos que tornaram a perfuração de petróleo e gás muito mais produtiva nos últimos anos. Por exemplo, alguns estão desenvolvendo sensores avançados que podem facilitar a localização de reservatórios geotérmicos produtivos. Outros usam brocas horizontais para explorar essas fontes geotérmicas com mais segurança e eficiência. É um ótimo exemplo de como uma tecnologia criada originalmente para a indústria de combustíveis fósseis pode nos ajudar a atingir emissões zero.

## **O armazenamento de eletricidade**

**Baterias** Passei muito mais tempo me educando sobre esse assunto do que jamais imaginei (também perdi mais dinheiro com a inicialização de baterias do que jamais imaginei). Para minha surpresa, apesar de todas as suas limitações, as baterias de íon de lítio - aquelas usadas em laptops e telefones celulares - são difíceis de atualizar. Os inventores estudaram todos os metais que poderiam ser usados para fazer baterias, e parece improvável que existam materiais que permitam a fabricação de baterias muito superiores às atuais. Acho que é possível multiplicar o desempenho por três, mas não por cinquenta.

Mesmo assim, um bom inventor nunca desanima. Conheci engenheiros brilhantes trabalhando em baterias baratas que poderiam fornecer energia suficiente para uma cidade - o que chamamos de "baterias em escala de rede", para distingui-las das menores que alimentam telefones ou

computadores - e armazená-las pelo tempo.

Tempo necessário para superar a intermitência sazonal. Um inventor que admiro está trabalhando em uma bateria que contém metais líquidos em vez dos sólidos usados em baterias tradicionais. A ideia é que o metal líquido possibilite armazenar e fornecer muito mais energia com muita rapidez, exatamente o que é necessário para abastecer uma cidade inteira. Essa tecnologia já foi testada em laboratório,

Outros estão tentando refinar as chamadas "baterias de fluxo", que consistem em líquidos contidos em reservatórios separados que geram eletricidade quando bombeados juntos. Quanto maiores os tanques, mais energia pode ser armazenada e, quanto maior a bateria, mais econômica ela é.

**Hidrelétrica reversível.** É um método de conservação de quantidades de energia em escala urbana e funciona da seguinte maneira: nos momentos em que a eletricidade é barata

(por exemplo, quando um vento forte e constante gira as turbinas a toda velocidade), ela é bombeada morro acima para um reservatório; assim, quando a demanda de energia

aumenta, a água pode fluir de volta pela encosta e é usada para acionar uma turbina e gerar mais eletricidade.

A hidroeletricidade reversível é o maior sistema de armazenamento elétrico em escala de rede do mundo. Infelizmente, isso não quer dizer muito. As dez maiores instalações dos Estados Unidos armazenam energia equivalente a menos do que é consumida no país em uma hora. Você já deve ter adivinhado por que esse método não deu certo: bombear água morro acima requer um reservatório muito grande e, claro, um declive. Sem um ou outro, não há nada a fazer.

Diversas empresas buscam alternativas. Estuda-se a possibilidade de transportar outra coisa que não água morro acima: seixos, por exemplo. Outro trabalha em um processo que eliminaria a necessidade de declive, mas não de água: é bombeado para o subsolo, onde fica armazenado sob pressão, até ser liberado para girar uma turbina. Seria maravilhoso se esse sistema funcionasse, pois haveria muito poucas instalações não subterrâneas com que se preocupar.

**Armazenamento térmico.** Baseia-se no princípio de que, quando a eletricidade é mais barata, ela pode ser usada para aquecer algum material. Então, quando mais eletricidade é necessária, esse calor é usado para gerá-la por meio de uma máquina de calor. Isso atinge uma eficiência entre 50 e 60 por cento, o que não é nada ruim. Os engenheiros estão familiarizados com muitos materiais que permanecem quentes por muito tempo sem perder muita energia; A abordagem mais promissora e que chama a atenção de muitos cientistas e empresas é armazenar calor no sal fundido.

Na TerraPower, estamos tentando descobrir como usar sal fundido para que (se conseguirmos construir uma usina) não tenhamos que competir com a eletricidade de fontes solares durante o dia. A ideia é acumular calor durante as horas de sol e convertê-lo em eletricidade à noite, quando não há energia solar barata disponível.

**Hidrogênio barato.** Estou confiante de que faremos grandes avanços no armazenamento. Mas também existe a possibilidade de que surja alguma inovação que torne todas essas ideias obsoletas, da mesma forma que o aparecimento do computador pessoal tornou a máquina de escrever praticamente desnecessária.

O hidrogênio barato teria esse efeito no armazenamento de eletricidade.

A razão é que o hidrogênio é um ingrediente essencial nas células de combustível. Estes obtêm energia de uma reação química entre dois gases - geralmente hidrogênio e oxigênio - sem nenhum subproduto além da água. Poderíamos produzir hidrogênio usando eletricidade de um parque eólico ou solar, armazenar o hidrogênio como gás comprimido ou de alguma outra forma e, em seguida, colocá-lo em uma célula de combustível para gerar eletricidade com base na demanda atual. Para todos os efeitos práticos, estaríamos usando eletricidade limpa para criar um combustível neutro em carbono que poderia ser armazenado por anos e convertido de volta em eletricidade quando necessário. Além disso, isso resolveria o problema de localização que mencionei anteriormente;

O problema é o seguinte: agora é caro produzir hidrogênio sem emitir carbono. Não é tão eficiente quanto armazenar eletricidade

diretamente em uma bateria, porque primeiro você tem que usar eletricidade para fazer hidrogênio e depois usar hidrogênio para produzir eletricidade. Com tantos passos, é inevitável perder energia ao longo do caminho. O hidrogênio, por outro lado, é um gás muito leve, então armazená-lo em um recipiente de tamanho razoável é complicado. É mais fácil armazenar um gás se ele for pressurizado (isso permite que uma quantidade maior seja colocada em um recipiente do mesmo volume), mas as moléculas de hidrogênio são tão pequenas que, sob pressão, podem passar pelos metais. É como se o tanque fosse perdendo gás aos poucos durante o enchimento.

Por fim, o processo de obtenção do hidrogênio (denominado "eletrólise") também requer diversos materiais (conhecidos como "eletrolisadores") bastante caros. Na Califórnia, onde já circulam carros com células de combustível, o preço do hidrogênio equivale a pagar US \$ 1,47 por litro de gasolina. Conseqüentemente, os cientistas estão fazendo experiências com materiais mais baratos que podem servir como eletrolisadores.

## Outras inovações

**Captura de carbono.** Uma possibilidade seria continuar produzindo eletricidade como antes, com gás natural e carvão, mas absorvendo o dióxido de carbono antes de chegar à atmosfera. Isso é chamado de 'captura e armazenamento de carbono' e requer a instalação de dispositivos especiais em usinas de combustível fóssil para capturar as emissões. Estes 'capturam *no local* » Eles existem há décadas, mas são caros para comprar e operar, geralmente capturando apenas 90% dos gases de efeito estufa correspondentes, e as empresas de energia não lucram com sua instalação.

Portanto, muito poucos estão operacionais. Políticas inteligentes podem incentivar o sequestro de carbono, um tópico ao qual retornaremos nos Capítulos 10 e 11.

Anteriormente, mencionei uma tecnologia relacionada, a captura direta de ar. Como o próprio nome sugere, consiste em absorver carbono diretamente do ar. DAC é mais flexível do que captura *no local* porque pode ser feito

em qualquer lugar. Além disso, com toda probabilidade, será essencial atingir a meta de zero; De acordo com um estudo da Academia Nacional de Ciências dos Estados Unidos, teremos que remover cerca de 10 bilhões de toneladas de dióxido de carbono por ano antes de 2050 e cerca de 20 bilhões de toneladas antes do final do século. [16]

No entanto, o DAC apresenta um desafio técnico maior do que capturar *no local*, devido à baixa concentração de dióxido de carbono no ar. Quando as emissões vêm de uma usina a carvão, elas saem muito concentradas, com um teor de dióxido de carbono da ordem de 10%, mas uma vez que estão na atmosfera, onde atua o DAC, ficam completamente dispersas. Se escolhermos aleatoriamente uma molécula do ar, a probabilidade de que seja dióxido de carbono seria de apenas uma em dois mil e quinhentos.

Existem empresas que estão pesquisando novos materiais que absorvam melhor o dióxido de carbono, o que vai contribuir para a captura *no local* como DAC são mais baratos e eficientes. Por outro lado, os sistemas DAC atuais requerem muita energia para capturar os gases de efeito estufa, acumulá-los e armazená-los com segurança. É impossível fazer todas essas tarefas sem gastar alguma energia; as leis da física estabelecem um

quantidade mínima para isso. No entanto, a tecnologia mais recente usa muito mais, o que significa que ainda há muito espaço para melhorias.

**Consoma menos.** Eu costumava zombar da ideia de que o uso mais eficiente da energia poderia ter algum efeito apreciável nas mudanças climáticas. Meu raciocínio era que, se tivéssemos recursos limitados para reduzir as emissões (e temos), teríamos um impacto maior ao nos aproximarmos das emissões zero do que ao investir pesadamente na tentativa de diminuir a demanda de energia.

Embora eu não tenha abandonado completamente esse ponto de vista, suavizei-o quando entendi quantos quilômetros quadrados de terra serão necessários para gerar eletricidade a partir do sol e do vento. Um parque solar requer uma área entre cinco e cinquenta vezes maior que uma usina de carvão para gerar a mesma quantidade de eletricidade, e um parque eólico requer dez vezes mais terra do que um solar. Devemos fazer todo o possível para aumentar as chances de alcançar energia 100% limpa, e isso será mais fácil para nós se reduzirmos a demanda de eletricidade sempre que pudermos. Qualquer medida que nos ajude a limitar a magnitude de nosso objetivo é útil.

Existe outro método relacionado, denominado 'mudança de carga' ou

'mudança de demanda', que envolve fazer um uso mais consistente de energia ao longo do dia. Se aplicado em grande escala, o deslocamento de carga implicaria em uma mudança radical em nossa compreensão da eletricidade na vida cotidiana. No momento, tendemos a gerá-lo quando precisamos; por exemplo, à noite, as usinas elétricas funcionam a todo vapor para iluminar cidades. Na mudança da demanda, ocorre o oposto: usando mais eletricidade em momentos em que é mais barato gerá-la.

Por exemplo, você pode ligar o aquecedor de água às 16h, quando há menos demanda de energia, em vez de às 19h. Ou conecte o veículo elétrico ao chegar em casa do trabalho e programe-o para que ele não comece a carregar antes das 4h, quando a eletricidade é mais barata porque poucas pessoas a estão usando. Em escala industrial, os processos de uso intensivo de energia, como tratamento de águas residuais e fabricação de hidrogênio combustível, podem ser realizados em um momento do dia em que a energia é mais acessível.

Se quisermos que o deslocamento da carga tenha um impacto relevante, teremos de

introduzir algumas modificações nos  
regulamentos

oficial, bem como avanços tecnológicos. As concessionárias terão que atualizar o preço da eletricidade ao longo do dia para se ajustar às mudanças na oferta e na demanda, por exemplo, e tanto os aquecedores de água quanto os carros elétricos precisarão ser inteligentes o suficiente para processar essas informações e agir de acordo. E em casos extremos, quando a eletricidade é escassa, devemos ser capazes de minimizar a demanda, ou seja, racionar a eletricidade, priorizar os serviços básicos (como hospitais) e cancelar atividades não essenciais.

É preciso ter em mente que, embora tenhamos que explorar a fundo todas essas idéias, certamente não é essencial que todas elas prosperem para podermos descarbonizar a rede elétrica. Alguns se sobrepõem. Se houver uma grande descoberta que torna o hidrogênio mais barato, por exemplo, talvez não tenhamos que nos preocupar tanto em criar uma bateria milagrosa.

O que podemos dizer com certeza é que precisamos de um plano concreto para desenvolver novas redes de energia que nos

forneçam eletricidade barata, confiável e neutra em carbono sempre que precisarmos. Se um gênio se oferecesse para me conceder um desejo, um avanço em uma das atividades que contribuem para as mudanças climáticas, eu escolheria a produção de eletricidade: ela terá um papel fundamental na descarbonização de outros setores da economia física. No próximo capítulo, focalizarei o primeiro deles: a fabricação de aço e cimento, entre outras coisas.

## COMO FAZEMOS AS COISAS

*31 por cento de 51 bilhões de toneladas por ano*

**E**ntre Medina, Washington, onde Melinda e eu moramos, e a sede da nossa fundação em Seattle, são 13 quilômetros. Para chegar ao escritório, atravesso o Lago Washington na ponte

flutuante Evergreen Point, um nome oficial pelo qual nenhum dos residentes da área o conhece; para eles é "a ponte 520", em homenagem à rodovia estadual da qual faz parte. Com mais de

2.300 metros de comprimento, é a ponte flutuante mais longa do mundo.

De vez em quando, ao cruzar a ponte 520, aproveito para me maravilhar com o canteiro de

obras, não porque seja a ponte flutuante mais longa do mundo, mas porque é *uma ponte flutuante*. Como é possível que essa estrutura gigantesca, construída com toneladas de asfalto, concreto e aço, com centenas de carros em cima, flutue nas águas de um lago? Por que diabos não afunda?

A resposta é um milagre da engenharia feito de um material incrível: concreto. À primeira vista pode parecer estranho, porque estamos acostumados a pensar no concreto como blocos pesados que não flutuariam por nada

no mundo. Embora seja verdade que o concreto geralmente é feito dessa maneira - forte o suficiente para absorver a radiação nuclear nas paredes do hospital - ele também tem a forma de um oco, como o de setenta e sete pontões estanques cheios de ar que sustentam a ponte 520 Cada um pesa milhares de toneladas, é suficientemente flutuante para permanecer na superfície do lago e é forte o suficiente para suportar o peso da ponte e dos veículos nela. [1] Ou melhor, avançam a passos de lesma durante um dos engarrafamentos que vivemos todos os dias.



Esta é a ponte 520 em Seattle que eu cruzo toda vez que viajo entre minha casa e a sede da Fundação Gates. É uma maravilha da engenharia moderna. [dois]

Você não precisa prestar muita atenção para descobrir outros milagres que o concreto opera ao nosso redor. Por ser resistente à oxidação e ao desgaste, faz parte da maioria dos edifícios modernos. Os entusiastas da energia hidrelétrica deveriam agradecer ao concreto por tornar as represas possíveis. Na próxima vez que você visitar a Estátua da Liberdade, dê uma olhada no pedestal que a sustenta. É composto por 27.000 toneladas de concreto. [3]

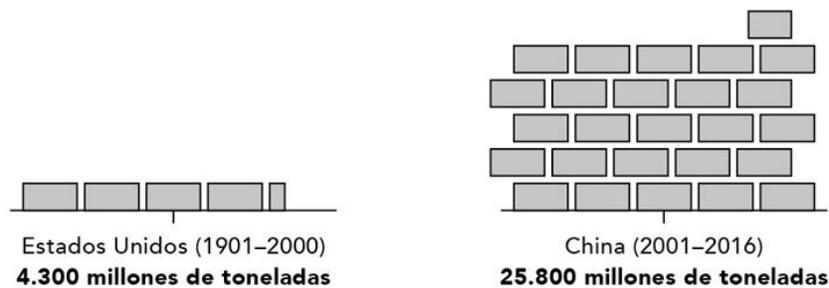
Os benefícios do concreto não passaram despercebidos ao inventor mais destacado dos Estados Unidos. Thomas Edison aspirava construir casas inteiras usando esse material. Ele sonhava em fazer móveis, como jogos de quarto, e até tentou projetar um toca-discos de concreto. [4]

Embora esses projetos Edison nunca tenham se concretizado, a verdade é que usamos um *amontoar* de concreto. A cada ano, entre reconstruir e consertar estradas, pontes e edifícios, e construir

novos, os Estados Unidos produzem mais de 96 milhões de toneladas de cimento, um dos principais componentes do concreto. Isso equivale a cerca de 270 quilos para cada

habitante do país. E que os maiores consumidores desse material não somos nós, mas a China, que instalou mais concreto nos primeiros dezesseis anos do século XXI que os Estados Unidos ao longo do século XXI!

Obviamente, cimento e concreto não são os únicos materiais que usamos. Há também o aço usado em automóveis, navios e trens, geladeiras e fogões, máquinas industriais, latas de alimentos e até computadores. O aço é forte, barato, durável e infinitamente reciclável. Como se não bastasse, ele forma um maravilhoso par com o concreto: se você inserir barras de aço em um bloco de concreto, obterá um material de construção mágico capaz de suportar toneladas de peso que também não se quebra ao torcer. Conseqüentemente, o concreto armado é usado em quase todos os edifícios e pontes.



**A China fabrica muito cimento.** O país já produziu mais cimento no século XXI do que os Estados Unidos em todo o XX (US Geological Survey.) [5]

Os americanos consomem tanto aço quanto cimento, o que dá mais 270 quilos por pessoa ao ano, sem contar o aço reciclado para reaproveitamento.

Os plásticos também são materiais incríveis. Eles são encontrados em tantos produtos, de roupas e brinquedos a móveis, veículos e

telefones celulares, que é impossível listar todos eles. Hoje eles têm uma má reputação, o que se justifica em parte. Por outro lado, eles são muito úteis. Enquanto escrevo este capítulo, sentado à minha mesa, vejo objetos de plástico por toda parte: o computador, o teclado, a tela, o mouse, o grampeador, o telefone e muito mais. Os plásticos são o que torna os carros com baixo consumo de combustível tão leves; Embora dêem ao veículo até a metade de seu volume total, eles representam apenas 10 por cento de seu peso.

[6]

Depois, há o vidro, presente em janelas, potes e garrafas, materiais de isolamento, carros e os cabos de fibra ótica que permitem conexões de alta velocidade à Internet. O alumínio é usado para fazer latas de refrigerante, papel alumínio, cabos elétricos, maçanetas, trens, aviões e latas de cerveja. Os fertilizantes ajudam a alimentar o mundo. Anos atrás eu previ que o fim de

O papel viria à medida que as comunicações eletrônicas se tornassem mainstream e as telas proliferassem, mas não há sinais de que desaparecerá tão cedo.

Em suma, fabricamos materiais que se tornaram tão essenciais para a vida moderna quanto a eletricidade. Não vamos desistir deles. No máximo, vamos usá-los mais à medida que a população mundial crescer e prosperar.

Há muitos dados para apoiar essa afirmação - a produção de aço terá aumentado 50% em meados do século, por exemplo -, mas acho que as duas imagens abaixo serão igualmente atraentes.

Dê uma olhada rápida neles. Eles se parecem com duas cidades diferentes, certo?

Não são. Em ambas as fotos, Xangai aparece tirada do mesmo ângulo. A da esquerda foi tirada em 1987; o da direita, em 2013. Quando vejo todos os novos edifícios na imagem da direita, vejo toneladas de aço, concreto, vidro e plástico.

O mesmo fenômeno está ocorrendo em todo o mundo, embora poucos lugares tenham visto um desenvolvimento tão espetacular como Xangai. Quero enfatizar um motivo que é repetido ao longo deste livro: *esse tipo de progresso é positivo*. Graças ao rápido crescimento visto nessas duas fotos, a vida de muitas pessoas está melhorando de inúmeras maneiras. Eles estão ganhando melhores salários e recebendo uma educação de melhor qualidade e têm menos probabilidade de morrer jovens. Qualquer pessoa que se preocupa com a luta contra a pobreza deve ficar feliz com isso.



Essas fotografias capturam os efeitos do desenvolvimento, para melhor ou para pior. Xangai em 1987 (à esquerda) e 2013 (à direita). [7]

No entanto, há outro motivo que aparece com frequência neste livro: *não há bem que não venha do mal*. A fabricação desses materiais emite muitos gases de efeito estufa. Na verdade, é responsável por cerca de um terço das emissões globais. E em alguns casos, principalmente quando se trata de concreto, não temos os meios práticos para fabricá-los sem produzir carbono.

Portanto, tentaremos encontrar o quadrado do círculo, ou seja, a maneira de continuar produzindo esses materiais sem fazer com que o mundo se torne inabitável devido ao aquecimento. Por uma questão de brevidade, vamos nos concentrar em três dos materiais mais importantes: aço, concreto e plástico. Assim como acontece com a eletricidade, veremos como chegamos aqui e por que esses materiais são problemáticos para o clima. Em seguida, calcularemos os prêmios verdes que a redução de emissões traria com a tecnologia atual e examinaremos maneiras de reduzi-los e tornar todas essas coisas livres de carbono.

A história do aço remonta a cerca de quatro mil anos atrás. Uma longa sucessão de invenções fascinantes ao longo dos séculos nos levou da Idade do Ferro ao aço barato e versátil que temos hoje, mas sei por experiência que as pessoas não estão muito interessadas nas diferenças entre altos-fornos, poça de fornos e conversor Bessemer. Portanto, vou resumir as principais coisas a saber.

Gostamos do aço porque é forte e fácil de moldar quando quente. Para fazer isso, você precisa de ferro e carbono puros. O ferro sozinho não é muito forte, mas basta adicionar a quantidade certa de carbono - menos de 1 por cento, dependendo do tipo de aço que você deseja - para que os átomos deste elemento se aninhem entre os do ferro e forneçam à liga o seu máximo propriedades importantes.

Carbono e ferro não são difíceis de encontrar; o primeiro pode ser obtido do carvão e o segundo é abundante na crosta terrestre. Já o ferro puro é muito raro: quando extraído da terra, quase sempre se combina com o oxigênio e outros elementos, mistura conhecida como "minério de ferro".

Para fazer aço, você tem que separar o ferro do oxigênio e adicionar uma pitada de carbono. Ambos podem ser obtidos derretendo minério de ferro em temperaturas muito altas (da ordem de 1.700 graus) na presença de oxigênio e um tipo de carvão chamado "coque". Quando o minério de ferro é aquecido até esse ponto, ele libera oxigênio e o coque libera carbono. Uma pequena parte do carbono se junta ao ferro para criar o aço que queremos,

enquanto o resto se agarra ao oxigênio, dando origem a um subproduto indesejado: o dióxido de carbono. E não estamos falando de pequenas quantias. Para cada tonelada de aço fabricada, são emitidas cerca de 1,8 toneladas desse gás.

por que estamos fazendo assim? Porque é barato e porque não tínhamos motivação para procurar outro sistema até começarmos a nos preocupar com as mudanças climáticas. A mineração de minério de ferro é bastante simples (e, portanto, barata). O carvão também é barato, porque é abundante no subsolo.

Assim, o mundo continuará seu lento avanço, fabricando cada vez mais aço, apesar de a produção nos Estados Unidos estar praticamente estagnada. Existem vários países que produzem mais aço bruto do que os Estados Unidos - incluindo China, Índia e Japão - e em 2050 a produção mundial atingirá 2.800 milhões de toneladas por ano. Isso significa que, em meados do século, mais 5 bilhões de toneladas de dióxido de carbono serão despejados na atmosfera, vindos apenas da indústria do aço, a menos que encontremos um novo processo sem efeitos nocivos para o clima.

Se isso parece um desafio complicado, o caso do concreto é ainda mais difícil (desculpe, o trocadilho não é intencional). Para fazer isso, o cascalho é misturado com areia, água e cimento. Os primeiros três elementos são relativamente fáceis; o que constitui um problema para o clima é o cimento.

Para fazer cimento, você precisa de cal. Para obter cal, o calcário - composto de cálcio, carbono e oxigênio - deve ser queimado em um forno junto com outros materiais.

Dada a presença de carbono e oxigênio, você pode imaginar como a questão termina. Depois de queimar o calcário, conseguimos o que queríamos

- cal para cimento - e algo que não queríamos: dióxido de carbono. Ninguém conhece um sistema para fazer cimento sem esse processo. É uma reação química - *calcário mais calor* igual a *óxido de cálcio mais dióxido de carbono* -, e não há virar a página. É um relacionamento um para um. Fazer uma tonelada de cimento libera uma tonelada de dióxido de carbono.

E, como com o aço, não há razão para acreditar que iremos

para fazer cimento. A China, de longe o maior produtor, fabrica sete vezes mais cimento do que a Índia, que ocupa o segundo lugar, e mais do que o restante dos países do mundo juntos. [8] Entre agora e 2050, a produção anual mundial desse material crescerá um pouco - já que, embora a febre da construção na China diminua, ela se intensificará nos países em desenvolvimento menores - antes de se fixar em cerca de 4 bilhões de toneladas anuais, próximo ao atual. [9]

Comparados ao cimento e ao aço, os plásticos são os recém-nascidos do grupo. Embora os humanos usassem plásticos naturais, como borracha, há milhares de anos, os sintéticos surgiram na década de 1950 graças ao

certos avanços na engenharia química. Hoje, existem mais de vinte tipos de plástico, variando daqueles que todos nós temos em mente

- como o polipropileno em vasilhame de iogurte, por exemplo - a outros que são usados em produtos mais surpreendentes, como tintas acrílicas, esmaltes e detergentes para a roupa, bem como os microplásticos em sabonete e xampu, o náilon das capas de chuva ou o poliéster de todas aquelas roupas cafonas que usei nos anos setenta.

Todos esses diferentes tipos de plástico têm uma coisa em comum: eles contêm carbono.

Acontece que o carbono é muito útil para criar todos os tipos de materiais, pois se liga facilmente a uma ampla variedade de elementos diferentes; Para compor plásticos, ele tende a se agrupar com hidrogênio e oxigênio.

Se você chegou até aqui, provavelmente não ficará surpreso ao descobrir de onde vem grande parte do carbono usado pelas empresas que fabricam plásticos. Para obtê-lo, o petróleo, o carvão ou o gás natural são refinados e os produtos refinados são processados de várias maneiras. Isso explica em parte a fama de barato que os plásticos conquistaram. Como o cimento e o aço, eles são baratos porque os combustíveis fósseis são baratos.

Mas há um aspecto que faz uma diferença fundamental entre os plásticos, por um lado, e o cimento e o aço, por outro. Quando produzimos este último, liberamos dióxido de carbono como um subproduto inevitável, enquanto ao fazer o plástico, cerca de metade do carbono torna-se parte do novo material. (A porcentagem exata varia muito dependendo do tipo de plástico, mas "cerca da metade" é uma aproximação

razoável.) O carbono adora se ligar ao oxigênio e ao hidrogênio e reluta em se soltar. Os plásticos levam centenas de anos para se degradar.

Isso representa um grande problema para o meio ambiente, uma vez que os resíduos plásticos que são despejados em aterros e nos oceanos permanecerão lá por um século ou mais. E é algo que vale a pena resolver: os pedaços de plástico que flutuam no mar causam todo tipo de problemas, inclusive o envenenamento da vida marinha. No entanto, eles não agravam a mudança climática. Quando se trata apenas de emissões, o carbono nos plásticos não é tão ruim. Por levarem muito tempo para se degradar, os átomos de carbono que contêm não se dispersam na atmosfera e, portanto, não contribuem para elevar a temperatura ... pelo menos por muito tempo.

Quero enfatizar que esta breve visão geral cobre apenas três dos materiais mais importantes que fabricamos hoje. Estou deixando de fora fertilizante, vidro, papel e alumínio, entre muitas outras coisas. Os pontos-chave, porém, são os mesmos: produzimos uma enorme quantidade de materiais, o que se traduz na proliferação de gases de efeito estufa, quase um terço dos 51 bilhões de toneladas que são produzidos.

eles contribuem para a atmosfera todos os anos. Temos que reduzir essas emissões a zero, mas simplesmente parar de fabricar produtos não é uma opção. No restante deste capítulo, examinaremos as alternativas, veremos quão altos são os prêmios verdes e, em seguida, veremos como a tecnologia pode reduzi-los para que todos queiram optar por soluções de emissão zero.

Para calcular o prêmio verde para materiais, você precisa entender de onde vêm as emissões quando fazemos as coisas. Distingo três estágios nisso: emitimos gases de efeito estufa (1) quando usamos combustíveis fósseis para gerar a eletricidade de que as fábricas precisam para funcionar; (2) quando os usamos para gerar o calor exigido por diferentes processos industriais, como a fundição de minério de ferro para fazer aço; e (3) durante a produção real desses materiais, como cimento, cuja fabricação inevitavelmente gera dióxido de carbono. Vamos passar por esses estágios um por um e ver como eles contribuem para os prêmios verdes.

Com relação ao primeiro, em relação à eletricidade, abordamos quase todos os principais desafios no Capítulo 4. Uma vez que fatores como armazenamento, transmissão e o fato de que muitas fábricas precisam de energia confiável 24 horas por dia são adicionados à equação. Hoje, o custo da eletricidade limpa está crescendo rapidamente, na maioria dos países muito mais do que nos Estados Unidos ou na Europa.

Depois, há o segundo estágio: como você gera calor sem queimar combustíveis fósseis? Caso não sejam necessárias temperaturas muito elevadas, podem ser utilizadas bombas de calor elétricas, entre outros meios técnicos. Porém, quando se pretende atingir milhares de graus Celsius, a eletricidade não é uma alternativa econômica, pelo menos com a

tecnologia atual. Use energia nuclear ou queime combustíveis fósseis e bloqueie as emissões com dispositivos de captura de carbono. Infelizmente, este sistema não é gratuito. Aumenta os custos dos fabricantes, que impactam o usuário.

Finalmente, temos o terceiro estágio: o que podemos fazer sobre os processos que geram inerentemente as emissões de gases de efeito estufa? Não esqueçamos que a produção de aço e cimento libera dióxido de carbono, não só pela queima de combustíveis fósseis, mas também pelas reações químicas essenciais à sua fabricação.

No momento, a resposta é clara: hoje, além de encerrar essas atividades no setor industrial, nada podemos fazer para acabar com essas emissões. Se estivéssemos dispostos a percorrer todo o caminho para eliminá-los usando a tecnologia que temos hoje, nossas opções seriam tão limitadas quanto no segundo estágio. Teríamos que usar combustíveis fósseis e sequestro de carbono, o que, também nesse caso, aumentaria os custos.

Com os três estágios em mente, vamos dar uma olhada nos diferentes valores de prêmios verdes derivados do uso de captura de carbono para fazer plástico verde, aço e cimento abaixo:

Prêmios verdes para plástico, aço e cimento [10]

Material	Precio medio por tonelada	Carbono emitido por tonelada de material fabricado	Precio final después de la captura de carbono	Rangos de las primas verdes
Etileno (plástico)	1.000 \$	1,3 toneladas	1.087-1.155 \$	9%-15%
Acero	750 \$	1,8 toneladas	871-964 \$	16%-29%
Cemento	125 \$	1 tonelada	219-300 \$	75%-140%

Exceto pelo cimento, esses bônus não parecem grande coisa. E é verdade que, em alguns casos, os consumidores dificilmente perceberiam a alta dos preços. Por exemplo, um carro de \$

**.00** pode conter uma tonelada de aço; que este custo 750 ou 950 dólares não afetará muito o valor total do veículo. Mesmo no caso daquela garrafa de Coca que você comprou de uma máquina de venda automática outro dia, o plástico representa uma pequena fração do custo total.

Em qualquer caso, o preço final de venda ao consumidor não é o único fator relevante. Imagine que você seja um engenheiro que trabalha para o conselho municipal de Seattle e está estudando as ofertas apresentadas para o reparo de uma de nossas muitas pontes. Um afirma cobrar US \$ 125 por tonelada de cimento; e outro, 250 dólares, por ter agregado o custo da captura de carbono. Qual desses você escolheria? Sem incentivos para ir para o cimento neutro em carbono, você escolherá o mais barato.

Da mesma forma, se você dirige uma empresa automobilística, estará disposto a desembolsar 25% a mais em todo o aço que comprar? Certamente que não, principalmente se a concorrência decidir continuar usando a

versão barata. O fato de que o preço total do carro aumentaria apenas ligeiramente não seria de muito conforto para você. Seus ganhos já são muito escassos, então você não ficaria muito feliz se a quantidade de uma de suas principais matérias-primas se tornasse 25% mais cara. Em um setor com margens de lucro tão estreitas, um custo extra dessa magnitude pode significar a diferença entre permanecer à tona ou afundar.

Embora alguns fabricantes de diferentes setores concordem em fazer esse sacrifício e, portanto, tenham o direito de dizer que estão contribuindo na luta contra as mudanças climáticas, a esse preço será impossível promover a mudança.

sistêmica, precisamos atingir a meta zero. Também não podemos contar com os consumidores tornando esses produtos sustentáveis mais baratos com o aumento da demanda. Afinal, não são eles que compram aço, mas as grandes empresas.

Existem diferentes maneiras de reduzir seus prêmios. Uma delas consiste em criar demanda por produtos verdes por meio de medidas oficiais, como a implementação de incentivos ou mesmo a obrigatoriedade de compra de cimento ou aço neutro em carbono. As empresas têm muito mais probabilidade de pagar o custo extra por materiais sustentáveis se a lei exigir, os clientes solicitarem e a concorrência pagar por isso. Nos Capítulos 10 e 11, discutiremos esses incentivos com mais profundidade.

Porém - e isso é essencial - precisamos de inovações no processo de fabricação, formas de fazer as coisas sem emitir carbono. Vejamos algumas possibilidades.

De todos os materiais de que tratei neste capítulo, o cimento é o que apresenta o problema mais difícil de resolver. O mero fato de que o *calcário mais calor* igual a *óxido de cálcio mais dióxido de carbono* é inevitável. No entanto, existem empresas que estão desenvolvendo boas ideias.

Uma das propostas é capturar o dióxido de carbono - talvez durante o processo de fabricação do cimento - e injetá-lo de volta no material de construção antes do uso. A empresa que trabalha neste projeto já tem várias dezenas de clientes, incluindo Microsoft e McDonald's; Até agora, só conseguiu reduzir as emissões em cerca de 10%, embora espere chegar a 33% um dia. Outra abordagem, mais teórica, é produzir cimento com água do mar e o

dióxido de carbono emitido pelas usinas e captado. Os inventores por trás dessa ideia acreditam que, a longo prazo, ela pode reduzir as emissões em mais de 70%.

No entanto, mesmo que essas iniciativas tenham sucesso, elas não nos fornecerão cimento 100% neutro em carbono. No futuro imediato, teremos que contar com a captura de carbono e a captura direta de ar (se possível) para reter o carbono da fabricação de cimento.

Quanto a quase todos os outros materiais, a primeira coisa de que precisaríamos seria um *eletricidade limpa, confiável e abundante*. A eletricidade já constitui cerca de um quarto de toda a energia usada pelo setor industrial em todo o mundo; Para alimentar todos esses processos, precisamos lançar mão de toda a energia verde que já possuímos e desenvolver avanços que nos permitam gerar e

armazenando economicamente grandes quantidades de eletricidade neutra em carbono.

E em breve ainda mais energia será necessária, quando implementarmos outro sistema para reduzir as emissões: *eletrificação*, ou seja, a técnica de usar eletricidade em vez de combustíveis fósseis em alguns processos industriais. Por exemplo, uma ótima solução para a produção de aço seria substituir o carvão por eletricidade verde. Uma empresa que estou acompanhando com interesse desenvolveu um novo processo chamado "eletrólise de óxido fundido". Em vez de aquecer o ferro em um forno junto com o coque, a corrente é aplicada a uma cápsula contendo uma mistura de óxido de ferro líquido e outros ingredientes. A eletricidade decompõe o óxido de ferro, resultando no ferro puro necessário para fazer o aço e oxigênio puro como subproduto. O dióxido de carbono não é liberado. Embora essa técnica pareça promissora - é semelhante a um processo que vem sendo usado há mais de um século para purificar o alumínio -,

A eletricidade limpa também nos ajudaria a resolver outro problema: a produção de plásticos. Se conseguirmos encaixar todas as peças necessárias, esses materiais podem um dia se tornar um reservatório de carbono, um meio de absorver carbono em vez de emití-lo.

Funcionaria assim: primeiro precisaríamos de energia com emissão zero para alimentar o processo de refino. Podemos conseguir isso com eletricidade limpa ou com hidrogênio produzido com eletricidade limpa. Então, precisaríamos de uma maneira de obter o carbono para os plásticos sem queimar carbono. Uma possibilidade seria extraí-lo do dióxido de

carbono anteriormente capturado do ar, mas seria caro. Outra iniciativa que várias empresas estão trabalhando é a obtenção de carbono de usinas. Finalmente, precisaríamos de uma fonte de calor neutra em carbono, que certamente também seria baseada em eletricidade limpa, hidrogênio ou gás natural em combinação com um dispositivo que retenha o carbono emitido.

Se todas essas peças se encaixassem, seríamos capazes de fazer plásticos com emissões líquidas negativas. Na verdade, teríamos descoberto uma maneira de retirar o carbono da atmosfera (por plantas ou outros métodos) e armazená-lo em uma garrafa ou algum outro produto plástico, onde permaneceria por décadas ou séculos, sem lançar emissões adicionais. Estaríamos economizando mais carbono do que liberamos.

Além de encontrar maneiras de fazer materiais com emissão zero, outra medida seria simplesmente usar menos coisas. Por si só, reciclar mais aço, cimento e plástico não será suficiente para eliminar as emissões de gases de efeito estufa, mas contribuirá para isso. pode

reciclamos mais do que estamos fazendo e devemos explorar novas maneiras de reduzir a quantidade de energia necessária para isso. E uma vez que a reutilização não requer tanta energia quanto a reciclagem, devemos também procurar maneiras de construir e fabricar coisas com materiais reutilizados. Finalmente, também é possível projetar edifícios e estradas com o objetivo de limitar o uso de cimento e aço. Em alguns casos, madeira laminada cruzada

- que é feito com camadas de folhas sobrepostas e coladas - é forte e resistente o suficiente para substituir os dois materiais.

Em resumo, as etapas para chegar a emissões zero na indústria seriam as seguintes:

1 *Eletrifique todos os processos possíveis.* Isso vai exigir um inno

considerável.

dois. *Obtenha essa eletricidade de uma rede descarbonizada.* Para isso também

vai precisar de inovação.

3 *Absorva as emissões restantes capturando carbono.* E até mesmo

também.

Quatro. *Faça um uso mais eficiente dos materiais.* O mesmo.

Você precisa começar a se acostumar com essa mensagem, que reaparecerá com frequência nos capítulos subsequentes. A seguir, abordaremos a questão da agricultura, protagonizada por um dos grandes heróis esquecidos do século. XX, bem como por fazendas cheias de vacas flatulentas.

# COMO CRESCEMOS E AUMENTAMOS

*19 por  
cento de 51 bilhões  
de toneladas por ano*

**N**a minha família, nós amamos cheeseburgers. Quando eu era criança e fiz uma viagem de campo com meu grupo de escoteiros, os meninos sempre quiseram voltar para casa no carro de meu pai porque ele parava no caminho e nos oferecia hambúrgueres. Muitos anos depois, nos primeiros dias da Microsoft, engoli incontáveis almoços, jantares e lanches noturnos no Burgermaster mais próximo, uma das cadeias de hambúrgueres mais antigas da área de Seattle.

Mais tarde, quando a Microsoft já havia conseguido, mas Melinda e eu ainda não tínhamos criado a fundação, meu pai começou a usar o Burgermaster de seu bairro como escritório não oficial. Ele se sentava no restaurante e almoçava enquanto estudava os pedidos de doações que chegavam até nós. Depois de um tempo, a notícia se espalhou, e meu pai começou a receber cartas que eram enviadas para ele lá. “Ao cuidado de Bill Gates Sênior, Dirigido pelo Burgermaster”.

Esse tempo já passou. Já se passaram duas décadas desde que meu pai trocou a mesa do Burgermaster por uma mesa em nossa fundação. E embora eu ainda goste de saborear um bom cheeseburger de vez em quando, como com muito menos frequência do que antes ... desde que tomei consciência do impacto que a carne bovina e outros animais têm nas mudanças climáticas.

A criação de animais para alimentação é uma das principais atividades emissoras de gases de efeito estufa; classifica primeiro

no setor que os especialistas chamam de "agricultura, silvicultura e outros usos do solo", que por sua vez abrange uma enorme variedade de atividades humanas, desde a pecuária e o cultivo da terra até o corte de árvores. Também engloba uma ampla gama de gases de efeito estufa: no caso da agricultura, o principal culpado não é o dióxido de carbono, mas o metano - que causa 28 vezes mais aquecimento por molécula em um século - e o óxido nitroso, que aquece **265 vezes** mais.

No total, as emissões anuais de metano e óxido nitroso são equivalentes a mais de 7 bilhões de toneladas de dióxido de carbono, ou mais de 80% de todos os gases de efeito estufa da agricultura, silvicultura e outros usos. A menos que ajamos para limitar essas emissões, o número continuará a aumentar à medida que produzimos alimentos para uma população mundial cada vez maior e rica. Se quisermos nos aproximar da meta do zero, temos que encontrar uma maneira de cultivar plantas e criar animais de forma que os gases do efeito estufa sejam reduzidos até que desapareçam.

Por outro lado, a agricultura e a pecuária não são os únicos desafios. Devemos também fazer algo sobre o desmatamento e outros usos da terra, que juntos contribuem com 1,6 bilhão de toneladas de dióxido de carbono para a atmosfera, além de destruir habitats naturais essenciais.

[1]

Como convém a um tópico tão amplo, este capítulo inclui um pouco de tudo. Vamos examinar a figura de um de meus ídolos, um agrônomo ganhador do Prêmio Nobel da Paz que salvou um bilhão de pessoas da fome, mas cujo nome dificilmente é conhecido fora do mundo do desenvolvimento. Também estudaremos em detalhes esterco de porco e arrotos de vaca, química da amônia e a hipótese de que o plantio de árvores pode ajudar a prevenir um desastre climático. Agora, antes de entrar no assunto, quero falar sobre o fracasso histórico de uma predição bem conhecida.

Em 1968, Paul Ehrlich, um biólogo americano, publicou um best-seller intitulado *A explosão populacional*, em que ele pintou um futuro sombrio não muito distante da visão distópica de romances como *Os jogos da Fome*.

“A batalha pelo alimento da humanidade está perdida”, escreveu ele.

Nas décadas de 1970 e 1980, centenas de milhões de pessoas morrerão de fome, apesar dos programas de segurança implementados. " [dois] Ehrlich acrescentou que: "É impossível para a Índia alimentar mais 200 milhões de pessoas até 1980."

Nada disso realmente aconteceu. No tempo decorrido desde a publicação de *A explosão populacional*, A população da Índia cresceu em mais de 800 milhões de habitantes - hoje o dobro do que tinha em 1968 - e o país não apenas produz três vezes mais trigo e arroz do que naquela época, mas sua economia se multiplicou por cinquenta. [3] Agricultores em muitos outros países da Ásia e da América do Sul aumentaram sua produtividade em proporções semelhantes.

Como resultado, apesar do crescimento da população mundial, centenas de milhões de pessoas não estão morrendo de fome na Índia ou em qualquer outro lugar. Na verdade, a comida não está ficando mais cara, está se tornando cada vez mais acessível. Nos Estados Unidos, a família média gasta uma porcentagem menor de sua renda com comida do que há trinta anos. [4] tendência que ocorre também em outras partes do mundo.

Não estou dizendo que a desnutrição não seja um problema sério em alguns lugares.

É. Na verdade, melhorar a dieta das pessoas mais desfavorecidas do mundo é uma prioridade fundamental para Melinda e para mim. Mas a previsão de Ehrlich de fome em massa não se concretizou.

Porque? O que Ehrlich e outros alarmistas perderam?

Eles não levaram em consideração o poder da inovação. Eles não tinham gente como Norman Borlaug, o botânico brilhante que desencadeou uma revolução na agricultura que levou a descobertas alimentares na Índia e em outros lugares. Ele desenvolveu variedades de trigo com o maior grão e outras características que lhes permitiram fornecer muito mais alimentos por área cultivada ou, como dizem os agricultores, aumentar a produção por hectare. (Borlaug descobriu que quando o grão foi aumentado, o trigo não suportou seu peso, então ele conseguiu fazer os caules crescerem menos, por isso suas variedades de trigo são conhecidas como semi-anãs.)

Como o trigo semi-anão de Borlaug se espalhou pelo mundo e outros criadores fizeram um trabalho semelhante com milho e arroz, a produtividade triplicou em quase todas as regiões. O número de vítimas

Eles despencaram de fome, e Borlaug agora é creditado por salvar um bilhão de vidas. Ele recebeu o Prêmio Nobel da Paz em 1970, e o impacto de seu trabalho sobreviveu até hoje: virtualmente todo o trigo cultivado no mundo é derivado das plantas que ele desenvolveu. (Uma desvantagem dessas novas variedades é que elas requerem grandes quantidades de fertilizantes para atingir seu potencial de crescimento total e, como veremos em uma seção posterior, essas substâncias têm efeitos colaterais negativos.) Estou fascinado pelo fato de que um dos maiores heróis tinha um título profissional - agrônomo - do qual a maioria de nós nunca tinha ouvido falar. Mas o que Norman Borlaug tem a ver com a mudança climática?

A população global chegará a 10 bilhões de pessoas em 2100, e precisaremos de mais alimentos para alimentar a todos. Como haverá 40% mais pessoas no final do século, seria lógico supor que precisaremos de 40% mais alimentos, mas não é o

caso. Exigiremos uma quantia ainda maior.

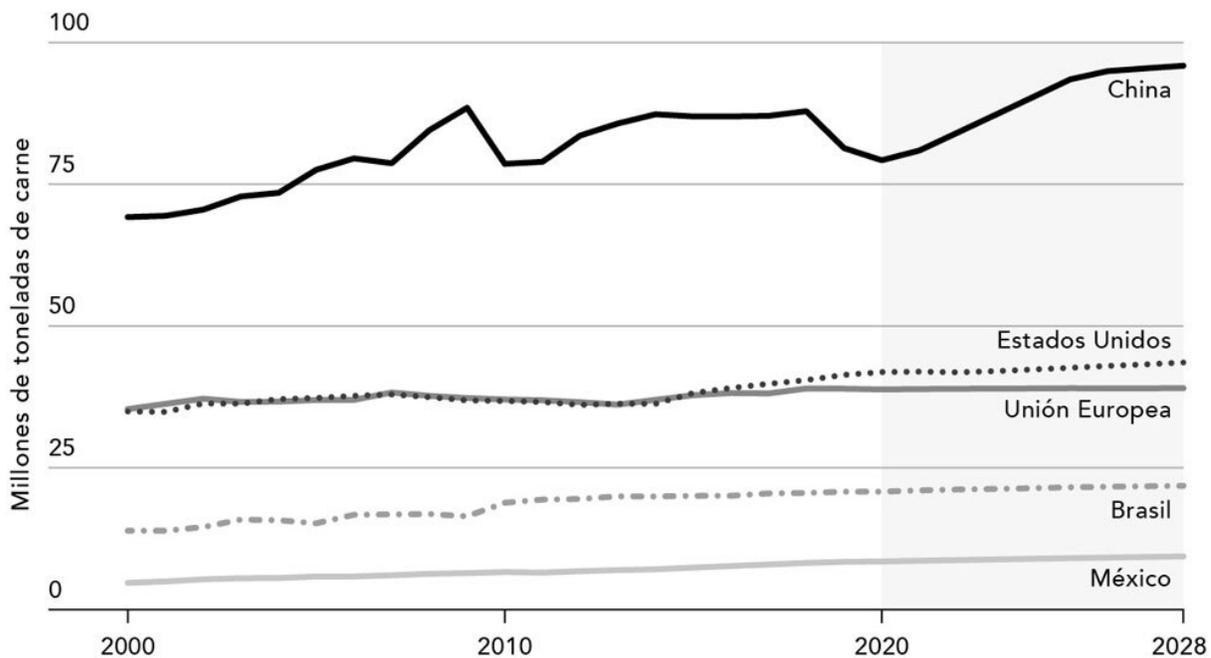
Eis o motivo: à medida que o poder de compra das pessoas aumenta, elas consomem mais calorias, especialmente na forma de carne e laticínios. E para produzir esses alimentos teremos que aumentar as safras. Uma galinha, por exemplo, deve consumir duas calorias de grãos para cada caloria de carne obtida, o que significa que uma galinha ingere o dobro das calorias que fornece quando comemos. Um porco come três vezes mais calorias do que nos dá. No caso das vacas, a proporção é a mais alta: seis calorias de ração para cada caloria de carne. Em outras palavras, quanto mais calorias de fontes de carne consumimos, mais plantas teremos de cultivar para alimentá-los.

O gráfico a seguir mostra a evolução do consumo de carne no mundo; Embora esteja praticamente estagnado nos Estados Unidos, Europa, Brasil e México, está aumentando rapidamente na China e em outros países em desenvolvimento.

Aqui está o dilema: precisaremos produzir muito mais alimentos do que hoje, mas se

continuarmos a usar os mesmos métodos que fazemos agora, será uma catástrofe para o clima. Presumindo que não haja melhoria na quantidade de alimentos obtidos por hectare de pasto ou terra cultivável, aumente a produção o suficiente para sustentar 10 bilhões de pessoas aumentariam as emissões do setor de alimentos em dois terços.

Outro fato preocupante: se dermos um grande impulso à geração de energia das usinas, podemos inadvertidamente desencadear uma competição feroz por terras agrícolas. Conforme descrito no Capítulo 7, biocombustíveis avançados produzidos a partir de plantas como switchgrass são um meio possível sem carbono para alimentar caminhões, navios e aviões. No entanto, se cultivarmos essas plantas em terras que de outra forma seriam usadas para alimentar uma população crescente, podemos inadvertidamente fazer com que os preços dos alimentos aumentem, condenando ainda mais pessoas à pobreza e desnutrição, e acelerar o já perigoso ritmo de desmatamento.



**A maioria dos países não consome mais carne do que antes.** No entanto, China constitui uma exceção importante. (OECD-FAO Agricultural Outlook 2020.) [5]

Para evitar essas armadilhas, teremos que dar passos de gigante nos próximos anos, como fez Borlaug. Antes de examinar em que consistem esses avanços, quero explicar exatamente de onde vêm todas essas emissões e explorar as opções para eliminá-las usando a tecnologia atual. Como no capítulo anterior, vou recorrer a prêmios

verde para mostrar por que eliminar esses gases do efeito estufa hoje seria muito caro, bem como para defender o argumento de que precisamos de novas invenções.

O que nos leva a arrotos de vaca e esterco de porco.

Se você der uma olhada no estômago de uma pessoa, encontrará uma única cavidade onde a digestão dos alimentos começa antes de sua passagem para o trato intestinal. Por outro lado, se você olhar para o estômago de uma vaca, verá quatro compartimentos, que são aqueles que permitem ao animal comer grama e outras plantas indigestas para o homem. Em um processo chamado "fermentação entérica", as bactérias dentro do estômago da carne quebram a celulose da planta, fermentam-na e, como resultado, o metano é produzido. A vaca expele quase todo esse gás pela boca, embora uma pequena parte saia na outra extremidade na forma de vento.

(Aliás, trazer esse assunto à tona pode levar a conversas estranhas. Todos os anos, Melinda e eu publicamos uma carta aberta sobre nosso trabalho, e em 2019 decidi escrever sobre o problema da fermentação entérica em bovinos. Um dia, enquanto estávamos revisando um rascunho, Melinda e eu nos engajamos em um debate saudável sobre quantas vezes eu

deveria usar o termo "peido" no texto. Ela me convenceu a diminuir o número para 1. Como única autora deste livro, tenho mais liberdade de ação e pretendo tirar proveito disso.)

No mundo, existem cerca de um bilhão de cabeças de gado destinadas à produção de carne e laticínios. [6] O metano que eles peidam e arrotam a cada ano tem o mesmo efeito de aquecimento que 2 bilhões de toneladas de dióxido de carbono, respondendo por cerca de 4% das emissões globais.

Os peidos e arrotos de gás natural são um problema que afeta apenas vacas e outros ruminantes, como ovelhas, cabras, veados e camelos. Porém, todos os animais têm algo em comum que também gera emissões: cocô.

Quando o cocô se decompõe, ele libera uma potente mistura de gases de efeito estufa, principalmente óxido nitroso, com um pouco de metano, enxofre e amônia. Cerca de metade das emissões relacionadas aos excrementos vêm de esterco de porco,

e o resto vem da vaca. Os animais fazem tanto cocô que é a segunda maior causa de emissões na agricultura, depois da fermentação entérica.

O que podemos fazer com todos esses peidos, arrotos e cocô? Não é uma questão simples. Os pesquisadores testaram várias idéias para lidar com a fermentação entérica. Eles tentaram reduzir o número de micróbios metanogênicos que vivem na barriga dos animais por meio de vacinas, criar animais que naturalmente produzem menos emissões e adicionar ração ou medicamentos especiais à sua dieta. Embora seus esforços geralmente tenham sido malsucedidos, há uma exceção promissora, um composto chamado 3-nitrooxipropanol, que reduz as emissões de metano em 30%. Por enquanto, porém, deve ser administrado ao gado pelo menos uma vez por dia, o que o torna inviável para a maioria das fazendas de gado. Ainda assim, Há razões para acreditar que podemos reduzir essas emissões sem recorrer a novas tecnologias e sem um prêmio ecológico excessivo. Acontece que a quantidade de metano que uma determinada vaca produz depende muito de onde ela mora; por exemplo, as vacas na América do Sul emitem até cinco vezes mais gases do efeito estufa do que as da América do Norte, e o gado africano emite ainda mais. Uma

carne criada na América do Norte ou na Europa provavelmente será de uma raça melhorada, que converte a ração em leite e carne de forma mais eficiente. Além disso, recebem melhor atendimento veterinário e alimentação de melhor qualidade, o que se traduz em menor produção de metano.

Acontece que a quantidade de metano que uma determinada vaca produz depende muito de onde ela mora; por exemplo, as vacas na América do Sul emitem até cinco vezes mais gases do efeito estufa do que as da América do Norte, e o gado africano emite ainda mais. Uma carne criada na América do Norte ou na Europa provavelmente será de uma raça melhorada, que converte a ração em leite e carne de forma mais eficiente. Além disso, recebem melhor atendimento veterinário e alimentação de melhor qualidade, o que se traduz em menor produção de metano. Acontece que a quantidade de metano que uma determinada vaca produz depende muito de onde ela mora; por exemplo, as vacas na América do Sul emitem até cinco vezes mais gases do efeito estufa do que as da América do Norte, e o gado africano emite ainda mais. É provável que um gado criado na América do Norte ou Europa pertence a uma raça melhorada que converte ração em leite e carne mais eficiente. Além disso, ele recebe melhores cuidados veterinários e alimentação de melhor qualidade, o que se traduz em menor produção de metano.

Se pudermos espalhar raças melhoradas e boas práticas para mais regiões - e, acima de

tudo, se aumentarmos a produtividade das vacas africanas por meio do cruzamento e produzirmos uma ração mais econômica e nutritiva - reduziremos as emissões e ajudaremos a aumentar a renda dos pecuaristas pobres. Isso também se aplica ao tratamento de estrume; fazendeiros em países ricos têm acesso a várias técnicas que lhes permitem eliminá-lo emitindo menos gases de efeito estufa. À medida que esses métodos se tornam mais baratos, mais agricultores de baixa renda poderão usá-los, aumentando nossas chances de reduzir as emissões.

Um defensor ferrenho do veganismo pode propor outra solução: "Em vez de tentar todas essas maneiras de limitar as emissões, devemos parar de criar gado". Eu reconheço a força deste argumento,

mas não me parece realista. Para começar, a carne também desempenha um papel importante na cultura humana. Em muitas partes do mundo, mesmo onde é um bem escasso, seu consumo é parte essencial das festas e comemorações. Na França, o cardápio gastronômico - composto por entrada, carne ou peixe, queijo e sobremesa - está oficialmente listado como patrimônio cultural imaterial da humanidade. De acordo com o site da UNESCO, o cardápio gastronômico “destaca a importância de se sentirem bem juntos, o prazer de degustar iguarias e bebidas e a harmonia entre o ser humano e os produtos da natureza”. [7]

Ainda assim, podemos comer menos carne e ainda desfrutar de seu sabor. Uma opção é a carne à base de vegetais, feita de ingredientes derivados de plantas e processada de várias maneiras para imitar o sabor da carne. Há algum tempo, eu investi em duas empresas que atualmente comercializam produtos à base de carne vegetal - Beyond Meat e Impossible Foods - então não sou imparcial, mas na minha opinião a carne artificial não é ruim de forma alguma. Se preparado corretamente, é um substituto bastante convincente para a carne

moída. Todas as alternativas do mercado são melhores para o meio ambiente, pois sua produção não só usa muito menos terra e água, mas também causa menos emissões. Além disso, exige a produção de menor quantidade de cereais, o que diminui a pressão sobre as lavouras e o uso de fertilizantes.

No entanto, a carne artificial traz altos prêmios verdes. Em média, o substituto da carne moída custa 86% mais do que a carne real. [8] Mas tenho certeza de que, à medida que as vendas dessas alternativas aumentam e a oferta se diversifica, elas acabarão sendo mais baratas do que a carne animal.

A grande incógnita da carne artificial, porém, não está relacionada ao dinheiro, mas ao sabor. Embora a textura de um hambúrguer seja relativamente fácil de imitar com ingredientes vegetais, custa muito mais enganar as pessoas fazendo-as acreditar que estão na verdade comendo um bife ou peito de frango. A carne vegetal será apreciada o suficiente pelos consumidores para escolhê-la em vez da carne animal? O número de pessoas que mudarão seus hábitos alimentares será alto o suficiente para fazer uma diferença significativa?

Estamos vendo sinais de que sim. Admito que estou surpreso com o desempenho de Beyond Meat and Impossible Foods, especialmente considerando as dificuldades que encontraram no início. Assisti a uma demonstração do Impossible Foods, onde o hambúrguer estava tão frito que o alarme de incêndio disparou. A ampla disponibilidade de seus produtos é incrível, pelo menos na área de Seattle e nas cidades que visito. A Beyond Meat teve um sucesso considerável em 2019 com sua oferta pública de venda de ações. Pode demorar uma década, mas estou convencido de que, à medida que os produtos melhoram e caem no preço, as pessoas preocupadas com as mudanças climáticas e o meio ambiente acabarão por mudá-los.

Existe uma outra abordagem semelhante à da carne vegetal, mas não consiste em cultivar plantas e processá-las para que tenham gosto de carne bovina, mas em criar a carne em um laboratório. É frequentemente conhecido por nomes pouco apetitosos como 'carne in vitro', 'carne cultivada' ou 'carne limpa', e mais de uma vintena de start-ups estão lutando para comercializá-lo, embora seus produtos possam não chegar às prateleiras de supermercados até meados da década de 2020.

Lembre-se de que não se trata de carne *falso*. A carne produzida em laboratório contém gordura, músculos e tendões, assim como qualquer bípede ou quadrúpede. No

entanto, em vez de ser criado em uma fazenda, é criado em um laboratório. Depois de remover as células de um animal vivo, os cientistas permitem que se multipliquem e, em seguida, induzam-nas a formar os tecidos que estamos acostumados a comer. Tudo isso pode ser alcançado com pouca ou nenhuma emissão de gases de efeito estufa, exceto a eletricidade necessária aos laboratórios para realizar o processo. A desvantagem dessa iniciativa é que ela é muito cara e não está claro até que ponto os custos podem ser reduzidos.

Por outro lado, os dois tipos de carne artificial enfrentam outra batalha difícil. Pelo menos dezessete legislaturas estaduais dos EUA tentaram impedir que esses produtos fossem rotulados como carne nas lojas. Um estado chegou a propor a proibição de sua venda. Portanto, mesmo que a tecnologia melhore e os produtos se tornem mais baratos, precisaremos nos engajar em um debate público saudável sobre sua regulamentação, embalagem e marketing.

Existe uma última forma de reduzir as emissões do setor alimentar: desperdiçando menos alimentos. Na Europa, as áreas

Nos países industrializados da Ásia e da África Subsaariana, mais de 20% dos alimentos são simplesmente jogados fora, deixados para apodrecer ou de outra forma desperdiçados. Nos Estados Unidos, 40% dos alimentos são jogados fora. Isso é ruim para quem tem pouco o que comer, para a economia e para o clima. A decomposição dos alimentos descartados produz uma quantidade de metano equivalente a 3,3 bilhões de toneladas de dióxido de carbono por ano.

A solução mais importante está na mudança de hábitos, aproveitando melhor o que já temos. Mas a tecnologia também pode nos ajudar. Por exemplo, duas empresas estão trabalhando em um revestimento invisível e vegetal que prolonga a vida de frutas e vegetais; é comestível e não afeta o sabor em nada. Outra empresa desenvolveu uma "cesta inteligente" que usa o reconhecimento de imagem para medir a quantidade de comida desperdiçada em residências ou escritórios. Produza um relatório sobre tudo o que foi jogado fora, juntamente com o custo correspondente e a pegada de carbono. Embora possa parecer um sistema um tanto invasivo, fornecer mais informações às pessoas pode ajudá-las a tomar melhores decisões.

Há alguns anos, entrei em um depósito em Dar es-Salaam, na Tanzânia, e vi algo que me entusiasmou: milhares de toneladas de fertilizantes sintéticos empilhados como montes de neve. O depósito pertencia ao centro de distribuição de fertilizantes Yara, o maior desse tipo na África Oriental. Eu vaguei pelo armazém, conversando com os trabalhadores que enchiam sacos com minúsculas bolinhas brancas contendo nitrogênio, fósforo e outros nutrientes que logo fertilizariam as plantações em uma das regiões mais pobres do mundo.

Este é o tipo de viagem que adoro. Sei que parece um pouco ridículo, mas o fertilizante me parece mágico, e não apenas porque embeleza nossos pátios e jardins. Junto com o trigo semianão de Norman Borlaug e as novas variedades de milho e arroz, os fertilizantes foram um fator chave na revolução agrícola que mudou o mundo nas décadas de 1960 e 1970. Estima-se que, se não pudéssemos produzir fertilizantes sintéticos, a população mundial seria 40 a 50% menor.

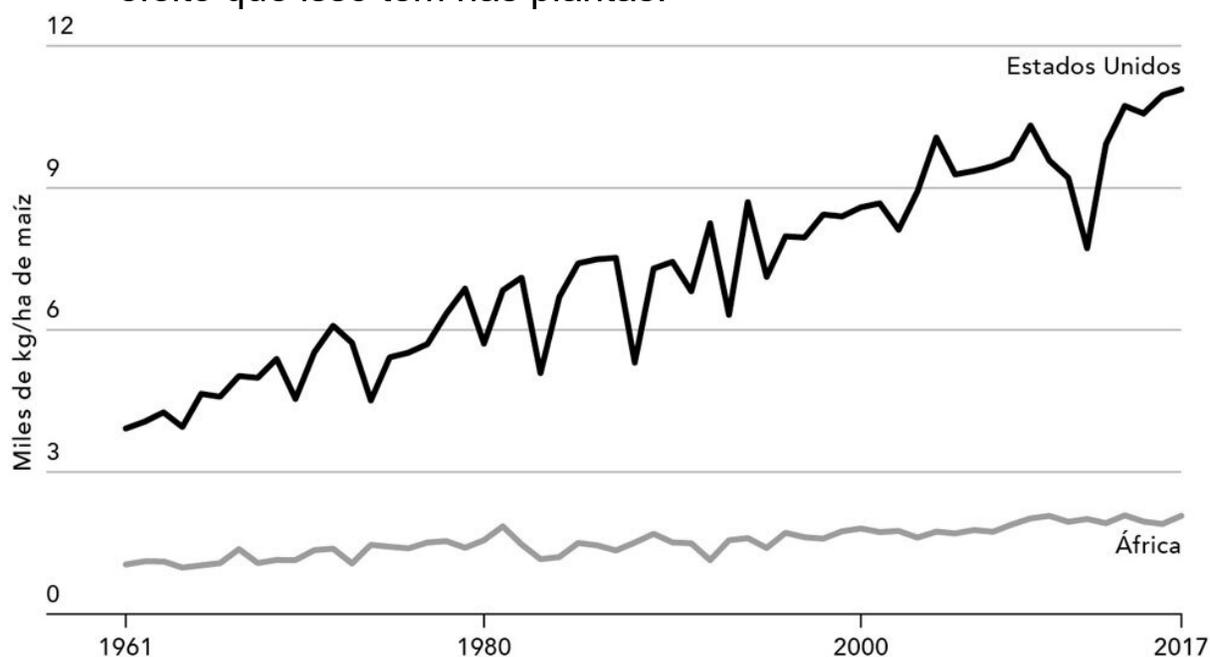
O mundo já usa muito fertilizante e os países em desenvolvimento deveriam usar ainda mais. A revolução agrícola que mencionei - também conhecida como Revolução Verde - dificilmente deixou sua marca na África, onde o agricultor médio não obtém mais do que um quinto da comida por hectare do que o americano. Isso ocorre porque a maioria dos agricultores nos países pobres não tem crédito suficiente para comprar fertilizantes, que são mais caros do que nos países ricos, porque são transportados para as áreas rurais em estradas mal pavimentadas. Ao ajudar os produtores de baixa renda a melhorar suas safras, eles terão mais renda e alimentos, e milhões de pessoas em alguns dos países mais desfavorecidos do mundo terão acesso a mais alimentos e nutrientes de que precisam.



Visitando o centro de distribuição de fertilizantes em Dar es-Salaam, Tanzânia, em 2018. Estou me divertindo ainda melhor do que parece. [9]

Qual é a magia do fertilizante?  
Na medida em que fornece às plantas nutrientes essenciais, como fósforo, potássio e um

elemento especialmente relevante para as mudanças climáticas: nitrogênio. O nitrogênio tem seus prós e contras. Está intimamente relacionado à fotossíntese, o processo pelo qual as plantas transformam a luz do sol em energia, tornando possível toda a vida vegetal e, portanto, todas as nossas fontes de alimento. Para entender por quê, devemos analisar o efeito que isso tem nas plantas.



**Existem grandes desigualdades na agricultura.** Graças ao fertilizante e outras melhorias,

Os agricultores americanos agora obtêm mais milho por unidade de área do que nunca. Em contraste, a produtividade da agricultura africana quase não mudou. Superar essa desigualdade salvará vidas e ajudará as pessoas a saírem da pobreza, mas sem

inovação, também contribuirá para agravar as alterações climáticas. (FAO) [10]

Toneladas de nitrogênio são necessárias para o desempenho das safras, muito mais do que o encontrado em um ambiente natural. Para que as plantas de milho atinjam três metros de altura

e produzam grãos abundantes, é necessário adicionar nitrogênio. Curiosamente, a maioria das plantas não produz seu próprio nitrogênio; Em vez disso, eles o obtêm da amônia no solo, gerada por vários microorganismos. As plantas continuam a crescer enquanto recebem nitrogênio e param de crescer assim que ele se esgota. Conseqüentemente, a adição de nitrogênio aumenta o crescimento.

Por milênios, a humanidade forneceu às safras nitrogênio adicional por meio de fertilizantes naturais, como esterco e esterco.

bastão. O grande avanço veio em 1908, quando dois químicos alemães, Fritz Haber e Carl Bosch, descobriram como sintetizar amônia a partir de nitrogênio e hidrogênio em uma fábrica. O significado dessa descoberta é difícil de exagerar. O que agora é conhecido como processo Haber-Bosch tornou possível o fertilizante sintético, aumentando tanto a produtividade das culturas quanto a diversidade de solos onde eles poderiam ser cultivados. Continua a ser o principal método de produção de amônia hoje. Da mesma forma que Norman Borlaug é um dos grandes heróis desconhecidos da história, Haber-Bosch pode ser a invenção mais importante da qual a maioria das pessoas nunca ouviu falar. (13)

O problema é o seguinte: microorganismos que produzem nitrogênio gastam muita energia no processo. Tanto, na verdade, que evoluíram para realizá-lo apenas quando absolutamente necessário, ou seja, quando não há nitrogênio na terra ao seu redor.

Assim que detectam esse elemento em quantidade suficiente, param de produzi-lo e

usam a energia para outras coisas. Assim, quando adicionamos fertilizantes sintéticos, os organismos naturais do solo percebem o nitrogênio e param de gerá-lo eles próprios.

O fertilizante sintético apresenta outras desvantagens. Para isso, é preciso produzir amônia por meio de um processo que requer calor, obtido pela queima de gás natural, que por sua vez libera gases de efeito estufa. Depois, para transportá-lo das instalações onde é produzido até o depósito onde está guardado (como o que visitei na Tanzânia), e daí para os campos onde é utilizado, é carregado em caminhões que movem a gasolina. Finalmente, uma vez que o fertilizante foi aplicado ao solo, muito do nitrogênio que ele contém não é absorvido pelas plantas. Na verdade, as lavouras em todo o mundo usam menos da metade do nitrogênio adicionado aos campos aráveis. O resto se infiltra pela terra para contaminar o solo ou as águas superficiais,

No total, os fertilizantes foram responsáveis por cerca de 1,3 bilhão de toneladas de emissões de gases de efeito estufa em 2010, e

o número certamente aumentará para 1,7 bilhão em meados do século. Haber-Bosch dá e Haber-Bosch tira.

Infelizmente, no momento não há alternativa prática e neutra em carbono aos fertilizantes. É verdade que poderíamos eliminar as emissões de sua fabricação usando eletricidade limpa em vez de combustíveis fósseis para sintetizar amônia, mas esse processo é caro e aumentaria consideravelmente o preço do fertilizante. Nos Estados Unidos, por exemplo, usar esse método para sintetizar uréia para fertilizantes a partir do nitrogênio aumentaria seu custo em mais de 20%.

Mas essas são apenas as emissões causadas pela *manufatura* do fertilizante. Não conhecemos nenhuma forma de capturar os gases de efeito estufa causados por sua *aplicação*. Não há equivalente de captura de carbono para o óxido nitroso. Isso significa que não posso calcular o prêmio verde total para fertilizantes neutros em carbono, o que em si é um dado útil, pois nos diz que precisamos de inovações significativas nesta área.

Do ponto de vista técnico, é possível aumentar a eficiência com a qual as plantas absorvem nitrogênio se os agricultores tiverem a tecnologia para monitorar de perto os níveis de nitrogênio e aplicar fertilizantes na quantidade certa ao longo de uma estação de cultivo. No entanto, é um processo que requer dinheiro e tempo, enquanto o fertilizante é barato (pelo menos nos países ricos). É mais barato aplicar mais do que o necessário, pois essa é a maneira de garantir que você esteja usando pelo menos o suficiente para maximizar o crescimento da cultura.

Algumas empresas desenvolveram aditivos que, em teoria, ajudam as plantas a assimilar mais nitrogênio, de forma que menos seja atraído para o lençol freático ou evapore para a atmosfera. No entanto, esses aditivos são usados em apenas 2% dos fertilizantes do mundo, porque sua eficácia é desigual e os

fabricantes não investem muito para melhorá-los.

Outros especialistas estão trabalhando em diferentes soluções para o problema do nitrogênio. Alguns pesquisadores, por exemplo, estão usando técnicas genéticas para criar novas variedades de safras capazes de fazer com que as bactérias fixem o nitrogênio de que precisam. Por outro lado, uma empresa desenvolveu micróbios geneticamente modificados que também fixam nitrogênio; na verdade, em vez de adicionar nitrogênio por meio de fertilizantes, as bactérias são adicionadas ao solo que sempre produzem

Nitrogênio, mesmo quando já está presente. Se esses métodos funcionarem, eles reduzirão drasticamente a necessidade de fertilizantes e todas as emissões associadas.

Todos esses fatores que acabamos de estudar - e que incluem na categoria de agricultura - são responsáveis por cerca de 70 por cento das emissões de lavouras, silvicultura e outros usos da terra. Se eu tivesse que resumir os 30% restantes em uma palavra, seria "desmatamento".

De acordo com o Banco Mundial, o planeta perdeu mais de 1,3 milhão de quilômetros quadrados de cobertura florestal desde 1990 [onze] (representando uma área maior do que a África do Sul ou Peru, e uma diminuição de cerca de 3 por cento). Isso tem efeitos negativos imediatos e óbvios - se as árvores queimam, por exemplo, elas liberam rapidamente todo o dióxido de carbono que contêm - mas também outros que são mais difíceis de perceber. Arrancar uma árvore remove o solo, que acaba armazenando muito carbono (na verdade, o solo contém mais carbono do que a atmosfera e toda a vida vegetal combinada). Quando as árvores começam a se desenraizar, o carbono

armazenado é liberado na atmosfera como dióxido de carbono.

Seria mais fácil parar o desmatamento se suas causas fossem as mesmas em todos os lugares, mas infelizmente não são. No Brasil, por exemplo, quase toda a destruição da floresta amazônica nas últimas décadas foi realizada para limpar terras para fins de pastagem. (As florestas brasileiras diminuíram 10% desde 1990.) Como os alimentos são comercializados nos mercados internacionais, o que é consumido em um país pode causar mudanças no uso da terra em outros. À medida que o mundo come mais carne, o desmatamento na América Latina se acelera. Aumentar o número de hambúrgueres em qualquer lugar implica em uma diminuição no número de árvores ali.

Por outro lado, todas essas emissões aumentam rapidamente. De acordo com um estudo do World Resources Institute, se as mudanças no uso do solo forem levadas em consideração, a dieta ao estilo americano é responsável por quase tantas emissões quanto toda a energia usada

para a produção de eletricidade, indústria, transporte e construção no país. [12]

Porém, em outras partes do mundo, o desmatamento não é resultado de uma tentativa de atender à demanda por hambúrgueres e bifés. Na África, por exemplo, a terra é limpa para o cultivo de alimentos e combustível para a crescente população do continente. A Nigéria, com uma das maiores taxas de desmatamento do mundo, perdeu mais de 60% de sua cobertura florestal desde 1990 e é um dos maiores exportadores de carvão vegetal, que se origina de madeira carbonizada.

Na Indonésia, por outro lado, estão derrubando florestas para plantar as palmeiras que fazem o óleo de palma usado em todos os tipos de produtos, desde pipoca de cinema até xampu. É uma das principais razões pelas quais o país ocupa o quarto lugar entre os maiores emissores de gases de efeito estufa.

[13]

Eu gostaria de poder contar a vocês sobre uma invenção revolucionária que salvará as florestas do mundo. Existem várias técnicas que podem ajudar, como o monitoramento por satélite, que facilita a detecção de atividades de desmatamento e incêndios florestais à medida que ocorrem, bem como a avaliação ex post dos danos e sua extensão. Também acompanho o progresso das empresas que estão desenvolvendo alternativas sintéticas ao óleo de palma para que paremos de derrubar tantas florestas para substituí-las por plantações de dendê.

No entanto, a chave do problema não está na tecnologia, mas na política e na economia.

As pessoas não cortam árvores por causa do mal, mas quando têm mais incentivos para cortá-las do que para deixá-las onde estão. Por lo tanto, necesitamos soluciones políticas y económicas, como ofrecer incentivos a los países para que conserven sus bosques, instaurar normas para proteger ciertas zonas y garantizar que las comunidades rurales cuenten con distintas opciones de subsistencia y no se vean obligadas a explotar recursos naturales solo para sobrevivir.

Você já deve ter ouvido falar de uma solução florestal para as mudanças climáticas: plantar árvores para absorver o dióxido de carbono da atmosfera. Embora pareça uma ideia simples à primeira vista - é o sequestro de carbono barato que não requer tecnologia -

e tenha um apelo óbvio para todos nós que amamos árvores, na verdade ela desperta uma nova discussão.

complexo. Embora precise ser mais estudado, no momento parece que seu efeito sobre as mudanças climáticas está sendo muito exagerado. Como sempre acontece com tudo relacionado a este tema, vários fatores devem ser levados em consideração ...

**Quanto dióxido de carbono uma árvore pode absorver durante sua vida?** Isso varia, mas como uma regra prática rápida, podemos calcular que em quarenta anos ele pega quatro toneladas.

**Quanto tempo a árvore sobreviverá?**

Se queimar, todo o dióxido de carbono armazenado será liberado na atmosfera.

**O que teria acontecido se não tivéssemos plantado aquela árvore?** Se uma árvore tivesse crescido naturalmente no mesmo lugar, não teríamos contribuído para a absorção adicional de carbono.

**Onde no mundo iremos plantar a árvore?** Em média, em regiões muito frias, as árvores contribuem mais para o aquecimento do que para o resfriamento, porque são mais escuras do que a neve e o gelo embaixo, e o escuro absorve mais calor do que a luz. Já as árvores das florestas tropicais contribuem mais para o resfriamento, pois liberam muita umidade, que acaba formando nuvens que refletem a luz solar. No caso de árvores nas latitudes médias

- entre os trópicos e os círculos polares - há mais ou menos equilíbrio.

**Outras plantas ocuparam esse espaço?**

Se, por exemplo, uma plantação de soja é removida para substituí-la por uma floresta, o número total de soja disponível é reduzido, tornando-a mais cara e aumentando as chances de alguém cortar árvores em outro lugar para cultivar soja. Isso compensaria, pelo menos em parte, as consequências positivas de ter plantado aquelas árvores.

Se considerarmos todos esses fatores, os números sugerem que precisaríamos de pelo menos vinte hectares de árvores nos trópicos para absorver as emissões produzidas pelo americano médio ao longo de sua vida. Se multiplicarmos esse número pela população dos Estados Unidos, saem mais de 6.400 milhões de hectares, ou seja, 64 milhões

quilômetros quadrados, cerca de metade da área terrestre da massa continental da Terra. Essas árvores teriam que ser conservadas para sempre, e isso apenas para capturar as emissões dos Estados Unidos, já que não incluímos as de outros países no cálculo.

Não quero ser mal interpretado: as árvores têm todos os tipos de vantagens, tanto estéticas quanto ambientais, e devemos plantar mais. Em geral, as árvores só podem crescer nos espaços que ocupavam anteriormente, então essa medida pode ajudar a compensar os danos causados pelo desmatamento. No entanto, não há uma maneira prática de plantá-los de forma a mitigar os problemas causados pela queima de combustíveis fósseis. Do ponto de vista florestal, a estratégia mais eficaz para combater as mudanças climáticas é parar de cortar tantas árvores que já existem.

O resultado de tudo isso é que em breve teremos que produzir 70% mais alimentos e, ao mesmo tempo, reduzir as emissões para eliminá-las completamente. Isso exigirá muitas novas idéias sobre diferentes

maneiras de fertilizar plantas, criar gado e desperdiçar menos comida, e nós, pessoas dos países ricos, teremos que mudar alguns hábitos, como comer menos carne. Até fãs de hambúrguer.

# COMO VAMOS AO REDOR

*16 por  
cento de 51 bilhões  
de toneladas por ano*

**V**amos começar com um pequeno teste com apenas duas perguntas.

1. O que contém mais energia?
  - A. Um litro de gasolina
  - B. Uma banana de dinamite
  - C. Uma granada de mão
2. O que é mais barato nos Estados Unidos?
  - A. Um litro de leite
  - B. Um litro de suco de laranja
  - C. Um litro de gasolina

**A**s respostas corretas são A e C: gasolina. Esta substância contém uma quantidade incrível de energia; seriam necessários cerca de 490 bananas de dinamite para obter tanta energia quanto a contida em um litro de gasolina. A dinamite libera toda a sua energia de uma vez, é claro, enquanto a gasolina queima mais devagar, o que, entre muitas outras coisas, explica por que enchemos o tanque dos carros com gasolina e não com explosivos.

Nos Estados Unidos, a gasolina também é extraordinariamente barata, embora nem sempre sinta vontade na hora de parar no posto. Além do leite e do suco de laranja, existem outras coisas que são mais caras: água mineral Dasani, iogurte, sabão em pó, xarope de bordo, gel para as mãos, *café com leite* da Starbucks, bebida energética Red Bull, azeite e vinho Charles Shaw, famoso por seu preço baixo, vendidos nos supermercados Trader Joe. Em efeito: *o preço por litro de gasolina é mais barato do que o vinho de dois dólares.*

Ao ler o resto do capítulo, tenha em mente estes dois fatos sobre a gasolina: ela é ótima e barata. (14) Eles são um bom lembrete de que, ao avaliar quanta energia recebemos por cada dólar que pagamos, devemos tomar a gasolina como ponto de referência. Além de produtos similares, como o diesel ou o combustível de aviação, não há nada em nosso dia a dia que forneça tanta energia por litro a um custo tão baixo.

Os conceitos paralelos de energia por unidade de combustível e energia por dólar investido se tornarão muito importantes quando buscarmos maneiras de descarbonizar nosso sistema de transporte.

Como você sem dúvida já sabe, quando carros, navios e aviões queimam combustível, eles emitem dióxido de carbono, o que contribui para o aquecimento global. Para atingir a meta de emissão zero, teremos que substituir esses combustíveis por algo que tenha a mesma densidade de energia e seja igualmente econômico.

Pode surpreendê-lo que aborda o assunto de transporte em um capítulo tão avançado do livro e que essa atividade contribui apenas com 16 por cento das emissões globais, o que a coloca na quarta posição depois da indústria, eletricidade e agricultura. Também fiquei surpreso quando descobri, e suspeito que a mesma coisa acontece com a maioria das pessoas. Se abordássemos um estranho aleatório na rua e lhe perguntássemos quais são as atividades que mais contribuem para a mudança climática, ele certamente mencionaria a queima de carvão para gerar eletricidade, veículos motorizados e aviões.

A confusão é compreensível: embora o transporte não seja a principal causa de emissões em todo o mundo, é a principal causa nos Estados Unidos há alguns anos, um pouco à frente da produção de eletricidade. Nós, americanos, dirigimos e voamos muito.

De qualquer forma, se quisermos nos aproximar do zero emissões, teremos que eliminar todos os gases de efeito estufa emitidos pelos meios de transporte, tanto nos Estados Unidos como no resto do mundo.

Será fácil para nós? Em absoluto. Mas também não é impossível.

Por 99,9% da história humana, mudamos sem depender de combustíveis fósseis. Caminhamos, cavalgamos nas costas de animais ou velejamos. Então, no início do século XIX, descobrimos como alimentar locomotivas e navios

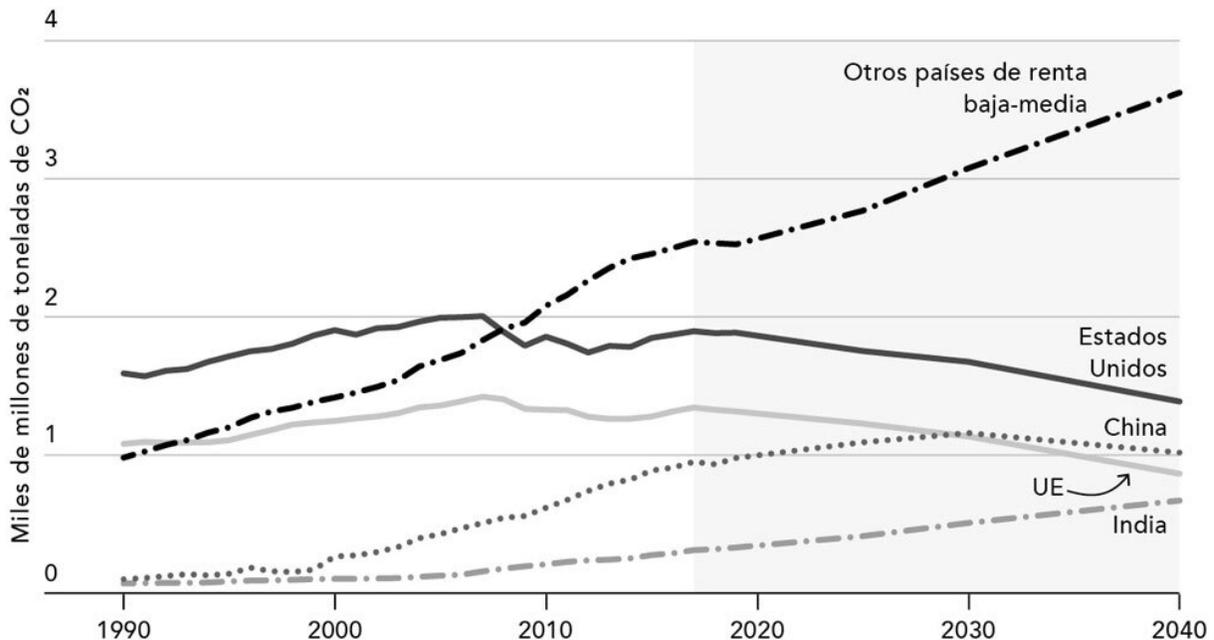
vapor com carvão, e não havia como voltar. Algumas décadas depois, trens cruzaram continentes inteiros e vapores lavraram oceanos com pessoas e mercadorias a bordo. O automóvel a gasolina surgiu no final do século e, na primeira metade do XX, aviação comercial surgiu, que tem passado a ser um elemento essencial para a economia mundial. Embora quase duzentos anos tenham se passado desde que começamos a queimar combustíveis fósseis para transporte, agora somos totalmente dependentes deles. Jamais deixaremos de usá-los sem um substituto igualmente barato e com a mesma autonomia para longas distâncias.

Temos outro desafio: não nos bastará eliminar

8,2 bilhões de toneladas de carbono liberadas pelos meios de transporte hoje; teremos que eliminar mais. De acordo com as previsões da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico, a demanda por transporte continuará crescendo até pelo menos 2050, mesmo levando em consideração o fato de a COVID-19 ter limitado as viagens e o comércio. [1] O aumento das emissões do setor não é atribuível aos automóveis de passageiros, mas à aviação e ao transporte por caminhão e barco. Em volume, o transporte marítimo movimenta nove décimos do comércio internacional e produz quase 3% das emissões globais.

Muitos dos gases de efeito estufa gerados pelo transporte vêm de países ricos, embora a maioria deles tenha atingido seu nível máximo de emissões na última década, que diminuiu ligeiramente desde então. Hoje, quase todo o aumento de carbono relacionado ao transporte ocorre em países em desenvolvimento, cuja

As populações crescem, prosperam e compram mais veículos. Como de costume, a China é o melhor exemplo; suas emissões de transporte dobraram na última década e aumentaram dez vezes desde 1990.



**COVID-19 está desacelerando - embora não parando - a China é uma exceção importante.** Embora as emissões diminuam em muitos lugares, elas crescerão tanto nos países de renda alta e média que o efeito geral será um aumento dos gases de efeito estufa. (IEA Global Energy Outlook 2020; Rhodium

Grupo.) [\[dois\]](#)

Correndo o risco de soar como um disco quebrado, farei uma declaração sobre transporte semelhante ao que fiz sobre eletricidade, indústria e agricultura: *devemos estar contentes que mais e mais pessoas e bens estão circulando.* A capacidade de se deslocar entre as áreas rurais e urbanas é uma forma de liberdade pessoal, muito menos

uma questão de sobrevivência para os agricultores de países pobres que precisam colocar seus produtos no mercado. Os voos internacionais conectam o mundo de maneiras que seriam inimagináveis um século atrás; Ser capaz de encontrar cidadãos de outros países nos ajuda a entender nossos objetivos comuns. Antes de existirem sistemas de transporte modernos, a variedade de alimentos era bastante limitada durante grande parte do ano. Eu pessoalmente adoro uvas e gosto de comê-las o ano todo.

Este fato só é possível graças aos navios porta-contêineres que trazem frutas da América do Sul e que hoje funcionam com combustíveis fósseis. Então, como podemos reter todos os benefícios da viagem e do transporte sem tornar o mundo inabitável por causa do clima? Temos a tecnologia de que precisamos ou o que precisamos são inovações?

Para responder a essas perguntas, você deve calcular os prêmios verdes para transporte.

Começaremos investigando a origem dessas emissões.

O gráfico de pizza abaixo mostra as porcentagens de emissões provenientes de carros, caminhões, aviões, navios e muito mais. Nosso objetivo é zerar o saldo líquido.

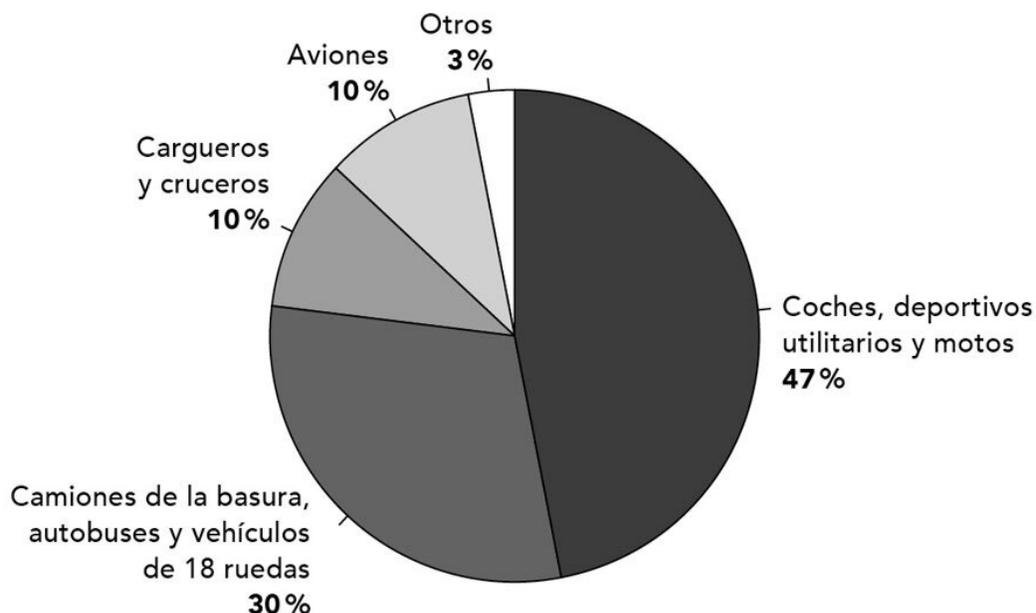
Observe que os veículos particulares (automóveis, utilitários esportivos, motocicletas, etc.) são responsáveis por quase metade das emissões. Veículos médios e pesados - de caminhões de lixo a veículos de dezoito rodas - respondem por outros 30%. Os aviões contribuem com um décimo

de todas as emissões, assim como os navios porta-contêineres e outras embarcações, e os trens contribuem com o restante. (quinze)

Vamos examinar essas categorias uma a uma, começando com a maior parte do gráfico - veículos particulares - e explorar as opções que temos hoje para eliminar as emissões.

**Veículos particulares.** No mundo, há cerca de um bilhão de carros em circulação. [3] Só em 2018, o número de veículos particulares aumentou cerca de 24 milhões, após a subtração dos aposentados. [4]

Visto que a queima de gasolina inevitavelmente gera gases de efeito estufa, precisamos de uma alternativa: ou combustíveis feitos de carbono já presente no ar, em vez de combustíveis fósseis, ou uma fonte de energia totalmente diferente.



**Os carros não são os únicos culpados.** Os veículos particulares são responsáveis por quase metade das emissões devido ao transporte. (Conselho Internacional de Limpeza Transporte.) [5]

Vamos analisar a segunda opção primeiro. Felizmente, temos outra forma de energia que - embora longe de ser perfeita - tem eficácia comprovada. Na verdade, certamente seu revendedor mais próximo vende carros que o usam.

Atualmente você pode comprar carros 100% elétricos de marcas que cobrem mais da metade do alfabeto: Audi, BMW, Chevrolet, Citroën, Fiat, Ford, Honda, Hyundai, Jaguar, Kia, Mercedes-Benz, Nissan, Peugeot, Porsche, Renault, Smart, Tesla e Volkswagen, entre muitos outros nomes, numerosos demais para serem mencionados, incluindo os de fabricantes da China e da Índia. Tenho um veículo elétrico e adoro isso.

Embora esses carros fossem anteriormente muito mais caros do que

as versões a gasolina equivalentes e ainda sejam a opção mais cara, a diferença diminuiu drasticamente nos últimos anos. Isso se deve em grande parte a uma queda vertiginosa no preço das baterias - uma diminuição de 87 por cento desde 2010 - bem como várias deduções fiscais e o compromisso de vários governos de colocar mais veículos com emissão zero nas estradas. Ainda assim, os carros elétricos têm um modesto prêmio verde.

Vejamos, por exemplo, o caso de dois modelos fabricados pela Chevrolet: a gasolina Malibu e o Bolt EV, cem por cento elétrico.

Suas características são mais ou menos comparáveis quando se trata de potência do motor, espaço para passageiros e detalhes como esses. O Bolt vale \$ 14.000 a mais (embora os incentivos fiscais possam torná-lo mais barato), mas não podemos calcular o prêmio verde com base apenas no preço de compra do veículo. O importante não é apenas quanto custa adquiri-lo, mas também quanto custa *Tê-lo*. Vamos pensar, por exemplo, que os elétricos requerem menos manutenção e funcionam com eletricidade em vez de gasolina. Por outro lado, como os elétricos são mais caros, você tem que pagar mais pelo seguro.

Se considerarmos todas essas diferenças e as despesas totais derivadas da propriedade, o Bolt custa cerca de seis centavos a mais por quilômetro rodado do que o Malibu. [6]

**Malibu**  
Desde 22.095 \$



**km/l:** 12 en ciudad / 15 en carretera  
**Capacidad de carga:** 440 litros  
**Caballos de fuerza:** 250

**Bolt EV**  
Desde 36.620 \$



**Autonomía:** 400 km  
**Capacidad de carga:** 1.600 litros  
**Caballos de fuerza:** 200

**Comparação Chevy vs. Chevy.** A gasolina Malibu e o Bolt EV, cem por cento elétricos. (Chevrolet.) [7]

O que esses seis centavos por quilômetro significam? Para alguém que dirige 12.000 milhas por ano, este é um aumento de custo anual de US \$ 1.200, um valor nada desprezível, mas baixo o suficiente para que

muitos compradores em potencial vejam o veículo elétrico como uma alternativa razoável.

E essa é a média nacional nos Estados Unidos. O prêmio verde será diferente em outros países, pois o principal fator está na diferença entre o preço da eletricidade e o da gasolina. (O prêmio verde será menor quanto a eletricidade mais barata ou a gasolina mais cara.) Em algumas partes da Europa, o preço da gasolina é tão alto que o prêmio verde para veículos elétricos já chegou a zero. Minha previsão

é que, mesmo nos Estados Unidos, à medida que o custo das baterias continua caindo, o prêmio para quase todos os carros cairá para zero até 2030.

Esta é uma ótima notícia e, à medida que os carros elétricos se tornam mais acessíveis, pode-se esperar que se tornem populares nas estradas. (Falarei um pouco mais sobre como fazer isso no final deste capítulo.) No entanto, mesmo em 2030, os elétricos continuarão a ter desvantagens em relação aos carros a gasolina.

Uma delas é que o preço da gasolina oscila muito, e os veículos elétricos só são a opção mais barata quando esse preço ultrapassa um determinado valor. A certa altura, em maio de 2020, o preço médio da gasolina nos Estados Unidos havia caído para 46 centavos por litro; Quando a gasolina é tão barata, o veículo elétrico não consegue competir; as baterias são simplesmente muito caras. Dado o custo atual das baterias, os proprietários de carros elétricos não economizam mais do que quando a gasolina vale cerca de 80 centavos por litro ou mais.

Outra desvantagem é que leva pelo menos uma hora para carregar totalmente um veículo elétrico, enquanto o tanque de um carro a gasolina enche em menos de cinco minutos. Além disso, sua utilidade em evitar emissões depende da eletricidade proveniente de fontes neutras em carbono. Esse é outro motivo pelo qual os avanços que mencionamos no Capítulo 4 são tão importantes. Se obtivermos eletricidade do carvão e carregarmos nossos carros elétricos com ela, estaremos simplesmente substituindo um combustível fóssil por outro.

Por outro lado, levará algum tempo para tirar todos os nossos veículos a gasolina da estrada. Em média, um carro circula por mais de treze anos, desde a saída da linha de montagem até sua morada final no ferro-velho. Esse longo ciclo de vida significa que, se quiséssemos que todos os veículos particulares do país funcionassem com eletricidade antes de 2050, nos próximos quinze anos teríamos que fazer quase 100% dos carros vendidos elétricos. Hoje, eles representam 2% das vendas.

Como mencionei antes, outra maneira de chegar a zero é mudar

para combustíveis líquidos  
alternativos que usem o carbono que  
já estava na atmosfera. Ao queimar  
esses combustíveis, não liberamos

carbono adicional para o ar, mas simplesmente devolvemos o mesmo carbono ao meio em que estava antes de ser absorvido.

Quando você lê "combustíveis alternativos", pode pensar em etanol, um biocombustível geralmente feito de milho, cana-de-açúcar ou beterraba. Muitos dos que moram nos Estados Unidos já usam esse biocombustível em seus carros; Quase toda a gasolina vendida no país contém 10% de etanol, produzido quase que inteiramente a partir do milho. No Brasil existem carros movidos a etanol puro derivado da cana-de-açúcar. O resto dos países quase não o usa.

O problema é o seguinte: o etanol de milho não é neutro em carbono e, dependendo do seu processo de fabricação, às vezes nem tem baixo teor de carbono. O cultivo da matéria-prima requer fertilizante. O refino, que transforma as usinas em combustível, também produz emissões. Por outro lado, essas plantações ocupam terras que poderiam ser usadas para a

produção de alimentos, e alguns fazendeiros são forçados a derrubar florestas para abrir espaço para plantações de alimentos.

Independentemente disso, os combustíveis alternativos não são uma causa perdida.

Existem biocombustíveis avançados de segunda geração que não apresentam os mesmos problemas que os biocombustíveis convencionais. Eles podem ser feitos de plantas que não são cultivadas para alimentação - a menos que você seja um fã de salada de grama - ou de resíduos agrícolas (como talos de milho), subprodutos da fabricação de papel ou mesmo restos de comida ou sobras. Como não são culturas comestíveis, requerem pouco fertilizante e não precisam ser plantadas em campos que poderiam ser usados para a produção de alimentos para humanos ou animais.

Alguns biocombustíveis avançados serão o que os especialistas chamam

*de visita*, em outras palavras, podem ser usados diretamente em motores convencionais sem a necessidade de modificá-los. Mais uma vantagem: podem ser transportados com os mesmos petroleiros, dutos e outras infraestruturas já existentes e cuja construção e manutenção custaram milhões de dólares.

Embora eu esteja otimista com os biocombustíveis, é um terreno difícil.

A experiência pessoal me ensinou como é difícil fazer uma descoberta. Anos atrás, soube que uma empresa americana patenteou um processo para converter o

biomassa, como árvores, em combustível. Quando visitei a fábrica, fiquei impressionado e, depois de fazer a devida diligência, investi \$ 50 milhões nela. Porém, sua tecnologia não estava funcionando bem - devido a várias falhas técnicas, a fábrica não estava atingindo o volume de produção necessário para ser lucrativa - então a fábrica que ele havia visitado acabou fechando. Eu havia investido 50 milhões de dólares em um projeto sem futuro, mas não me arrependo. Precisamos explorar todos os tipos de ideias, mesmo sabendo que muitas falharão.

Infelizmente, a pesquisa em biocombustíveis avançados continua subfinanciada e esses combustíveis estão longe de ser usados na escala que seria necessária para descarbonizar o sistema de transporte. Conseqüentemente, usá-los como substitutos da gasolina seria muito caro. Como os especialistas divergem quanto ao custo exato desses e de outros combustíveis verdes, e há estimativas para todos

os custos, incluindo médias de diferentes estudos aqui.

Prêmio verde para substituir gasolina por biocombustíveis avançados [8]

Tipo de combustible	Precio de venta por litro	Opción neutra en carbono por litro	Prima verde
Gasolina	0,64 \$	1,32 \$ (biocombustibles avanzados)	106 %

Nota: en esta tabla y las posteriores, los precios de venta indicados son el promedio de los precios registrados en Estados Unidos entre 2015 y 2018. Los de las opciones neutras en carbono reflejan las estimaciones actuales.

Embora os biocombustíveis obtenham sua energia das plantas, não é a única maneira possível de criar combustíveis alternativos. A eletricidade neutra em carbono também pode ser usada para combinar o hidrogênio da água com o carbono do dióxido de carbono para formar combustíveis de hidrocarbonetos. Como a energia elétrica é usada no processo,

esses substâncias receber para vezes a **Nome** de "Eletrocombustíveis". Eles estão entre os combustíveis *de visita* E como são compostos de dióxido de carbono capturado da atmosfera, sua queima não aumenta as emissões totais.

No entanto, os eletrocombustíveis também têm uma desvantagem: eles são muito caros. O hidrogênio é necessário para fazê-los e, como mencionado no Capítulo 4, é muito difícil obter hidrogênio sem emitir carbono. Além disso, para produzi-los, é preciso usar eletricidade limpa

- senão não faz sentido - e ainda não temos uma eletricidade barata e limpa em nossas redes que nos permita fabricar combustível de maneira econômica. A soma de tudo isso resulta em um alto prêmio verde:

Prêmios verdes para substituir a gasolina por alternativas neutras em carbono [9]

Tipo de combustible	Precio de venta por litro	Opción neutra en carbono por litro	Prima verde
Gasolina	0,64 \$	1,32 \$ (biocombustibles avanzados)	106 %
Gasolina	0,64 \$	2,16 \$ (electrocombustibles)	237 %

O que isso significa para o consumidor? Nos Estados Unidos, uma família média gasta cerca de US \$ 2.000 por ano com gasolina. [10] Assim, se o preço dobrar, o custo adicional para todos os veículos particulares convencionais do país será de US \$ 2.000 e, se triplicar, será de US \$ 4.000.

## **Caminhões de lixo, ônibus e veículos de dezoito rodas.**

Infelizmente, as baterias são uma solução menos prática para ônibus e caminhões que percorrem longas distâncias. Quanto maior o veículo e quanto maior a distância que ele deve percorrer sem recarregar, mais difícil será acionar o motor com eletricidade. Isso ocorre porque as baterias são pesadas, armazenam uma quantidade limitada de energia e podem fornecer apenas uma determinada parte dessa

energia para o motor por vez. (Um motor mais potente - e mais baterias - é necessário para alimentar um caminhão pesado do que um leve de três portas.)

Os veículos de tonelagem média, como caminhões de lixo e ônibus urbanos, são geralmente relativamente leves, de modo que a eletricidade é uma opção viável para eles. Além disso, têm a vantagem de fazer viagens curtas e estacionar no mesmo local todas as noites, por isso é fácil instalar estações de carregamento para eles. A cidade de Shenzhen, na China - com 12 milhões de habitantes - eletrificou toda a sua frota de ônibus, mais de 16 mil, e quase dois terços dos táxis.

[onze] Dado o número de ônibus elétricos vendidos na China, acho que o prêmio verde para este meio o transporte chegará a zero em menos de uma década, permitindo que a maioria das cidades do mundo renove suas frotas.

No entanto, se quisermos aumentar a distância e a potência - por exemplo, dirigir um caminhão de dezoito rodas carregado com mercadorias de uma ponta a outra do país, em vez de um ônibus lotado de estudantes em uma rota pela vizinhança - iremos precisar ser

carregado com muito mais baterias. E adicionar baterias também adiciona peso. *Um monte de peso.*

Quilo por quilo, a melhor bateria de íon-lítio disponível hoje armazena 35 vezes menos energia do que a gasolina. Em outras palavras, obter a mesma quantidade de energia de um litro de gasolina exigiria baterias que pesam 35 vezes mais que o combustível.



Shenzhen, na China, eletrificou sua frota de 16.000 ônibus. [12]

Vamos analisar as implicações práticas disso. De acordo com um estudo de 2017 feito por dois

engenheiros mecânicos da Carnegie Mellon University, um caminhão elétrico de carga capaz de viajar

.00 quilômetros com uma única carga exigiriam tantas baterias que teria que reduzir a mercadoria em 25 por cento. [13] Um caminhão com autonomia de 1.500 quilômetros seria impensável: exigiria tantas baterias que mal conseguiria transportar mercadorias.

Não se esqueça que um caminhão a diesel típico tem capacidade para percorrer mais de 1.600 quilômetros sem reabastecimento. Portanto, para eletrificar a frota de caminhões dos Estados Unidos, as empresas de transporte rodoviário teriam que operar com veículos que carregassem menos peso, parassem com mais frequência, passassem horas recarregando e fossem capazes de viajar longos trechos de rodovia, onde não havia estações de recarga. Não é algo que vai acontecer no futuro próximo. Embora a eletricidade seja uma boa opção para cobrir distâncias curtas, não é prática para caminhões pesados que fazem viagens longas.

Como não podemos eletrificar caminhões de carga, as únicas soluções viáveis hoje são os eletrocombustíveis e os biocombustíveis avançados. Infelizmente, eles também carregam prêmios verdes proibitivos. Vamos adicioná-los à mesa.

Prêmios verdes para substituir o diesel por alternativas neutras em carbono  
[14]

Tipo de combustible	Precio de venta por litro	Opción neutra en carbono por litro	Prima verde
Diésel	0,71 \$	1,45 \$ (biocombustibles avanzados)	<b>104 %</b>
Diésel	0,71 \$	2,39 \$ (electrocombustibles)	<b>236 %</b>

**Navios e aviões.** Não faz muito tempo, eu estava conversando com meu amigo Warren Buffet sobre como descarbonizar aviões ao redor do mundo. Warren me perguntou: "Por que um Jumbo Jet não funciona com baterias?" Ele já sabia que, na decolagem, o combustível representa entre 20 e 40 por cento do peso de um jato. Então, quando contei a ele sobre o fato surpreendente de que é necessário 35 vezes mais peso em baterias do que combustível de aviação para obter a mesma potência, ele compreendeu imediatamente. Quanto mais potência necessária, mais peso o avião ganha. Chega um ponto em que pesa tanto que não pode subir

do solo. Warren sorriu, acenou com a cabeça e apenas respondeu: "Ah".

Ao tentar impulsionar algo tão pesado quanto um navio de contêineres ou um avião de passageiros, a regra que formulei anteriormente - *quanto maior o veículo e quanto maior a distância que queremos que ele percorra, mais difícil será usar a eletricidade como fonte de energia* - torna-se lei. A menos que haja um avanço revolucionário, o que é improvável, as baterias nunca serão tão leves ou potentes para alimentar aviões ou navios, exceto em curtas distâncias.

Vamos ver onde a tecnologia de ponta está indo agora. O melhor avião cem por cento elétrico do mercado pode transportar dois passageiros, atingir a velocidade máxima de trezentos e quarenta quilômetros por hora e voar três horas sem recarga. (16) Em contraste, um Boeing 787 de capacidade média pode transportar 296 passageiros, atingir uma velocidade de mais de 1.000 quilômetros por hora e voar por quase vinte horas antes de parar para reabastecer. [quinze] Em outras palavras, um jato de passageiros movido a combustível fóssil tem a capacidade de voar três vezes mais rápido, viajar seis vezes mais e transportar quase 150 vezes mais pessoas a

bordo do que a melhor aeronave elétrica do mercado.

As baterias estão melhorando, mas parece difícil que eles consigam superar essas diferenças abismais. Felizmente, eles podem triplicar sua densidade de energia, caso em que ainda seria doze vezes menor do que a da gasolina ou do combustível de aviação.

Nossa melhor aposta seria substituir esse combustível por eletrocombustíveis e biocombustíveis avançados, mas vamos dar uma olhada nos grandes prêmios verdes que isso traria.

Prêmios verdes para substituir combustível de aviação por alternativas neutras para carbono [16]

<b>Tipo de combustible</b>	<b>Precio de venta por litro</b>	<b>Opción neutra en carbono por litro</b>	<b>Prima verde</b>
Combustible de aviación	0,58 \$	1,41 \$ (biocombustibles avanzados)	<b>143 %</b>
Combustible de aviación	0,58 \$	2,32 \$ (electrocombustibles)	<b>300 %</b>

O mesmo vale para navios de carga. [17] Os melhores

Os navios porta-contêineres convencionais são capazes de transportar duzentas vezes mais carga do que os dois navios elétricos em serviço hoje, além de tornar as viagens quatrocentas vezes mais longas. Essas vantagens estão longe de ser desprezíveis para os navios que precisam cruzar oceanos inteiros.

Dada a importância dos navios porta-contêineres para a economia mundial, temo que nunca será economicamente viável para eles operar com outra coisa que não combustíveis líquidos. Adotar as alternativas seria um grande passo em frente; o transporte marítimo sozinho é responsável por 3% de todas as emissões, então o uso de combustíveis verdes levaria a uma redução significativa. Infelizmente, o combustível usado pelos navios porta-contêineres - conhecido como "bunker fuel" - é caro porque é feito a partir dos resíduos do refino do

petróleo. Como o combustível atual é muito barato, os prêmios verdes para os navios são muito altos:

Prêmios verdes para substituir o combustível de bunker por alternativas neutras em carbono [18]

<b>Tipo de combustible</b>	<b>Precio de venta por litro</b>	<b>Opción neutra en carbono por litro</b>	<b>Prima verde</b>
Combustible búnker	0,34 \$	1,45 \$ (biocombustibles avanzados)	<b>327 %</b>
Combustible búnker	0,34 \$	2,39 \$ (electrocombustibles)	<b>602 %</b>

Como um resumo, aqui está uma compilação de todos os prêmios verdes que aparecem neste capítulo:

Prêmios verdes para substituir os combustíveis atuais por alternativas neutras em carbono [19]

<b>Tipo de combustible</b>	<b>Precio de venta por litro</b>	<b>Opción neutra en carbono por litro</b>	<b>Prima verde</b>
Gasolina	0,64 \$	1,32 \$ (biocombustibles avanzados)	<b>106 %</b>
Gasolina	0,64 \$	2,16 \$ (electrocombustibles)	<b>237 %</b>
Diésel	0,71 \$	1,45 \$ (biocombustibles avanzados)	<b>104 %</b>
Diésel	0,71 \$	2,39 \$ (electrocombustibles)	<b>236 %</b>
Combustible de aviación	0,58 \$	1,41 \$ (biocombustibles avanzados)	<b>143 %</b>
Combustible de aviación	0,58 \$	2,32 \$ (electrocombustibles)	<b>300 %</b>
Combustible búnker	0,34 \$	1,45 \$ (biocombustibles avanzados)	<b>327 %</b>
Combustible búnker	0,34 \$	2,39 \$ (electrocombustibles)	<b>602 %</b>

A maioria das pessoas estaria disposta a aceitar esses aumentos de preços? Não está claro, mas vamos lembrar que a última vez que os Estados Unidos aumentaram o imposto federal sobre a gasolina - ou qualquer tipo de aumento foi imposto - foi há mais de um quarto de século, em 1993. Duvido que os americanos aceitassem de bom grado. Pague mais para combustível.

Existem quatro maneiras de reduzir as emissões do transporte. Uma é limitar a atividade em si: dirigir, voar e navegar menos. Devemos adotar alternativas como caminhar, andar de bicicleta ou viajar de carro, e é ótimo que

algumas cidades tenham implementado planos urbanos para incentivá-los.

Outra maneira de reduzir as emissões é usar menos materiais com uma grande pegada de carbono na fabricação de carros, embora isso não afete as emissões que discutimos neste capítulo. Como mencionei no Capítulo 5, todos os veículos são feitos de materiais como aço e plástico, que não podem ser produzidos sem

emitem gases de efeito estufa. Quanto menos esses materiais forem usados na fabricação de automóveis, menor será sua pegada de carbono.

A terceira forma de reduzir as emissões é baseada no uso mais eficiente de combustível. Esse assunto recebe muita atenção do legislador e da imprensa, pelo menos no que se refere a veículos e caminhões particulares; Em quase todas as economias mais avançadas, sua fabricação é regulamentada por regulamentos de eficiência energética, o que fez uma grande diferença, obrigando as montadoras a financiar a aplicação de engenharia avançada para o desenvolvimento de motores mais eficientes.

Os regulamentos, no entanto, ficam aquém. Por exemplo, existem propostas de padrões de emissão no transporte naval e aéreo internacional, mas são praticamente impossíveis de aplicar. Qual país teria jurisdição para sancionar as emissões de carbono produzidas por um navio porta-contêineres no meio do Oceano Atlântico?

Além disso, embora construir e usar veículos mais eficientes sejam passos importantes na direção certa, não será suficiente para

atingirmos a meta zero. Mesmo que queimássemos menos gasolina, continuaríamos a queimar gasolina.

Isso nos leva à quarta maneira - a mais eficaz - de eliminar as emissões do transporte: mudar para veículos elétricos e combustíveis alternativos. Como argumentei neste capítulo, ambas as opções acarretam prêmios verdes de magnitudes variadas. Vamos encontrar maneiras de diminuí-los.

### **Como reduzir o prêmio verde**

Para veículos particulares, o prêmio verde está diminuindo e, eventualmente, cairá para zero. É verdade que, à medida que carros elétricos e mais quilometragem substituem os veículos atuais, as receitas públicas de impostos sobre veículos cairão.

combustíveis, o que pode reduzir os fundos disponíveis para construção e manutenção de estradas. Os estados poderiam compensar a perda de receita cobrando dos proprietários de eletricidade uma taxa adicional quando renovarem suas placas - dezenove estados já o fazem no momento em que escrevo estas linhas - mesmo que isso signifique que as elétricas levarão mais um ou dois anos. tão barato quanto a gasolina.

Há outro fator que retarda a popularização do veículo elétrico: o amor dos americanos por SUVs grandes e consumidores de gasolina. Em 2019, compramos mais de 5 milhões de carros e 12 milhões de SUVs e veículos utilitários esportivos. [vinte] Exceto por 2%, todos eles funcionam com gasolina.

Para reverter isso, precisaremos de políticas governamentais criativas. Para acelerar a transição, podemos adotar medidas que estimulem a compra de veículos elétricos e implantar uma rede de

postos de recarga para facilitar a vida de seus proprietários. Compromissos nacionais podem ajudar a aumentar a oferta de carros e reduzir custos; China, Índia e vários países da Europa anunciaram sua meta de eliminar gradualmente os veículos - especialmente os particulares - que usam combustíveis fósseis nas próximas décadas. A Califórnia se comprometeu a comprar apenas ônibus elétricos a partir de 2029 e a proibir a venda de carros a gasolina antes de 2035.

Então, para movimentar todos esses veículos elétricos que esperamos um dia estarem em circulação, precisaremos de uma grande quantidade de energia verde, mais um motivo da importância de recorrer às fontes renováveis e buscar avanços na geração e armazenamento mencionados. no capítulo 4.

Devemos também explorar a possibilidade de desenvolver navios de contêineres movidos a energia nuclear. Isso representaria riscos reais (entre outras coisas, devemos garantir que o combustível nuclear não seja liberado se

o navio afundar), mas muitos dos desafios técnicos já foram resolvidos. Afinal, já existem submarinos militares com propulsão nuclear e porta-aviões.

Finalmente, temos que fazer um grande esforço para explorar todas as maneiras possíveis de fazer biocombustíveis e eletrocombustíveis baratos. Empresas e pesquisadores estão considerando vários caminhos, como

novas formas de produção de hidrogênio por meio da eletricidade, o uso da energia solar ou o uso do hidrogênio liberado por alguns microrganismos como produto secundário. Quanto mais investigamos, mais oportunidades criamos para descobertas.

É raro que a solução para um problema possa ser resumida em uma frase, mas quando se trata de transporte, o futuro livre de carbono se resume em fazer o maior número possível de veículos funcionando com eletricidade. E o resto, com combustíveis alternativos .

O primeiro grupo inclui carros particulares e SUVs, caminhões de baixa e média tonelagem e ônibus. No segundo grupo estão os caminhões, trens, aviões e navios porta-contêineres de longa distância. Do lado dos custos, os carros elétricos logo serão tão econômicos para seus proprietários quanto os carros a gasolina, o que é muito bom. Em vez disso, os combustíveis alternativos ainda são bastante

caros, o que não é muito bom. Precisamos de inovações que baixem esses preços.

Este capítulo trata de como transportamos pessoas e mercadorias de um lugar para outro. A seguir, falaremos sobre os lugares para os quais estamos indo - nossas casas, escritórios e centros educacionais - bem como o que será necessário para que continuem a ser habitáveis em um mundo mais quente.

# COMO AQUECEMOS E RESFRIAMOS

*7 por cento de 51 bilhões de toneladas por ano*

**E**u teria imaginado que a malária poderia ter algo de que eu gostasse. Ela mata 400.000 pessoas

por ano, a maioria delas crianças, e a Fundação Gates está envolvida em uma campanha global para erradicá-la. Por isso, fiquei surpreso ao saber há algum tempo que, de fato, há uma coisa positiva a se notar sobre a malária: ela contribuiu para a invenção do ar condicionado.

Os seres humanos vêm tentando superar o calor há milhares de anos. Os edifícios da antiga Pérsia foram equipados com coletores de vento ou *badgirs*, isso ajudava a manter o ar circulando e a temperatura baixa. [1] No entanto, a primeira máquina conhecida que resfria o ar foi criada na década de 1840 por John Gorrie, um médico da Flórida convencido de que temperaturas mais baixas ajudariam seus pacientes a se recuperarem da malária. [dois]

Naquela época, havia uma crença generalizada de que a causa da malária não era um parasita, como sabemos agora, mas o ar ruim (daí o nome, *ária ruim*). Gorrie instalou um dispositivo que resfriava o pavilhão doente, movendo o ar sobre um grande bloco de gelo pendurado no teto. A máquina, entretanto, rapidamente ficou sem gelo, o que era muito caro porque precisava ser trazida do norte, então Gorrie projetou uma engenhoca para fazê-la. Eventualmente, ele conseguiu a patente de sua máquina de gelo e desistiu da medicina para tentar comercializar sua invenção.

Infelizmente, seus planos de negócios não saíram conforme o esperado. Após uma série de infortúnios, Gorrie morreu sem um tostão em 1855.

Independentemente disso, a ideia pegou, e o próximo grande avanço no desenvolvimento de ar condicionado foi feito por um

engenheiro chamado Willis Carrier em 1902, quando seu chefe o enviou a uma gráfica de Nova York para encontrar uma maneira de evitar que as páginas de revistas enrugassem ao saírem da impressora.

Aperte. Percebendo que as rugas eram causadas por altos níveis de umidade, a Carrier idealizou uma máquina que as reduzia e ao mesmo tempo baixava a temperatura ambiente. Embora ainda não soubesse, graças a ele nasceu a indústria do ar condicionado.

Pouco mais de um século depois que o primeiro ar-condicionado foi instalado em uma residência particular, 90% dos lares americanos têm algum tipo de ar-condicionado. [3] Quem já curtiu um jogo ou show em um pavilhão fechado pode agradecer ao ar condicionado. E é difícil imaginar que lugares como a Flórida ou o Arizona seriam tão atraentes quanto um destino para aposentados sem essa tecnologia.

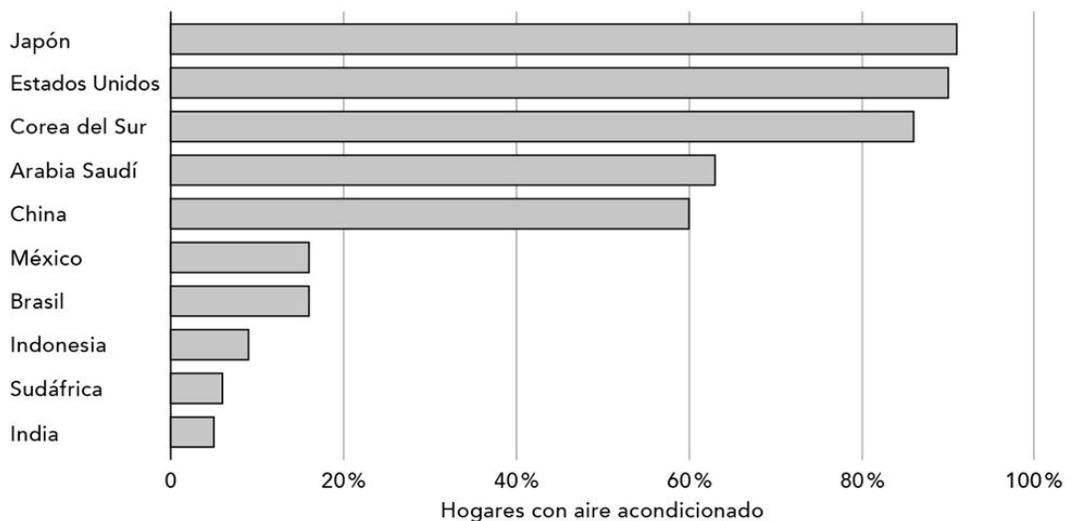
O ar condicionado não é mais um mero luxo agradável que torna os dias de verão suportáveis; a economia moderna depende disso. Vejamos apenas um exemplo: os server farms, que contêm milhares de computadores que permitem os avanços atuais da computação (incluindo aqueles fornecidos pelos serviços de nuvem onde armazenamos música e fotos), geram grandes quantidades de calor. Sem um sistema de resfriamento, os servidores derreteriam.

Para quem mora em uma casa americana típica, o ar condicionado é o aparelho que mais consome energia; mais do que as luzes, a geladeira e o computador juntos. (17) Embora eu tenha discutido as emissões relacionadas à eletricidade no Capítulo 4, eu as menciono novamente aqui porque o resfriamento do ambiente é e continuará a ser uma atividade de emissão chave. Além disso, embora os

condicionadores de ar sejam os aparelhos mais caros *eletricidade* , não são os maiores consumidores de *Energia* em residências e escritórios americanos. Essa homenagem vai para caldeiras e aquecedores de água (o mesmo vale para a Europa e muitas outras regiões).

Trataremos desse assunto na próxima seção.

Os americanos não são os únicos que desejam - e precisam - um ambiente agradável. Existem 1,6 bilhão de aparelhos de ar-condicionado em operação no mundo todo, mas eles não estão uniformemente distribuídos. [4] Em países ricos como os Estados Unidos, 90% ou mais das casas têm ar-condicionado, enquanto nos países mais quentes do planeta esse número cai para apenas 10%.



**A refrigeração está a caminho.** Em alguns países, a maioria das casas tem ar condicionado, mas em outros é muito menos comum. Nas próximas décadas, os países na parte inferior deste gráfico serão mais quentes e mais ricos, o que significa que eles vão comprar e eles usarão mais condicionadores de ar. [5]

Isso significa que muito mais equipamentos de ar condicionado serão instalados conforme a população cresce, seu poder de compra aumenta e as ondas de calor se tornam mais severas e frequentes. A China, que lançou 350 milhões de aparelhos entre 2007 e 2017, tornou-se o maior mercado de condicionadores de ar do mundo. Só em 2018, as vendas aumentaram 15% internacionalmente, e grande parte desse aumento vem de quatro países cujas temperaturas chegam a subir muito: Brasil, Índia, Indonésia e México. [6]

Em 2050, haverá mais de 5 bilhões de aparelhos de ar-condicionado operando em todo o mundo.

Ironicamente, a própria coisa que vamos usar para sobreviver em um clima mais quente - ar-condicionado - pode agravar a mudança climática. Afinal, os aparelhos são movidos a eletricidade, portanto, quanto mais instalamos, mais eletricidade precisamos para usá-los. Na verdade, a Agência Internacional de Energia prevê que a demanda atual por refrigeração ambiente triplicará até 2050. Até então, os condicionadores de

ar consumirão tanta eletricidade quanto toda a China e Índia hoje.

Isso será positivo para as pessoas que mais sofrem nas ondas de calor, mas negativo para o clima, porque em muitas partes do mundo a produção de eletricidade ainda gera muitas emissões de carbono. É por isso que toda a corrente que os edifícios consomem - tanto para ar condicionado como

para iluminação, computadores e assim por diante - é responsável por quase 14 por cento de todos os gases de efeito estufa.

O fato de o resfriamento do ambiente depender tanto da eletricidade facilita o cálculo do prêmio ecológico para o ar condicionado. Para descarbonizar, teremos que descarbonizar as redes. Esta é outra razão pela qual avanços importantes são necessários na geração e armazenamento de eletricidade, como os descritos no Capítulo 4; caso contrário, as emissões continuarão a aumentar e ficaremos presos em um ciclo vicioso, resfriando nossas casas e escritórios cada vez mais enquanto aquecemos cada vez mais o clima.

Felizmente, não precisamos esperar ociosamente que esses avanços ocorram. Podemos agir agora para diminuir a quantidade de eletricidade exigida pelos condicionadores de ar, reduzindo assim as emissões que produzimos para nos mantermos frios. Além disso, não há barreira técnica para alcançá-lo. O que acontece é que a maioria das pessoas não compra os equipamentos de refrigeração com maior eficiência energética do mercado. De acordo com a IEA, o tipo de ar condicionado mais vendido hoje tem metade da eficiência dos outros amplamente disponíveis e apenas um terço da eficiência dos melhores modelos.

Isso ocorre principalmente porque os consumidores não recebem todas as informações de que precisam antes de escolher um dispositivo. Por exemplo, um de baixa eficiência pode ter um preço de venda mais barato, mas ser mais caro no longo prazo porque usa mais eletricidade. No entanto, se o

equipamento não estiver claramente etiquetado, o cliente pode não saber ao comparar os preços. (Essa rotulagem é exigida nos Estados Unidos, mas não em todo o mundo.) [7] Além disso, muitos países não têm um padrão mínimo sobre a eficiência dos condicionadores de ar. A IEA chegou à conclusão de que seria suficiente ditar medidas em relação a problemas como esse para dobrar a eficiência média dos condicionadores de ar no planeta e reduzir o crescimento da demanda de energia para refrigeração em 45%.

Infelizmente, o consumo de eletricidade não é o único aspecto problemático do ar condicionado.

Utiliza refrigerantes - também chamados de "gases fluorados", devido ao seu teor de flúor - que escapam aos poucos à medida que os aparelhos se deterioram com o tempo, pois você sem dúvida saberá se foi necessário trocar o refrigerante do ar condicionado do seu carro. . Os gases fluorados são poderosos agentes das mudanças climáticas: em um século eles podem causar um aquecimento mil vezes maior do que uma quantidade equivalente de dióxido de carbono. Se não se fala muito sobre eles, é porque não representam um

porcentagem significativa de gases de efeito estufa; nos Estados Unidos, são responsáveis por cerca de 3% das emissões.

Ainda assim, os gases fluorados não passaram despercebidos. Em 2016, representantes de 197 países se comprometeram a reduzir a produção e o uso de alguns gases fluorados em mais de 80 por cento até 2045, compromisso que conseguiram cumprir porque várias empresas estão desenvolvendo novos sistemas de ar condicionado nos países. substituídos por refrigerantes menos prejudiciais. Como essas ideias estão em seus estágios iniciais de desenvolvimento, é muito cedo para calcular o preço, mas elas são um bom exemplo do tipo de inovação de que precisaremos para nos mantermos atualizados sem aquecer mais o mundo.

Em um livro sobre o aquecimento global, pode parecer estranho falar sobre maneiras de se manter aquecido. Por que aumentar o termostato, se já está quente lá fora? Em primeiro lugar, quando falamos em calor, não nos referimos apenas ao aumento da temperatura do ar; também temos que aquecer água para todos os tipos de usos, de chuveiros e máquinas de lavar louça a vários processos industriais.

E o mais importante, o inverno não está acabando. Embora as temperaturas geralmente aumentem, continuará a congelar e nevar em muitas partes do mundo. Os invernos são especialmente severos para aqueles que dependem de energias renováveis. A Alemanha, por exemplo, recebe até nove vezes menos energia solar nesta temporada, em que também há períodos sem vento. Continuamos precisando de eletricidade; sem ele, as pessoas morreriam de frio em sua própria casa.

**Caldeiras e aquecedores de água são responsáveis por um terço das emissões dos edifícios.**

Ao contrário das luzes e dos condicionadores de ar, eles funcionam principalmente com combustíveis fósseis (seja gás natural, óleo para aquecimento ou propano, depende muito de onde você mora). Isso significa que obter uma rede elétrica limpa não é suficiente para descarbonizar a água quente e o aquecimento. Precisamos nos aquecer com algo diferente de óleo e gás.

O caminho para emissões zero para aquecimento é muito semelhante ao que traçamos para veículos particulares: (1) eletrificar o máximo possível, eliminando aquecedores e caldeiras a gás natural, e (2) desenvolver combustíveis verdes para todo o resto.

A boa notícia é que a etapa 1 pode levar a um prêmio verde negativo. Ao contrário dos carros elétricos, que são mais caros de operar e manter do que seus equivalentes a gasolina, todos os sistemas elétricos de aquecimento e resfriamento economizam dinheiro. Isso não é verdade apenas quando eles são instalados em novos edifícios de construção, mas também como parte da renovação de edifícios mais antigos. Em quase todas as populações, as despesas

Os totais do usuário diminuem quando eles substituem o ar condicionado elétrico e a caldeira a gás (ou diesel) por uma bomba de calor elétrica.

A ideia de uma bomba de calor pode parecer estranha na primeira vez que você a ouvir. Não é difícil imaginar bombeando água ou ar, mas como diabos o calor é bombeado para fora?

Esses dispositivos aproveitam a qualidade dos gases e líquidos para alterar a temperatura quando se expandem e se contraem. As bombas conduzem um fluido refrigerante através de um circuito de tubos, e a pressão é modificada por meio de um compressor e válvulas especiais, de forma que o refrigerante absorva o calor em uma área e o libere em outra. No inverno, o calor é transferido de fora para dentro (algo que funciona em todos, exceto nos climas mais frios); no verão, é feito o processo inverso, ou seja, o calor é bombeado de dentro para fora da casa.

O sistema não é tão misterioso quanto parece. Você já tem uma bomba de calor em sua casa, que certamente está funcionando agora: é chamada de geladeira. O ar quente que sai do fundo é aquele que retira o calor que envolve os alimentos e os mantém frescos.

Quanto podemos economizar graças a uma bomba de calor? Depende da localidade, do rigor dos invernos e do preço da eletricidade e do gás natural, entre outros fatores. Aqui estão alguns exemplos do que é economizado em diferentes cidades dos Estados Unidos, com base no custo de instalação de uma bomba de

calor em um novo prédio e seu uso por quinze anos:

Green Premium para instalação de bomba de calor aerotérmica em cidades dos EUA [8]

Ciudad	Coste de caldera de gas natural y aire acondicionado eléctrico	Coste de bomba de calor aerotérmica	Prima verde
Providence, Rhode Island	12.667 \$	9.912 \$	-22 %
Chicago, Illinois	12.583 \$	10.527 \$	-16 %
Houston, Texas	11.075 \$	8.074 \$	-27 %
Oakland, California	10.660 \$	8.240 \$	-23 %

Embora substituir uma instalação existente não economize muito, mudar para uma bomba de calor ainda é uma opção menos dispendiosa em quase todas as cidades. Em Houston, por exemplo, economiza 17%. Em Chicago, em contraste, os custos aumentam 6%, porque o gás natural é excepcionalmente barato lá. Por outro lado, existem casas antigas nas quais

encontrar um espaço para instalar novos equipamentos simplesmente não é prático, portanto, nem sempre é possível renovar.

Ainda assim, esses primos verdes levantam uma questão óbvia: se as bombas de calor são tão boas, por que elas só são encontradas em 11% dos lares americanos? [9]

Em parte porque só trocamos nossas caldeiras a cada dez anos ou mais, e a maioria das pessoas não tem dinheiro sobrando para substituir um aparelho que funciona bem por uma bomba de calor.

Mas há outra explicação: regulamentos oficiais desatualizados. Desde a crise energética da década de 1970, tentativas têm sido feitas para limitar o consumo de energia, então os governos estaduais introduziram incentivos para promover a compra de caldeiras e aquecedores a gás natural em vez de alternativas elétricas menos eficientes. Alguns modificaram seus códigos de construção para dificultar aos proprietários de residências a troca de aparelhos a gás por alternativas elétricas. Muitas dessas medidas que recompensam a eficiência em relação às baixas emissões ainda estão em vigor, limitando nossa capacidade de substituir uma caldeira a gás por uma bomba de calor elétrica com menor pegada de carbono, mesmo nos casos em que seria mais barata.

Esta situação é frustrante, como em tantas outras ocasiões em que as regras nos parecem absurdas. Mas, de um ponto de vista diferente, é uma boa notícia. Isso implica que não precisamos de mais um avanço tecnológico para reduzir as emissões nessa área, além da

descarbonização da rede elétrica. A opção baseada na eletricidade já existe, está disponível para todos e não é apenas competitiva no preço, mas na verdade é mais barata. Precisamos apenas garantir que os regulamentos oficiais sejam adaptados aos novos tempos.

Infelizmente, embora de uma perspectiva técnica seja *possível* reduzir as emissões relacionadas ao aquecimento e ao aquecimento de água a zero por meio da adoção de alternativas elétricas não será um processo rápido. Mesmo que consigamos quebrar os regulamentos contraproducentes que mencionei, é irreal pensar que todos vamos ligar nossas caldeiras e aquecedores a gás e substituí-los por elétricos durante a noite, assim como a frota global de veículos particulares também não vai passar. Para ser elétrico de uma vez. Dada a vida útil das caldeiras de hoje, se nosso objetivo fosse eliminar gradualmente todas as caldeiras a gás até meados do século, elas teriam que estar disponíveis publicamente até 2035. Hoje, cerca de metade das caldeiras vendidas nos Estados Unidos funcionam a gás; no mundo,

Para mim, este é mais um argumento a favor de eletrocombustíveis e biocombustíveis avançados como os que mencionei no Capítulo 7, capazes de

alimentar as caldeiras e aquecedores que temos atualmente, sem a necessidade de modificá-los e sem adicionar mais carbono à atmosfera. No entanto, hoje, ambas as opções trazem um forte prêmio verde:

Prêmios verdes para substituir os combustíveis de aquecimento atuais por alternativas neutras em carbono [10]

Tipo de combustible	Precio de venta actual	Opción neutra en carbono	Prima verde
Gasóleo de calefacción (por litro)	0,71 \$	1,45 \$ (biocombustibles avanzados)	104 %
Gasóleo de calefacción (por litro)	0,71 \$	2,39 \$ (electrocombustibles)	236 %
Gas natural (por termia)	1,01 \$	2,45 \$ (biocombustibles avanzados)	142 %
Gas natural (por termia)	1,01 \$	5,30 \$ (electrocombustibles)	425 %

Nota: El precio de venta por litro es el promedio de los precios registrados en Estados Unidos entre 2015 y 2018. El de las opciones neutras en carbono es una estimación del precio actual.

Vamos ver o que esses prêmios significariam para uma família americana média. Aqueles que aquecem suas casas com óleo para aquecimento terão que pagar US \$ 1.300 a mais se usarem biocombustíveis avançados, e mais US \$ 3.200 se optarem pelos eletrocombustíveis. Aqueles que aquecem suas casas com gás natural terão que adicionar \$ 840 à sua conta a cada inverno se escolherem biocombustíveis avançados e quase 2.600 se mudarem para eletrocombustíveis.

[onze]

É óbvio que temos que tornar esses combustíveis alternativos mais baratos, como argumentado no Capítulo 7. Existem outras etapas que devemos tomar para descarbonizar nossos sistemas de aquecimento:

**Eletrificar** ao máximo, substituindo as caldeiras e aquecedores a gás por bombas de calor elétricas. Em algumas regiões, os governos terão que atualizar os regulamentos para permitir

- e encorajar - essas renovações.

**Descarbonizar** a rede elétrica, implantando os recursos verdes de hoje onde são mais úteis e investindo em inovações relacionadas à geração, armazenamento e transmissão de energia.

**Use a energia com mais eficiência.** Poderia aparecer

Contraditório, considerando que alguns parágrafos antes reclamei de políticas que priorizam a eficiência em relação às baixas emissões. A verdade é que precisamos de ambos.

O mundo está passando por um boom de construção. Para acomodar uma crescente população urbana, construiremos 230 bilhões de metros quadrados até 2060, o equivalente, como mencionei no Capítulo 2, a construir uma Nova York por mês durante quarenta anos. Muito provavelmente, muitos desses edifícios não serão projetados para a conservação de energia e permanecerão habitados por décadas, usando a energia de forma ineficiente.

A boa notícia é que sabemos como construir edifícios de baixo carbono ... contanto que estejamos dispostos a pagar um prêmio ecológico. Um exemplo extremo é o Bullitt Center de Seattle, saudado por alguns como um dos edifícios de escritórios mais verdes do mundo. [12] Ele foi projetado para ficar naturalmente aquecido no inverno e fresco no verão, reduzindo a necessidade de ar-condicionado e aquecimento, e apresenta outras tecnologias de eficiência energética, como um elevador supereficiente. Há momentos em que gera 60 por cento mais energia do que consome, graças aos painéis solares na cobertura, embora ainda esteja conectado à rede elétrica da cidade, da qual se alimenta à noite e principalmente nos períodos

de nebulosidade. Algo que acontece com muita frequência aqui em Seattle.

Embora muitas das técnicas aplicadas no Bullitt Centre ainda sejam muito caras para serem amplamente utilizadas (é por isso que continua sendo um dos edifícios mais verdes do mundo sete anos após sua inauguração), agora é possível aumentar a eficiência energética das casas e escritórios a um preço mais barato. Eles podem ser projetados com o que os construtores chamam de envelope estanque (uma superfície externa que não deixa entrar ou sair muito ar), bom isolamento, janelas com vidros triplos e portas térmicas. Também estou fascinado pelo chamado “vidro inteligente” para janelas, que escurece automaticamente para resfriar o ambiente e clareia para aquecê-lo. Novos códigos de construção podem ajudar a promover essas ideias de economia de energia, o que ampliaria o mercado e reduziria custos. Podemos aumentar a eficiência energética de muitos edifícios, embora nem todos possam ser tão eficientes quanto o Bullitt Center.



O Bullitt Center em Seattle é um dos edifícios de escritórios mais sustentáveis do mundo. [13]

Abordamos as cinco principais fontes de gases de efeito estufa: como nos conectamos, como fazemos as coisas, como crescemos e criamos, como nos movemos e como nos resfriamos e aquecemos. Espero que agora três coisas estejam claras:

1. O problema é extremamente complexo, pois afeta quase todas as atividades humanas.
2. Já temos ferramentas que devemos usar para reduzir as emissões.
3. Mas ainda não temos todas as ferramentas de que precisamos. Temos prêmios verdes mais baixos em todos os setores, o que significa que temos muito o que inventar.

Entre os Capítulos 10 e 12, delinearei as etapas concretas que acredito que nos darão a melhor oportunidade de desenvolver e implementar as ferramentas de que precisaremos. Mas primeiro quero responder a uma questão que me mantém acordado à noite. Até agora, o livro tratou exclusivamente de como reduzir as emissões e evitar que as temperaturas se tornem insuportáveis. O que podemos fazer a respeito das mudanças que já estão ocorrendo no clima? E, acima de tudo, como podemos ajudar os mais desfavorecidos, aqueles que têm mais a perder, embora tenham contribuído menos para o problema?

# ADAPTANDO-SE A OUTRO MUNDO

**CALO  
ROSO**

**T**enho defendido que devemos atingir o nível zero de emissões e que, para isso, precisaremos dedicar um grande esforço à inovação. No entanto, isso não terá retorno durante a noite; Os produtos sustentáveis de que estou falando levarão décadas para serem ampliados o suficiente para fazer uma diferença significativa.

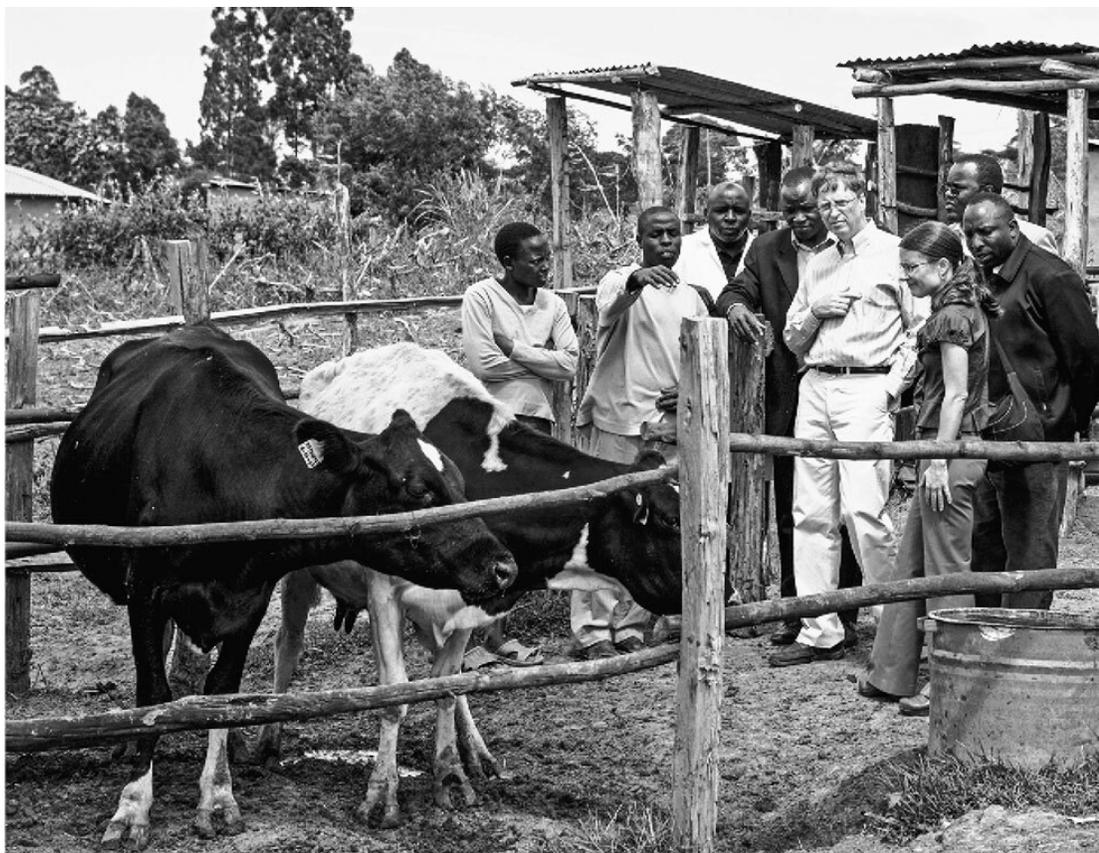
Enquanto isso, a mudança climática já está afetando pessoas em todo o mundo e de todos os poderes de compra. A maioria de nós que está vivo agora terá que se adaptar a um mundo mais quente. Conforme os níveis do mar e as várzeas mudam, teremos que repensar a localização das casas e dos escritórios. Teremos que fortalecer redes elétricas, portos marítimos e pontes. Teremos que plantar mais manguezais (se você não sabe o que quero dizer, fique ligado) e melhorar os sistemas de alerta precoce para tempestades.

Discutiremos esses projetos posteriormente neste capítulo. Porém, agora quero falar sobre as primeiras pessoas que vêm à mente quando penso naquelas que mais sofrerão com os efeitos de um desastre climático e que merecem a maior ajuda para se adaptarem a ele. Eles não têm muitas redes de energia, portos marítimos ou pontes com que se preocupar. São as pessoas de baixa renda, que conheci por meio de meu trabalho em prol da saúde e do desenvolvimento global, que sofrerão o pior.

papel. Suas histórias refletem a complexidade da luta contra a pobreza e, ao mesmo tempo, contra as mudanças climáticas.

Em 2009, por exemplo, conheci a família Talam - Laban, Miriam e seus três filhos -

quando estava no Quênia para aprender como os agricultores viviam com menos de um hectare e meio de terra (ou, como são conhecidos no jargão da ajuda ao desenvolvimento, pequenos agricultores). Visitei sua fazenda depois de viajar vários quilômetros em uma estrada de terra perto de Eldoret, uma das cidades de crescimento mais rápido no Quênia. O Talam não tinha muito, apenas um punhado de cabanas circulares de barro e um curral, e a fazenda cobria cerca de um acre, menos que um campo de beisebol. No entanto, o que estava acontecendo naquele pequeno campo fez com que centenas de fazendeiros viessem de longe para descobrir o que os proprietários estavam fazendo e como fazer eles próprios.



Em 2009, visitei a fazenda de Miriam e Laban Talam em Kabiyeet, no Quênia. Eles são os protagonistas de uma história de sucesso surpreendente, mas as mudanças climáticas podem estragar todo o progresso que fizeram alcançou. [1]

Laban e Miriam me encontraram na porta da frente e começaram a me contar sua história.

Dois anos antes, eles eram pequenos agricultores praticando agricultura de subsistência. Como quase todos os seus vizinhos, eles viviam na pobreza absoluta. Entre outras coisas, eles cultivavam milho (no Quênia, como em muitos outros lugares do mundo, eles o chamam *milho*), parte para consumo próprio e parte para venda no mercado. Laban estragou para sobreviver.

Para aumentar sua renda, ela comprou uma vaca que o casal ordenhava duas vezes ao dia. Eles vendiam o leite da manhã para um comerciante local por muito pouco dinheiro e ficavam com o leite da tarde para eles e seus filhos. No total, a vaca produzia três litros por

dia, quantidade que deveria ser suficiente para vender uma parte e distribuir o restante entre os cinco membros da família.

Quando conheci o Talam, sua vida havia melhorado dramaticamente. Já tinham quatro vacas, que produziam 26 litros de leite por dia. Eles venderam 20 litros e ficaram com seis. Eles ganhavam quase quatro dólares por dia, o que naquela parte do Quênia era suficiente para reconstruir sua casa, plantar abacaxi para exportação e mandar as crianças para a escola.

De acordo com o que me contaram, seu ponto de inflexão veio com a inauguração de uma unidade de refrigeração de leite nas proximidades. O Talam e outros fazendeiros da região levavam leite cru para essas instalações, onde era mantido resfriado até ser transportado para todos os cantos do país, para ser vendido a preços superiores aos pagos localmente. A fábrica também serviu como centro de treinamento. Os produtores de leite da região aprenderam a criar animais mais saudáveis e produtivos, a comprar vacinas para vacas e até mesmo a ter seu leite testado para ter certeza de que estava livre de contaminantes e poderia ser vendido a um bom preço. Se não atendessem aos requisitos de qualidade, eles eram orientados sobre como melhorá-lo.

No Quênia, onde vivem os Talam, cerca de um terço da população está engajada na agricultura. No mundo, existem 500 milhões de pequenas propriedades agrícolas e aproximadamente dois terços das pessoas que vivem na pobreza trabalham no setor agrícola.

[dois] Apesar dos números elevados, no entanto, os pequenos agricultores são responsáveis por emissões de gases de efeito estufa surpreendentemente baixas, porque eles não podem pagar pelo uso de muitos produtos e serviços que requerem o uso de combustíveis fósseis. O queniano médio produz cinquenta e cinco vezes menos dióxido de carbono do que o americano, e os agricultores rurais como o Talam produzem ainda menos. [3]

No entanto, se você se lembrar dos problemas causados pela pecuária que mencionamos no Capítulo 6, você reconhecerá o dilema imediatamente: o Talam comprou mais vacas, animais que contribuem para a mudança climática mais do que outras espécies domésticas.

Nesse sentido, os Talam não são excepcionais. Para muitos agricultores pobres, ganhar mais dinheiro apresenta a oportunidade de investir em ativos de alto valor, como galinhas, cabras e vacas, animais que oferecem boas fontes de proteína e permitem que seus proprietários ganhem dinheiro extra com a venda de leite e ovos. Esta é uma decisão sensata, e qualquer pessoa interessada em reduzir a pobreza pensaria duas vezes antes de

recomendo que eles não o tomem. A chave para o problema é que, à medida que as pessoas sobem na escada econômica, elas se envolvem em mais atividades que geram emissões. Portanto, precisamos de mais inovações, para que as pessoas pobres possam melhorar seu estilo de vida sem tornar a mudança climática ainda pior.

É uma injustiça cruel que, apesar de os pobres do mundo não fazerem praticamente nada para causar a mudança climática, eles serão os que mais sofrerão com seus efeitos. As perturbações climáticas causarão problemas para agricultores relativamente privilegiados nos Estados Unidos e na Europa, mas podem ter consequências fatais para os menos favorecidos na África e na Ásia.

À medida que o clima fica mais quente, secas e inundações tornam-se mais frequentes e estragam as colheitas com mais frequência. Há menos ração para o gado, que produz menos carne e leite. O ar e a terra perdem umidade, de modo que as plantas têm menos água; no Sul da Ásia e na África Subsaariana, milhões de hectares de terras agrícolas se tornarão consideravelmente mais áridos. As pragas devoradoras de culturas estão infestando uma área cada vez maior de campos, onde encontram um ambiente mais acolhedor para se estabelecer. A estação de cultivo será encurtada; se as temperaturas

subirem quatro graus, serão limitadas em pelo menos 20% na maior parte da África Subsaariana.

Para quem já vive no limite, qualquer uma dessas mudanças pode ser desastrosa. Se alguém que não tem poupança falha na colheita, não tem a possibilidade de ir comprar mais sementes; está simplesmente fora do jogo. Para piorar, todos esses problemas tornarão os alimentos mais caros para aqueles que menos podem pagar. Devido às mudanças climáticas, os preços dispararão para centenas de milhões de pessoas que já gastam mais da metade de sua renda com alimentos.

À medida que os alimentos se tornam escassos, a enorme desigualdade entre ricos e pobres vai piorar ainda mais. Hoje, uma menina nascida no Chade tem 50 vezes mais probabilidade de morrer antes de seu quinto aniversário do que uma menina nascida na Finlândia. Com a crescente escassez de alimentos, menos crianças obterão todos os nutrientes de que precisam, enfraquecendo as defesas naturais do corpo e aumentando as chances de sucumbir à diarreia, malária ou pneumonia. De acordo com um estudo, o número de mortes relacionadas ao calor pode beirar 10

milhões por ano antes do final do século (um número de mortes semelhante ao causado por doenças infecciosas hoje), e quase todos serão em países em desenvolvimento. Por outro lado, a probabilidade de crianças que não morrem terão seu desenvolvimento físico e intelectual afetado será muito maior.

No longo prazo, o pior impacto das mudanças climáticas nos países pobres será a deterioração da saúde devido ao aumento das taxas de desnutrição e mortalidade. Portanto, devemos ajudar os mais desfavorecidos a melhorar sua saúde. Acho que existem duas maneiras de fazer isso.

Primeiro, as chances de sobrevivência de crianças desnutridas devem ser aumentadas. Isso implica fortalecer os sistemas de atenção primária, redobrar os esforços para prevenir a malária e continuar a fornecer vacinas para doenças como a pneumonia e aquelas que causam diarreia. Embora a pandemia COVID-19 indubitavelmente torne todas essas coisas difíceis, o mundo tem muito conhecimento e experiência para realizá-las; o programa de vacinação conhecido como GAVI, que evitou 13 milhões de mortes desde 2000, está entre as maiores conquistas da humanidade. [4] (A contribuição da Fundação Gates para esta iniciativa global é uma de nossas maiores fontes de orgulho.) Não podemos permitir que as mudanças climáticas prejudiquem esse progresso. Na verdade, devemos acelerar, desenvolver vacinas para outras doenças,

como HIV, malária e tuberculose, e fazer com que cheguem a todos aqueles que precisam.

Então - além de salvar a vida de crianças desnutridas - devemos garantir que menos crianças sofram de desnutrição desde o início. Dado o crescimento populacional, a demanda por alimentos provavelmente dobrará ou triplicará nas regiões onde vive a maioria dos pobres do mundo. Portanto, devemos ajudar os agricultores com poucos recursos a cultivar mais, mesmo em caso de secas ou inundações. Vou me aprofundar nisso na próxima seção.

Eu passo muito tempo com pessoas que supervisionam os orçamentos de ajuda externa nos países ricos. Até alguns dos mais bem-intencionados me disseram: “Costumávamos pagar pelas vacinas. Agora temos de garantir que os nossos fundos de ajuda sejam atribuídos a projectos amigos do clima, 'o que significa ajudar África a reduzir as suas emissões de gases com efeito de estufa.

Eu lhes respondo: «Por favor, não desviem o dinheiro destinado às vacinas para financiar os carros elétricos. A África é responsável apenas por cerca de

2 por cento das emissões globais. O que você realmente deveria pagar é o *processo de adaptação*. A melhor coisa que podemos fazer para ajudar as pessoas de baixa renda a se adaptarem à mudança climática é garantir que sejam saudáveis o suficiente para sobreviver e prosperar apesar dela. '

Você provavelmente nunca ouviu falar do CGIAR. (18) Eu também não o conhecia até cerca de uma década atrás, quando comecei a estudar os problemas enfrentados pelos agricultores em países de baixa renda. Pelo que tenho visto, nenhuma outra organização fez mais do que o CGIAR para garantir que as famílias - especialmente as mais humildes - tenham alimentos nutritivos. E nenhuma outra organização está em melhor posição para realizar as inovações que ajudarão os agricultores pobres a se adaptarem às mudanças climáticas nos próximos anos.

O CGIAR é o grupo de pesquisa agrícola mais importante do mundo; Em suma, ajuda a criar variedades de plantas mais resistentes e produtivas, além de causar modificações genéticas benéficas nos animais. Foi em um laboratório do CGIAR no México que Norman Borlaug - de quem você se lembrará do Capítulo 6 - realizou o trabalho pioneiro com o trigo que gerou a Revolução Verde. Outros pesquisadores do CGIAR, inspirados no exemplo de Borlaug, desenvolveram arroz de alta produtividade resistente a doenças e, nos anos seguintes, o trabalho do grupo com gado,

batata e milho ajudou a reduzir a pobreza e melhorar a nutrição.

É uma pena que tão poucas pessoas saibam da existência do CGIAR, mas é compreensível. Para começar, seu nome é frequentemente confundido com *charuto* ("Cigar" em inglês), o que parece sugerir uma conexão com a indústria do tabaco (não há nenhuma). Também não ajuda que o CGIAR não seja uma organização única, mas uma rede de quinze centros de pesquisa independentes, quase todos conhecidos por suas siglas complicadas. A lista inclui CIFOR, ICARDA, CIAT, ICRISAT, IFPRI, IITA, ILRI, CIMMYT, CIP, IRRI, IWMI e ICRAF.

Apesar de sua tendência para a sopa de letrinhas, o CGIAR será indispensável na criação de colheitas e gado inteligentes para o clima para os agricultores pobres do mundo. Um dos meus exemplos favoritos é seu trabalho com milho tolerante à seca.

Embora as colheitas de milho na África Subsaariana sejam mais baixas do que em qualquer outro lugar do mundo, mais de 200 milhões de famílias na área ainda dependem desta planta para seu sustento. À medida que os padrões climáticos se tornaram mais imprevisíveis, o risco de esses agricultores colherem safras de milho ainda mais escassas, ou mesmo falhar completamente, aumentou.

Por esta razão, os especialistas do CGIAR desenvolveram dezenas de novas variedades de milho capazes de resistir às condições de seca, cada uma adaptada a regiões específicas da África. No início, muitos pequenos agricultores hesitaram em experimentar essas novas variedades. E com razão: quando está em jogo o sustento de alguém, é normal que não queira se arriscar a plantar sementes que nunca usou, porque se morrer, perde tudo. No entanto, os especialistas assumiram a tarefa de explicar os benefícios das novas variedades aos agricultores e comerciantes de sementes locais, e cada vez mais pessoas começaram a adotá-las.

Os resultados transformaram a vida de muitas famílias. No Zimbábue, por exemplo, os agricultores em áreas de baixa precipitação que plantaram milho tolerante à seca colheram até 600 quilos a mais por hectare (o suficiente para alimentar seis pessoas por nove meses) do que aqueles que aderiram às variedades

tradicionais. Aqueles que optaram por vender as safras receberam dinheiro extra suficiente para mandar seus filhos à escola e cobrir outras necessidades domésticas. Os especialistas associados ao CGIAR decidiram desenvolver variedades de milho que cresçam bem em solos pobres em nutrientes; que são resistentes a doenças, pragas ou ervas; que aumentam o desempenho em até 30% e ajudam a combater a desnutrição.

E não se trata apenas de milho. Graças aos esforços do CGIAR, o uso de novos tipos de arroz tolerante à seca está se espalhando na Índia, onde as mudanças climáticas estão causando mais períodos de seca durante a estação chuvosa. Eles também estão desenvolvendo uma classe de arroz - habilmente apelidada de "arroz autônomo" - capaz de sobreviver debaixo d'água por duas semanas. As plantas de arroz geralmente reagem à inundação esticando as folhas da água; se ficarem submersos por muito tempo, gastam toda a sua energia tentando escapar e, em essência, acabam morrendo de exaustão. O arroz scuba não apresenta esse problema: ele tem um gene chamado SUB1 que é ativado durante

inundando e faz com que a planta fique dormente, para que pare de se estender até que as águas baixem.

O CGIAR não está focado apenas em novas sementes. Seus cientistas criaram um aplicativo para smartphone que permite aos agricultores usar suas câmeras móveis para identificar pragas e doenças específicas que afetam a mandioca, um importante cultivo comercial na África. Eles também criaram programas para drones e sensores de solo para ajudar os agricultores a determinar a quantidade de água e fertilizante que suas plantas requerem.



Campo de arroz de mergulho, capaz de sobreviver submerso por duas semanas seguidas, vantagem que se tornará ainda mais importante à medida que as enchentes se tornarem mais frequentes. [5]

Agricultores com poucos recursos precisam de mais inovações como essas, mas

fornecê-las requer mais dinheiro disponível para o CGIAR e outros pesquisadores agrícolas. A pesquisa agrícola sempre recebeu menos financiamento do que o necessário. De hecho, duplicar la financiación del CGIAR para que pueda ayudar a más agricultores es una de las principales recomendaciones de la Comisión Global de Adaptación, que dirijo junto con Ban Ki-moon, exsecretario general de la ONU, y Kristalina Georgieva, exdirectora general del Banco mundial. (19)\_[6] Não tenho dúvidas de que é um dinheiro bem gasto: cada dólar investido em pesquisas do CGIAR gera cerca de US \$ 6 de lucro. Warren Buffet daria o braço certo para um investimento com um retorno de seis para um que também salvou vidas.

Além de ajudar os pequenos agricultores a aumentarem suas safras, nossa comissão de adaptação recomenda três outras medidas relacionadas à agricultura:

**Facilite para os agricultores a gestão dos riscos decorrentes de um clima mais caótico.** Por exemplo, os governos podem ajudá-los a crescer e criar uma diversidade maior de plantas e animais para que não sejam arruinados por um revés. Os governos devem considerar o fortalecimento dos sistemas de

seguridade social e a implementação de seguros agrícolas baseados no clima para ajudar os agricultores a se recuperarem das perdas.

**Concentre-se nas pessoas mais vulneráveis.** Embora as mulheres não sejam o único grupo vulnerável, elas são o maior. Por todos os tipos de razões - culturais, políticas, econômicas - as mulheres que vivem da agricultura acham isso ainda mais difícil do que os homens. Alguns não têm direitos garantidos às suas terras, por exemplo, igualdade de acesso à água, possibilidade de obtenção de financiamento para a compra de fertilizantes ou mesmo boletim meteorológico. Portanto, devemos defender os direitos das mulheres à propriedade e oferecer assessoria técnica especificamente dirigida a elas, entre outras coisas. Os benefícios podem ser dramáticos: de acordo com um estudo de uma agência da ONU, se as mulheres tivessem o mesmo acesso aos recursos que os homens,

que passam fome no mundo em uma cifra entre 12 e 17 por cento.

[7]

**Contemplando as mudanças climáticas nas políticas públicas.** Muito pouco dinheiro é gasto em ajuda de adaptação para agricultores; Apenas uma pequena parte dos 500 bilhões que os governos gastaram na agricultura entre 2014 e 2016 foi alocada para atividades destinadas a amenizar o golpe que as mudanças climáticas trarão para os mais desfavorecidos. Os governos devem elaborar políticas e incentivos para ajudar os agricultores a reduzir suas emissões e, ao mesmo tempo, produzir mais alimentos.

Resumindo: pessoas de renda alta e média são responsáveis por grande parte das mudanças climáticas. Os mais pobres são aqueles que menos contribuíram para causar o problema e, em vez disso, aqueles que provavelmente sofrerão mais com seus efeitos. Eles merecem a ajuda do mundo e precisam de mais do que estão recebendo.

Nas últimas duas décadas, aprendi muito sobre a situação difícil dos agricultores de baixa renda - bem como o impacto que as mudanças climáticas terão sobre eles - por meio do meu trabalho contra a pobreza global. Na verdade, tornou-se uma paixão, pois me permite maravilhar-me com a fascinante ciência por trás do melhoramento de safras.

Até recentemente, eu não tinha pensado muito sobre outras peças do quebra-cabeça da adaptação, como quais etapas as cidades

deveriam tomar para se preparar ou como as mudanças climáticas afetarão os ecossistemas. No entanto, tive a oportunidade de aprofundar essas questões graças à minha participação na comissão de adaptação que acabei de mencionar. A seguir, apresento algumas coisas que aprendi com o trabalho da entidade - assessorado por dezenas de especialistas em ciência, políticas públicas, indústria e outras áreas - para que você possa ter uma ideia de outros elementos que serão necessário para se adaptar a um clima mais quente.

Em termos gerais, podemos dividir a adaptação em três estágios.

O primeiro é minimizar os riscos colocados pelas alterações climáticas com medidas como a adaptação de edifícios e outras infra-estruturas, protecção das zonas húmidas como baluarte contra inundações e - se necessário

necessário - encoraje as pessoas a evacuarem permanentemente as áreas que não são mais habitáveis.

O próximo passo é se preparar para reagir a emergências. Precisamos continuar a melhorar as previsões meteorológicas e os sistemas de alerta precoce para disseminar informações sobre tempestades. E quando ocorre um desastre, são necessários socorristas bem equipados e treinados, bem como um sistema para coordenar evacuações temporárias.

Finalmente, depois de uma catástrofe, chega o período de recuperação. Precisaremos de um plano para fornecer serviços aos deslocados, como saúde e educação, bem como seguro que ajude pessoas de todos os níveis de renda a reconstruírem suas casas e regulamentos que garantam que os edifícios reconstruídos sejam mais bem adaptados às mudanças climáticas do que antes.

Eu venho com estas quatro grandes manchetes sobre adaptação:

**As cidades devem mudar a maneira como crescem.** As áreas urbanas abrigam mais da metade da população da Terra - uma proporção que aumentará nos próximos anos - e são responsáveis por mais de três quartos da economia mundial. À medida que muitas cidades de crescimento mais rápido se expandem, elas acabam construindo em várzeas, florestas e pântanos que poderiam absorver as águas das enchentes durante uma tempestade ou reter a água durante uma seca.

Embora as mudanças climáticas afetem todas as cidades, os problemas mais sérios afetarão as do litoral. Centenas de milhões de pessoas podem ser forçadas a deixar suas casas quando o nível do mar subir e as tempestades se intensificarem. Em meados deste século, a mudança climática poderia custar às populações costeiras mais de um trilhão de dólares ... por ano. Afirmar que isso vai exacerbar as dificuldades que quase todas as cidades já enfrentam - pobreza, aumento da falta de moradia, falta de acesso a saúde ou educação - seria um eufemismo.

Em que consistiria a adaptação de uma cidade às mudanças climáticas? Para começar, os planejadores precisam dos dados mais recentes sobre os riscos climáticos, bem como projeções derivadas de modelos de computador que preveem o impacto do aquecimento global. (No momento, muitas autoridades urbanas em países em desenvolvimento carecem até mesmo de mapas básicos que indiquem as áreas da cidade mais sujeitas a inundações.)

Munidos das informações mais atualizadas, eles poderão tomar melhores decisões sobre o layout de bairros e parques industriais, construir ou expandir diques marítimos, proteger-se de tempestades cada vez mais violentas, fortalecer os sistemas de drenagem de águas pluviais e elevar docas para isso permanecer acima do nível do mar.

Para ser realmente concreto: se queremos construir uma ponte sobre o rio local, ela deve ter quatro ou seis metros de altura? Quanto maior custará mais no curto prazo, mas se soubermos que as chances de uma forte enchente na próxima década são consideráveis, será a decisão mais inteligente. Melhor construir uma ponte cara uma vez do que uma ponte dois.

E não se trata apenas de renovar a infraestrutura que as cidades já possuem: as mudanças climáticas também nos obrigarão a considerar necessidades inteiramente novas. Por exemplo, cidades com dias extremamente quentes e muitos habitantes que não podem pagar pelo ar condicionado terão que criar centros com ar condicionado (instalações onde as pessoas podem ir para escapar das altas temperaturas). Infelizmente, o aumento do uso de ar condicionado também significa aumento das emissões, mais um motivo pelo qual os avanços no resfriamento que você discutiu no Capítulo 8 são importantes.

**Devemos fortalecer nossas defesas naturais.** As florestas armazenam e regulam a água. As zonas húmidas evitam inundações e fornecem água aos agricultores e às cidades. Os recifes de coral são o lar dos peixes dos quais as comunidades costeiras se alimentam. Mas essas e outras defesas naturais contra as mudanças climáticas estão desaparecendo visivelmente. Só em 2018, quase 3,5 milhões de hectares de floresta primária foram destruídos e, quando o aquecimento atingir 2 graus Celsius - como era de se esperar - quase todos os recifes de coral do mundo desaparecerão.

Por outro lado, restaurar ecossistemas seria muito benéfico. Os serviços de água nas maiores cidades economizariam até US \$ 890 milhões por ano com a restauração de florestas e bacias hidrográficas. Muitos países já estão liderando o caminho: no Níger, uma campanha de reflorestamento liderada por agricultores disparou os rendimentos das colheitas, aumentou a cobertura florestal e reduziu o tempo que as mulheres gastam na coleta de lenha de três horas por dia para uma média. A China classificou cerca de um quarto de seu território como bens

recursos naturais essenciais, e priorizará a conservação e proteção do ecossistema neles. O México declarou um terço de suas bacias hidrográficas protegidas para preservar o abastecimento de água a 45 milhões de pessoas.

Acrescentando mais exemplos, sensibilizando as pessoas para a importância dos ecossistemas e ajudando outros países a trilharem o mesmo caminho, usufruiremos dos benefícios de uma defesa natural contra as alterações climáticas.

Existe outra solução em mãos, por assim dizer: os manguezais. Os manguezais são árvores baixas que crescem na costa, pois estão adaptadas à vida na água salgada; eles atenuam as ondas de tempestade, evitam inundações costeiras e protegem os habitats dos peixes. No total, os manguezais ajudam a evitar perdas estimadas em US \$ 80 bilhões em inundações em todo o mundo e economizam outros bilhões de outras maneiras. Plantar é muito mais barato do que construir quebra-mares, e as árvores também melhoram a qualidade da água. São um excelente investimento.

**Precisaremos de mais água potável do que podemos fornecer.**

Devido à diminuição do nível dos lagos e aquíferos e à sua contaminação, é cada vez mais difícil fornecer água potável a todos os

que dela necessitam. A maioria das megacidades do mundo já sofre de severa escassez

e, se não for controlado, antes da metade do século o número de pessoas que não terão água razoavelmente limpa pelo menos uma vez por mês aumentará em mais de um terço, para mais de 5 bilhões de pessoas.



Plantar manguezais é um ótimo investimento. Eles ajudam a prevenir perdas de cerca de US \$ 80 bilhões anuais com inundações. [8]

A tecnologia pode fornecer parte da solução. Já sabemos dessalinizar a água do mar para torná-la potável, mas o processo exige muita energia, assim como o transporte da água do mar para a dessalinizadora e o sistema para levá-la a quem precisa. (Isso significa que o problema da água, como tantos outros, é essencialmente um problema de energia: se tivéssemos energia limpa e barata suficiente, poderíamos tornar potável toda a água de que precisamos.)

Estou seguindo de perto uma ideia engenhosa de extrair água do ar. É essencialmente um desumidificador que funciona com energia solar e está equipado com um avançado sistema de filtragem dos poluentes do ar. Essa tecnologia já existe hoje, mas custa milhares de dólares - muito para os pobres do mundo, que sofrerão mais com a escassez de água.

Até que uma versão acessível deste sistema seja desenvolvida, devemos tomar medidas práticas, incentivar a diminuição da demanda por água e

esforçar-se para aumentar seu suprimento. Isso inclui tudo, desde o tratamento de águas residuais até a irrigação just-in-time, o que reduz o uso de água e, ao mesmo tempo, aumenta o rendimento das safras.

**Finalmente, para financiar projetos, devemos desbloquear novos investimentos.** Não estou falando de ajuda externa aos países em desenvolvimento - embora também seja necessária -, mas da maneira como o dinheiro público pode encorajar investidores privados a apoiar projetos de adaptação.

O problema que temos de superar é que, embora os custos de adaptação sejam pagos de uma só vez, os benefícios econômicos podem levar anos para chegar. Você pode, por exemplo, proteger sua empresa contra enchentes hoje, mas ela não será atingida por uma enchente por dez a vinte anos. Além disso, a proteção contra inundações não gerará liquidez; Os clientes não pagarão mais por seus produtos só porque você se certificou de que o esgoto não inundará seu porão. Portanto, os bancos relutarão em emprestar-lhe o dinheiro para o projeto ou cobrarão uma taxa de juros mais alta. De qualquer forma, você terá que assumir parte das despesas, caso em que pode decidir se abster sem levar a cabo a reforma.

Se extrapolarmos esse exemplo para uma cidade, estado ou país inteiro, entenderemos

por que o setor público deve desempenhar um papel tanto no financiamento de projetos de adaptação quanto no recrutamento do setor privado. Temos que fazer da adaptação um investimento atraente.

Para fazer isso, devemos começar encontrando maneiras de os mercados financeiros públicos e privados considerarem os riscos das mudanças climáticas e avaliá-los de forma adequada. Já existem governos e empresas que avaliam os riscos climáticos como critério de seleção de projetos; todo mundo deveria. Além disso, os governos poderiam alocar mais fundos para adaptação, definir metas de investimento ao longo do tempo e adotar políticas que mitiguem o risco para investidores privados. Quando os projetos de adaptação começarem a dar frutos visíveis, o investimento privado sem dúvida crescerá.

Você pode estar se perguntando quanto custaria tudo isso. Não existe um método para determinar o preço de tudo o que o mundo precisa fazer para se adaptar às mudanças climáticas, mas a comissão da qual faço parte calculou despesas em cinco áreas principais (desenvolvimento de sistemas de alerta precoce, construção de infraestrutura resistente às intempéries,

aumento da produção agrícola, gestão da água e proteção dos manguezais) e concluiu que um investimento de 1,8 trilhão de dólares entre 2020 e 2030 teria um retorno de mais de 7 trilhões. Para entender a magnitude desse número, vamos pensar que, espalhado ao longo de uma década, equivaleria a cerca de 0,2% do PIB mundial, e que o retorno praticamente quadruplicaria o valor do investimento.

Os benefícios podem ser medidos pelas coisas ruins que não acontecem: guerras civis que não eclodem pelo direito à água, fazendeiros que não vão à falência por uma seca ou inundação, cidades que não são devastadas por um furacão, milhares de pessoas que não são deslocadas por desastres climáticos. Eles também podem ser medidos com base nas coisas boas que *sim* eles acontecem: crianças recebendo os nutrientes de que precisam, famílias deixando para trás a pobreza e ingressando na classe média global, empresas, cidades e países que prosperam apesar do clima quente.

Independentemente de nossa opinião sobre o assunto, os argumentos econômicos são claros, assim como os morais. A pobreza extrema despencou no último quarto de século, de 36 por cento da população mundial em 1990 para 10 por cento em 2015, [\[9\]](#) embora COVID-19 tenha sido um grande retrocesso para o progresso. A mudança climática pode desfazer ainda mais o progresso e aumentar

o número de pessoas que vivem na pobreza extrema em até 13%.

Aqueles de nós que mais contribuíram para este problema têm a obrigação de ajudar o resto do planeta a sobreviver a ele. Devemos isso a eles.

Há outro aspecto da adaptação que merece muito mais atenção do que estamos dando: devemos nos preparar para o pior cenário possível.

Os climatologistas identificaram muitos pontos de inflexão que podem acelerar drasticamente a mudança climática. É o caso de estruturas cristalinas semelhantes a gelo, encontradas no fundo do oceano e que contêm grandes quantidades de metano; eles podem se tornar instáveis e explodir o gás. Em um tempo relativamente curto, existe a possibilidade de desastres em diferentes partes do mundo, o que prejudicaria nossas tentativas de nos preparar e agir contra as mudanças climáticas. Quanto mais altas as temperaturas sobem, maior a probabilidade de atingirmos um desses pontos de inflexão.

Se a qualquer momento parecermos que estamos indo em direção a um deles, começaremos a ouvir mais de uma série de ideias ousadas - ou malucas, segundo alguns - que caem sob o guarda-chuva da "geoengenharia". Seus postulados não foram comprovados e levantam questões éticas espinhosas. Em suma, vale a pena estudar e debater sobre eles, enquanto ainda podemos nos dar ao luxo de estudar e debater.

A geoengenharia é uma ferramenta inovadora, do tipo "quebra o vidro em caso de emergência". A ideia fundamental é operar mudanças temporárias nos oceanos ou na atmosfera terrestre para baixar a temperatura do planeta. O objetivo dessas mudanças não seria nos isentar da responsabilidade de reduzir as emissões, mas apenas ganhar tempo para conseguir nossas baterias.

Tenho financiado alguns estudos de geoengenharia há vários anos (um financiamento insignificante em comparação com o trabalho de mitigação que patrocino). Quase todas as propostas de geoengenharia se baseiam na ideia de que, para neutralizar todo o aquecimento causado pelos gases do efeito estufa que lançamos na atmosfera, devemos limitar em cerca de 1% a quantidade de luz solar que a luz solar recebe.

(vinte)

Isso pode ser feito de várias maneiras. Uma é espalhar partículas extremamente pequenas - apenas alguns milionésimos de centímetro de diâmetro - nas camadas superiores da atmosfera. Os cientistas sabem que essas partículas espalhariam luz, fazendo com que o planeta esfriasse, porque eles já observaram o fenômeno: quando um vulcão particularmente poderoso entra em erupção, partículas semelhantes são lançadas na atmosfera, causando uma queda mensurável na temperatura global.

Outra ideia da geoengenharia é baseada na geração de nuvens mais brilhantes. Como a parte superior das nuvens espalha a luz do sol, poderíamos resfriar a terra tornando-as mais reflexivas por meio de um spray salino que aumenta essa dispersão. Além disso, um grande aumento não seria necessário; obter a redução de 1 por cento exigiria apenas aumentar o brilho das nuvens que cobrem 10 por cento da superfície da Terra em 10 por cento.

Existem outras estratégias de geoengenharia; todos eles compartilham três características. Em primeiro lugar, eles são relativamente baratos em comparação com a magnitude do problema, uma vez que os custos de capital iniciais seriam

menos de US \$ 10 bilhões e despesas operacionais mínimas. Em segundo lugar, o efeito nas nuvens duraria cerca de uma semana, então poderíamos usar esse método pelo tempo necessário e depois interrompê-lo, sem um impacto de longo prazo. E, terceiro, as dificuldades técnicas que essas ideias podem encontrar seriam insignificantes em comparação com os obstáculos políticos que sem dúvida encontrariam.

Alguns críticos da geoengenharia afirmam que se trata de um experimento em grande escala com o planeta, embora, como seus proponentes apontam, já estejamos fazendo experimentos em grande escala com o planeta, emitindo grandes quantidades de gases de efeito estufa.

Com justiça, deve-se reconhecer que precisamos entender melhor o impacto potencial da geoengenharia em nível local. Essa preocupação legítima requer um estudo muito mais aprofundado antes mesmo de considerarmos testar a geoengenharia em grande escala no mundo real. Além disso, como a atmosfera é literalmente uma questão de preocupação global, nenhum país deve tentar fazer a geoengenharia por conta própria. É necessário consenso.

Neste momento, é difícil imaginar que diferentes países possam concordar em regular artificialmente a temperatura do planeta. No entanto, a geoengenharia é nossa única esperança de resfriar a Terra em questão de anos ou mesmo décadas sem

arruinar a economia. Talvez chegue o dia em que não tenhamos alternativa. É melhor nos prepararmos para esse dia agora.

# PORQUE SÃO IMPORTANTES A POLÍTICA GOVERNAMENTA L

**E**m 1943, no auge da Segunda Guerra Mundial, uma espessa nuvem de fumaça desceu sobre Los Angeles. Era tão tóxico que as pessoas tinham coceira nos olhos e nariz escorrendo. Os

motoristas não conseguiam ver a três quarteirões de distância. Alguns residentes acreditavam que o exército japonês havia lançado um ataque com armas químicas contra a cidade.

A verdade era que ninguém estava atacando Los Angeles ... pelo menos não um exército estrangeiro. O verdadeiro culpado era a poluição, criada pela infeliz coincidência da poluição do ar com certas condições climáticas.

Quase uma década depois, em dezembro de 1952, Londres ficou

paralisada pela poluição atmosférica por cinco dias. Ônibus e ambulâncias pararam de circular. A visibilidade era tão baixa, mesmo dentro dos prédios, que os cinemas fechavam. Os saqueadores estavam à vontade, porque a polícia não conseguia ver a mais de alguns metros de distância em nenhuma direção. (Fãs da série Netflix *A coroa*,

Como eu, você se lembrará de um episódio emocionante da primeira temporada que ocorre durante esses eventos terríveis.) Como resultado do incidente, conhecido hoje como a Grande Névoa de Londres, pelo menos 4.000 pessoas foram mortas.

Devido a eventos desse tipo, nas décadas de 1950 e 1960, a poluição do ar tornou-se uma grande preocupação pública nos Estados Unidos e na Europa, e os legisladores reagiram rapidamente. Em 1955, o Congresso dos Estados Unidos começou a destinar recursos para pesquisar o problema e suas possíveis soluções. No ano seguinte, o governo britânico promulgou a Lei do Ar Limpo, que estabeleceu zonas de controle de fumaça em todo o país, nas quais apenas combustíveis de queima mais limpa eram permitidos. Sete anos depois, a Lei do Ar Limpo nos Estados Unidos estabeleceu o sistema moderno para regular a poluição do ar no país; continua a ser a lei mais abrangente - e uma das mais influentes - sobre a poluição do ar, que pode pôr em perigo a saúde pública. Em 1970,

A Lei do Ar Limpo atingiu seu objetivo - limpar o ar de gases

tóxicos - e desde 1990 o nível de emissões de dióxido de nitrogênio nos Estados Unidos caiu 56%, o monóxido de carbono 77% e o dióxido de enxofre 88%. O chumbo praticamente desapareceu das emissões do nosso país. Embora ainda haja trabalho a ser feito, conseguimos tudo isso quando a economia e a população estavam em pleno crescimento.



Este policial teve que usar um sinalizador para direcionar o tráfego durante o Grande Nevoeiro de Londres em 1952. [1]

Mas você não precisa voltar no tempo para encontrar exemplos de políticas lúcidas que ajudam a resolver problemas como a poluição do ar. Em 2014, a China lançou vários programas em resposta ao forte aumento da poluição atmosférica nos centros urbanos e ao rápido aumento dos níveis de poluentes perigosos no ar. O governo estabeleceu novas metas para reduzir a poluição do ar, proibiu a construção de usinas a carvão perto das cidades mais poluídas e estabeleceu limites para a circulação de veículos não elétricos nas grandes cidades. Em poucos anos, Pequim anunciou uma redução de 36% em certos tipos de poluentes, e Baoding, uma cidade de 11 milhões de habitantes, relatou uma redução de 38%.

Embora a poluição atmosférica continue a ser uma das principais causas de doenças e mortes - com toda a probabilidade mata mais de 7 milhões de pessoas por ano - não há dúvida de que as medidas que tomamos impediram que o número fosse ainda maior. [\(vinte e um\)](#) (Eles também ajudaram a reduzir um pouco os gases do efeito estufa, embora não fosse seu propósito original.) Hoje, eles exemplificam melhor do que qualquer outra coisa o

papel proeminente a ser desempenhado pelas políticas governamentais nos esforços para prevenir um desastre climático.

Admito que o termo "política" é vago e indefinido. Uma grande conquista como baterista é mais glamorosa do que as políticas que permitiram que algum químico a inventasse. No entanto, a conquista não teria ocorrido sem um governo investindo dinheiro de impostos em pesquisa, políticas destinadas a trazer essa pesquisa do laboratório para os mercados e regulamentações que teriam criado mercados e facilitado sua implementação em grande escala.

Neste livro, enfatizei as invenções de que precisamos para atingir a meta de zero - novas maneiras de armazenar eletricidade e fazer aço, entre outras coisas - mas inovação não é apenas desenvolver novos dispositivos, mas também desenvolver novas políticas. Para demonstrar a utilidade dessas invenções e colocá-las no mercado o mais rápido possível.

Felizmente, ao formular essas políticas, não partimos de uma página em branco. Nós temos *muito* experiência em regulação energética. Na verdade, é um dos setores mais regulados da

economia, tanto nos Estados Unidos quanto no resto do mundo.

Além de um ar mais limpo, as políticas de energia inteligente nos deram o seguinte:

**Eletrificação.** Em 1910, apenas 12% dos americanos tinham eletricidade em suas casas. Em 1950, esse número havia subido para mais de 90% graças a iniciativas como financiamento federal para a construção de barragens, a criação de agências reguladoras de energia federais e um grande projeto do governo para levar eletricidade às áreas rurais.

**Segurança energética** Na esteira da crise do petróleo da década de 1970, os Estados Unidos começaram a aumentar a produção nacional por meio de várias fontes de energia. O governo federal introduziu seus primeiros projetos de pesquisa e desenvolvimento em 1974. No ano seguinte, uma grande legislação de conservação de energia foi aprovada, incluindo padrões de eficiência de combustível para veículos. Dois anos depois foi criado o Departamento de Energia. Então, na década de oitenta, o preço do petróleo despencou e colocamos muitos desses planos em espera ... até que o preço começou a subir novamente na primeira década do século.

XXI, que desencadeou uma nova onda de investimentos e regulamentação.  
Obrigado

Para esses e outros esforços, em 2019, pela primeira vez em setenta anos, os Estados Unidos exportaram

mais energia do que importaram. [\[dois\]](#)

**Recuperação econômica** . Após a Grande Recessão de 2008, os governos, para criar empregos e aumentar o investimento, alocaram recursos para energias renováveis, eficiência energética, infraestrutura elétrica e redes ferroviárias. Em 2018, a China lançou um pacote de estímulo de 584 bilhões de dólares que, em grande parte, foram para projetos verdes. A Lei de Recuperação e Reinvestimento dos Estados Unidos de 2009 estabeleceu deduções fiscais, subsídios federais, garantias de crédito e fundos de pesquisa e desenvolvimento com o objetivo de apoiar a economia e reduzir as emissões. Embora este seja o maior investimento em energia limpa e eficiência energética já feito nos Estados Unidos, foi uma injeção única, não uma mudança duradoura na política pública.

Agora é a hora de transformar nossa experiência como formuladores de políticas no desafio que enfrentamos: reduzir as emissões de gases de efeito estufa a zero.

Os líderes de todos os países terão que articular um plano de transição da economia global para a

neutralidade de carbono. Esse plano, por sua vez, pode nortear as ações de pessoas e empresas em todo o mundo. Funcionários do governo podem redigir regulamentos sobre a quantidade de carbono que as usinas, veículos e fábricas podem emitir. Eles podem adotar regulamentações que moldam os mercados financeiros e esclarecem os riscos das mudanças climáticas para os setores público e privado. Eles podem continuar a cumprir o papel de investidores líderes em pesquisas científicas que já realizam e desenvolver as regras que determinam a rapidez com que novos produtos entram no mercado. E podem ajudar a resolver alguns problemas que o mercado não está treinado para resolver,

Embora muitas dessas decisões sejam tomadas em nível nacional, os governos estaduais e municipais também desempenham um papel importante. Em muitos países, os governos subnacionais regulam

mercados de eletricidade e ditar regras sobre o uso de energia em edifícios. Eles elaboram projetos para grandes obras - barragens, redes de transporte, pontes e estradas - e determinam onde realizá-los e com que materiais. Eles compram viaturas policiais e caminhões de bombeiros, merenda escolar e lâmpadas. Em cada etapa, alguém terá que decidir se vai ou não ser ecológico.

Pode parecer irônico que eu esteja defendendo mais intervenção governamental.

Quando estava construindo a Microsoft, mantive distância dos formuladores de políticas em Washington e do mundo, acreditando que eles impediriam nosso melhor trabalho. Em parte, o processo antitruste movido pelo governo dos Estados Unidos contra a Microsoft no final da década de 1990 me levou a entender que deveríamos ter lidado com os legisladores desde o início. Também sei que quando chegar a hora de grandes iniciativas - seja construir uma rede rodoviária nacional, vacinar as crianças do mundo ou descarbonizar a economia global -

precisamos que o governo assuma um papel de liderança na criação dos incentivos certos e garantindo que o sistema como um todo beneficie a todos.

As empresas e os indivíduos também terão que fazer sua parte, é claro. Nos Capítulos 11 e 12, vou propor um plano para chegar a zero, com passos concretos que governos, empresas e indivíduos podem seguir. No entanto, uma vez que os governos desempenharão um papel tão importante, primeiro quero sugerir sete objetivos de alto nível que eles devem aspirar.

### **1. Cuidado com o déficit de investimento**

O primeiro forno de micro-ondas foi colocado no mercado em 1955. Custou quase

\$ 12.000, a valor atual. Hoje em dia você pode comprar um que funcione perfeitamente por \$ 50.

Por que as microondas eram tão baratas? Porque os consumidores entenderam imediatamente as vantagens de um aparelho capaz de aquecer alimentos em uma fração do que leva um forno convencional. As vendas de micro-ondas dispararam rapidamente, alimentando a concorrência no mercado, que por sua vez gerou uma produção cada vez mais barata desses aparelhos.

Gostaria que o mercado de energia funcionasse assim também, e o produto com as melhores características triunfasse sobre os concorrentes. Mas um elétron sujo acende tão bem quanto um limpo. Portanto, sem intervenção governamental - para impor um preço ao carbono ou regras que exijam um mínimo de elétrons verdes no mercado - não haverá garantias de que a empresa que investe em eletricidade limpa terá lucro. E isso é um risco considerável, porque a energia é um setor altamente regulamentado que requer muito capital.

Assim, não é difícil entender por que o setor privado investe tão pouco em P&D de energia. As empresas de energia gastam 0,3% de sua receita nisso, em média. As indústrias eletrônica e farmacêutica, por outro lado, alocam quase 10 e 13 por cento, respectivamente.

Precisaremos de políticas públicas e financiamento para preencher essas lacunas e nos concentrar especialmente nas áreas onde os avanços em tecnologia neutra em carbono são necessários. Quando uma ideia está em sua infância - isto é, quando não temos certeza se ela vai funcionar, e o sucesso pode levar mais tempo do que os bancos ou capitalistas de risco estão dispostos a esperar - podemos ter certeza de que será bem-sucedido. Explore exhaustivamente por meio de políticas e financiamento. Pode levar a um progresso extraordinário, mas também pode levar ao desastre, portanto, devemos tolerar alguns fracassos definitivos.

Em geral, é responsabilidade do governo investir em P&D quando o setor privado não o faz por considerar que não trará benefícios. Quando fica claro que uma empresa pode ter lucro, o setor privado assume. Na verdade, foi assim que se consolidaram produtos que muitos de nós usamos no dia a dia, como a internet, os remédios que salvam vidas e o Sistema de Posicionamento Global que usa nosso celular para nos orientar pela cidade. O negócio de computação pessoal - no qual a Microsoft

participa - nunca teria alcançado o sucesso que tem hoje se o governo dos EUA não tivesse financiado a pesquisa que resultou em microprocessadores menores e mais rápidos.

Em alguns setores, como a tecnologia digital, o governo passa o bastão para as empresas com bastante rapidez. No caso da energia limpa, o processo é muito mais lento e exige um comprometimento financeiro ainda maior do governo, pois o trabalho de cientistas e engenheiros consome muito tempo e recursos.

O investimento em pesquisa tem outra vantagem: muitas vezes ajuda a iniciar negócios em um país que exporta seus produtos para outros. Por exemplo, suponha que o país 1 pudesse desenvolver um eletrocombustível barato e vendê-lo não apenas para sua própria população, mas também para o país 2. Mesmo se o país 2 não fizesse um esforço especial para cortar suas emissões, acabaria fazendo isso de qualquer maneira, simplesmente porque outros inventaram um combustível melhor e mais barato.

Finalmente, embora a P&D seja lucrativa em si mesma, ela é mais eficaz quando complementada por estímulos de demanda. Nenhuma empresa transformará uma ideia esboçada em um jornal científico em um produto se não tiver certeza de que encontrará compradores dispostos, especialmente nos estágios iniciais, quando o produto será caro.

## **2. Nivele o campo de jogo**

Como eu tenho defendido *ao infinito* ( talvez até *ad nauseam*), temos que reduzir os prêmios verdes a zero. Isso pode ser alcançado em parte com as inovações descritas nos Capítulos 4 e 8, tornando mais barato fazer aço neutro em carbono, por exemplo. Mas também podemos aumentar o preço dos combustíveis fósseis adicionando o custo dos danos que eles geram.

Atualmente, os produtos fabricados por empresas ou adquiridos por consumidores não acarretam nenhum custo extra pelo carbono emitido durante sua fabricação, apesar de a sociedade pagar por isso um preço muito real. É o que os economistas chamam de "externalidades": uma despesa que

recai sobre a sociedade e não sobre a pessoa ou empresa responsável. Existem vários instrumentos para garantir que pelo menos parte desses custos externos sejam pagos por quem os causou, como imposto de carbono ou programas de comércio de emissões.

Em suma, para reduzir os prêmios verdes, podemos tornar as coisas sem uma pegada de carbono mais baratas (o que requer inovação técnica), tornar as coisas com uma grande pegada de carbono mais caras (o que requer inovação política) ou fazer uma combinação de ambos. Não se trata de punir as emissões de gases de efeito estufa, mas de criar incentivos para que os inventores encontrem alternativas verdes. Ao aumentar progressivamente o preço do carbono até que reflita seu custo real, os governos podem encorajar produtores e consumidores a tomar decisões mais eficientes e estimular inovações que reduzam os prêmios verdes.

### **3. Superar barreiras não comerciais**

Por que os proprietários relutam em substituir as caldeiras de combustível fóssil por elétricas, que produzem menos emissões? Por desconhecerem as alternativas, não há fornecedores e instaladores qualificados suficientes e, de fato, essas caldeiras são ilegais em alguns lugares. Por que os proprietários não renovam os edifícios com equipamentos mais modernos? Porque eles repassam as contas de energia para seus inquilinos, que muitas vezes não têm permissão para fazer reformas e podem não residir por tempo suficiente no prédio para colher os benefícios de longo prazo.

Como você já deve ter notado, nenhuma dessas barreiras tem muito a ver com custo.

Devem-se principalmente à falta de informação, pessoal

qualificados ou incentivos, todos os fatores que as políticas públicas adequadas podem influenciar fortemente.

#### 4. Mantenha-se atualizado

Às vezes, o maior obstáculo à descarbonização não é a conscientização do consumidor ou os mercados descontrolados, mas as próprias políticas governamentais.

Se, por exemplo, queremos usar concreto em uma construção, o código de construção estabelece com fios e sinais as características que ele deve ter: sua resistência, o peso que deve suportar, e assim por diante. Também é possível que descreva a composição química exata do concreto que podemos usar. Esses regulamentos tendem a rejeitar alguns tipos de cimento com baixa pegada de carbono, mesmo que atendam a todos os critérios de qualidade.

Ninguém quer que edifícios ou pontes desmoronem devido ao concreto defeituoso. No entanto, podemos garantir que os regulamentos reflitam os avanços mais recentes em tecnologia e a necessidade de chegar a zero o mais rápido possível.

#### 5. Planeje uma transição justa

Uma mudança em grande escala para uma economia neutra em carbono provavelmente terá seus vencedores e seus perdedores. Nos Estados Unidos, os estados cujas economias

dependem fortemente da extração de combustíveis fósseis - como Texas e Dakota do Norte, por exemplo - terão que criar empregos que pague tanto quanto serão perdidos, além de compensar a queda na renda promotores com quem em

escolas, estradas e outros serviços essenciais estão sendo financiados. E o mesmo vale para estados pecuários, como Nebraska, se a carne artificial ganhar espaço sobre a convencional. E as pessoas de baixa renda, que já gastam uma parte significativa de sua renda em energia, serão as mais afetadas pelos prêmios verdes.

Eu gostaria que houvesse respostas fáceis para esses problemas. Existem comunidades onde empregos com altos salários na indústria de petróleo e gás, sem dúvida, darão lugar a empregos na indústria de energia solar, por exemplo. No entanto, muitos outros terão que fazer uma transição difícil para outros meios de subsistência além da extração de combustíveis fósseis. Como as soluções variam de região para região, cabem às autoridades locais especificá-las. Ainda assim, o governo federal pode contribuir - como parte de um plano nacional para chegar a zero - fornecendo financiamento e assessoria técnica, bem como conectando comunidades em todo o país que enfrentam problemas semelhantes para compartilhar informações sobre o que está funcionando.

Finalmente, em comunidades onde a extração de carvão ou gás natural constitui uma parte significativa da economia, as pessoas,

compreensivelmente, ficarão preocupadas com o fato de que a transição tornará difícil para elas sobreviverem. Só porque expressam essa preocupação não os torna negadores da mudança climática. Não é preciso ser um cientista político para pensar que os líderes nacionais que defendem a zeragem obterão maior apoio se compreenderem as preocupações das famílias e comunidades cujos meios de subsistência serão gravemente afetados e as levarem a sério.

## **6. Lide com tarefas difíceis também**

Uma parte considerável da luta contra as mudanças climáticas concentra-se em maneiras relativamente fáceis de reduzir as emissões, como dirigir carros elétricos e obter mais energia do sol e do vento. Isso tem o seu

Lógico, pois fazer progresso visível e exibir realizações de curto prazo incentiva mais pessoas a embarcar no movimento. É importante: não estamos fazendo nem mesmo uma pequena fração das coisas fáceis que deveríamos, o que nos dá uma grande oportunidade de começar a fazer avanços gigantescos a partir de agora.

Mas não podemos nos contentar com objetivos simples. Agora que o movimento pró-clima está ficando sério, precisamos enfrentar também os difíceis desafios: armazenar eletricidade, combustíveis limpos, cimento, aço e fertilizantes, entre outras coisas. E isso exigirá uma abordagem diferente ao projetar novas políticas. Além de implementar os instrumentos de que já dispomos, teremos que investir mais em P&D visando tornar possíveis objetivos difíceis e - como muitos deles são vitais para elementos de nossa infraestrutura física, como edifícios e estradas - implementando políticas expressamente projetado para fazer esses avanços e colocá-los no mercado.

## **7. Combinar tecnologia e política com os mercados**

Além da tecnologia e das políticas, devemos considerar um terceiro aspecto: as empresas que desenvolverão novas invenções e tentarão comercializá-las em escala global, bem como os investidores e mercados financeiros que as endossarão. Por falta de uma palavra melhor, agruparei esses agentes sob o termo "mercados".

Mercados, tecnologia e políticas constituem os três níveis que devemos empurrar para nos afastarmos dos combustíveis fósseis. Temos que empurrar os três ao mesmo tempo e na mesma direção. A simples adoção de uma política - uma regulamentação de emissão zero para veículos, por exemplo - não fará muito bem se não tivermos tecnologia para eliminar as emissões ou se não houver empresas dispostas a fabricar e vender carros que atendam aos requisitos. Por outro lado, ter uma tecnologia de baixa emissão - por exemplo, um dispositivo

Capturar carbono dos gases de exaustão de uma usina a carvão também não adiantará muito se não tivermos o estímulo financeiro para que as empresas de energia o instalem. E poucas empresas apostariam no desenvolvimento de invenções com emissão zero se a concorrência vendesse produtos mais baratos derivados de combustíveis fósseis.

É por isso que mercados, políticas e tecnologia devem se complementar. Medidas como o investimento em P&D podem contribuir para a criação de novas tecnologias e a configuração de sistemas de mercado que permitem chegar a milhões de pessoas. Mas isso também funciona ao contrário: as tecnologias que desenvolvemos devem, por sua vez, configurar políticas. Se, digamos, descobríssemos um combustível líquido revolucionário, nossas políticas se concentrariam na criação de estratégias de investimento e financiamento para distribuí-lo em escala global, e não teríamos que nos preocupar tanto em encontrar novas maneiras de armazenar energia, entre outras coisas .

Aqui estão alguns exemplos do que acontece quando todos os três fatores concordam e quando não.

Para ver o efeito do atraso das políticas em tecnologia, basta olhar para a indústria de energia nuclear. É a única fonte de energia neutra em carbono que podemos

usar em quase qualquer lugar, 24 horas por dia, 7 dias por semana. Um punhado de empresas, incluindo a TerraPower, está trabalhando em reatores avançados que resolverão os problemas apresentados pelo projeto de cinquenta anos no qual os atuais se baseiam; eles serão mais seguros, baratos e gerarão muito menos resíduos. No entanto, sem as políticas certas e uma abordagem correta dos mercados, os esforços de cientistas e engenheiros para desenvolver esses reatores avançados não serão ouvidos. Nenhuma usina nuclear avançada será construída a menos que o projeto seja validado, cadeias de abastecimento são estabelecidas e um projeto piloto é construído para demonstrar a eficácia do novo sistema.

Infelizmente, isso não é viável para a maioria dos países, com poucas exceções, como China e Rússia, que investem diretamente em empresas de energia nuclear avançada com apoio estatal. Seria desejável se alguns governos estivessem dispostos a co-investir neles para construir e operar reatores-piloto, como o governo dos Estados Unidos fez recentemente. Estou ciente de que isso pode soar como uma proposta interessante, pois tenho um negócio em que investem diretamente em empresas de energia nuclear avançada que contam com o apoio do Estado. Seria desejável se alguns governos estivessem

dispostos a co-investir neles para construir e operar reatores-piloto, como o governo dos Estados Unidos fez recentemente. Estou ciente de que isso pode soar como uma proposta interessante, pois tenho um negócio em que investem diretamente em empresas de energia nuclear avançada que contam com o apoio do Estado. Seria desejável se alguns governos estivessem dispostos a co-investir neles para construir e operar reatores-piloto, como o governo dos Estados Unidos fez recentemente.

Estou ciente de que isso pode soar como uma proposta interessante, pois tenho um negócio em tecnologia nuclear avançada, mas é a única forma desta energia nos ajudar a combater as alterações climáticas.

O exemplo dos biocombustíveis ilustra um desafio diferente: ser muito claro sobre o problema que estamos tentando resolver e ajustar as políticas de acordo.

Em 2005, como resultado da alta do preço do petróleo e com o objetivo de reduzir as importações, o Congresso dos Estados Unidos aprovou o Regulamento dos Combustíveis Renováveis, que estabelecia metas quanto à quantidade de biocombustíveis que o país deveria utilizar nos próximos anos. A aprovação por si só mandou uma mensagem forte ao setor de transportes, que investiu muito dinheiro no tipo de biocombustível que existia na época: o etanol derivado do milho. Esse produto já se tornara um sério concorrente da gasolina, à

medida que continuava a ficar mais caro e os produtores de etanol gozavam de deduções fiscais estabelecidas há décadas.

A medida valeu a pena. A produção de etanol superou rapidamente as metas estabelecidas pelo Congresso; Hoje, um litro de gasolina vendido nos Estados Unidos pode conter até 10% de etanol. Então, em 2007, o Congresso voltou-se para os biocombustíveis para resolver outro problema. Seu objeto de preocupação não era mais apenas o aumento dos preços do petróleo, mas também as mudanças climáticas. Além de estabelecer metas mais ambiciosas para os biocombustíveis, o governo exigiu que cerca de 60 por cento de todos os biocombustíveis vendidos nos Estados Unidos fossem feitos de amidos que não vieram do milho (já que esta classe de biocombustíveis envolve uma redução de emissões três vezes maior do que convencionais).

Porque? Em parte porque a ciência por trás dos biocombustíveis avançados é muito complicada. Além disso, os preços do petróleo permaneceram relativamente baixos, tornando difícil justificar o aumento do investimento em uma alternativa mais cara. Mas outro motivo contundente é que nem as empresas que poderiam fabricar esses biocombustíveis nem os investidores que poderiam apostar neles os tinham todos com eles no que diz respeito ao mercado.

Como o Poder Executivo espera um déficit no fornecimento de biocombustíveis avançados, ele não parou de reduzir as metas. Em 2017, passaram de 20.800 milhões para apenas 1.180 milhões de litros. Além disso, há momentos em que as metas são anunciadas tão no final do ano que os produtores não conseguem prever quanto venderão. É um círculo vicioso: o governo diminui a cota porque teme um déficit, e os déficits se sucedem porque o governo não para de baixar a cota.

A moral é que os formuladores de políticas devem explicar claramente o objetivo que estão tentando alcançar e ter um bom entendimento da tecnologia que desejam promover. Definir uma meta com os biocombustíveis foi uma boa forma de diminuir a importação de petróleo pelos Estados Unidos, porque já existia uma tecnologia - o etanol de milho - que possibilitava cumprir essa meta. A medida favoreceu a inovação, desenvolveu o mercado e conseguiu ampliá-lo. Mas estabelecer uma meta com biocombustíveis não tem sido muito eficaz na redução de emissões, já que os formuladores de políticas não levam em conta que a tecnologia certa - biocombustíveis avançados - ainda está em um estágio inicial e não gerou a certeza de que o mercado precisa empurrá-la para estágios mais avançados.

Agora, vamos dar uma olhada em uma história de sucesso em que políticas,

tecnologia e mercados foram coordenados com muito mais eficácia. Já na década de 1970, o Japão, os Estados Unidos e a Comunidade Económica Europeia começaram a financiar pesquisas sobre as várias maneiras de obter eletricidade a partir da luz solar. No início da década de 1990, a tecnologia solar havia melhorado tanto que mais empresas começaram a fabricar placas, mas o uso dessa energia ainda não havia se espalhado.

A Alemanha deu um impulso ao mercado ao conceder empréstimos a juros baixos para quem instala painéis solares e ao pagar uma taxa regulamentada - um valor definido pelo governo por unidade de eletricidade de fontes renováveis - para quem contribui com energia solar para a rede. [3]

Posteriormente, em 2011, os Estados Unidos usaram garantias de crédito para pagar

os cinco maiores campos solares do país. [4] A China emergiu como um pilar na busca por sistemas engenhosos para baratear os painéis solares. Graças a todas essas inovações, o preço da eletricidade de origem solar caiu 90% desde 2009.

A energia eólica é outro bom exemplo. Na última década, a capacidade eólica instalada cresceu em média 20% ao ano, e as turbinas eólicas agora geram cerca de 5% da eletricidade mundial. A energia eólica está em alta por um motivo simples: está ficando cada vez mais barata. A China, que produz uma parcela significativa e crescente da energia eólica mundial, anunciou que em breve deixará de subsidiar projetos eólicos onshore, porque a eletricidade produzida será tão barata quanto a de fontes convencionais. Para entender como chegamos a isso, vamos pensar na Dinamarca. Em meio à crise do petróleo da década de 1970, o governo dinamarquês promulgou uma série de medidas destinadas a promover a energia eólica e reduzir as importações de petróleo. Entre outras coisas, o estado investiu muito dinheiro em P&D de energias renováveis. Eles não foram os únicos (os Estados Unidos estavam começando a desenvolver turbinas eólicas em grande escala em Ohio na época), mas os dinamarqueses fizeram algo especial. Eles combinaram o apoio à P&D com uma tarifa regulada e, posteriormente, um imposto sobre o carbono.

À medida que países como a Espanha também adotaram essa tecnologia, o setor eólico começou a descer na curva de experiência. As empresas já tinham incentivos para desenvolver rotores maiores e máquinas de maior capacidade, que permitiam que cada

turbina produzisse mais potência, e começaram a vender mais unidades. Com o tempo, o custo das turbinas despencou, assim como o da eletricidade gerada pelo vento: na Dinamarca, foi cortado pela metade entre 1987 e 2001. Hoje, o país obtém cerca de 50% de sua eletricidade de parques eólicos offshore e onshore , e é o maior exportador mundial de turbinas eólicas.

Quero deixar uma coisa clara: não citei esses exemplos como prova de que a energia solar e eólica são a solução para todas as nossas necessidades de eletricidade (na verdade, são apenas duas das soluções para algumas dessas necessidades). Minha intenção é mostrar que quando focamos nos três fatores ao mesmo tempo - tecnologia, políticas e mercados - podemos promover a inovação, a criação de novas empresas e a rápida comercialização de novos produtos.



A Dinamarca ajudou a pavimentar o caminho para que a energia eólica fosse mais acessível. Essas turbinas estão na ilha de Samsø. [5]

Qualquer plano relacionado às mudanças climáticas deve ter em mente que esses três elementos devem ser coordenados. No próximo capítulo, vou propor um plano que atenda a essa condição.

# UM PLANO PARA CHEGAR A ZERO

**E**m 2015, quando participei da cúpula do clima em Paris, não pude deixar de me perguntar "Podemos realmente fazer isso?"

Foi inspirador ver líderes de todo o mundo se unindo para assumir as metas climáticas, já que quase todos os países se comprometeram a reduzir as emissões. No entanto, pesquisa após pesquisa mostrou que a mudança climática ainda era uma questão política marginal (na melhor das hipóteses), então eu estava preocupado que nunca teríamos força de vontade suficiente para enfrentar essa difícil tarefa.

Fico feliz em observar que o interesse público pela mudança climática cresceu muito mais do que eu esperava. Nos últimos anos, o debate global sobre o assunto assumiu um rumo surpreendente e positivo. A vontade política está ganhando impulso em todos os níveis, os eleitores de todo o mundo estão exigindo ações e os estados e municípios estão se comprometendo a fazer cortes radicais em apoio (ou, no caso dos Estados Unidos, em vez de) suas metas nacionais.

Agora precisamos combinar esses objetivos com planos concretos para alcançá-los, como quando, nos primeiros dias da Microsoft, Paul

Allen e eu tínhamos um objetivo ("um computador em cada mesa e em cada casa") e passamos a próxima década mapeando e executar um plano para alcançá-lo. As pessoas nos achavam loucos por tanto aspirarmos, mas aquele desafio foi um pouco se comparado ao da luta contra as mudanças climáticas, um empreendimento colossal no qual pessoas e instituições de todo o mundo terão que se envolver.

O Capítulo 10 girou em torno do papel que os governos devem desempenhar para atingir essa meta. Neste capítulo, delinearei um roteiro para evitar um desastre climático, enfocando ações concretas que governos e formuladores de políticas podem tomar (para obter informações mais detalhadas sobre cada elemento, visite [breakthroughenergy.org](http://breakthroughenergy.org)). No próximo capítulo, discutirei o que cada um de nós pode fazer individualmente para apoiar esse plano.

Quão rápido devemos chegar a zero? A ciência nos diz que, para evitar uma catástrofe climática, os países ricos terão que alcançar emissões líquidas zero até 2050. Você pode ter ouvido pessoas afirmarem que podemos realizar uma profunda descarbonização ainda mais cedo, para 2030.

Infelizmente, por todos os motivos que expliquei neste livro, o prazo de 2030 não é realista. Os combustíveis fósseis desempenham um papel tão vital em nossas vidas que é inconcebível que vamos parar

de usá-los amplamente dentro de uma década.

O que podemos - e *deve* - fazer nos próximos dez anos é adotar medidas que direcionem os nossos esforços para o objetivo de uma descarbonização profunda antes de 2050.

Esta distinção, embora não muito óbvia à primeira vista, é essencial. Na verdade, pode parecer que 'reduzir as emissões até 2030' e 'chegar a zero até 2050' são metas complementares. 2030 não é uma parada no caminho para 2050?

Não necessariamente. Cortar as emissões até 2030 de maneira errada pode até *nos prevenir* chegar a zero um dia.

Porque? Porque as etapas que tomaríamos para fazer pequenas reduções antes de 2030 seriam radicalmente diferentes daquelas que tomaríamos para chegar a zero até 2050. Na realidade, essas são duas trilhas diferentes, com diferentes indicadores de sucesso, e temos que escolher entre elas. É ótimo ter metas para 2030, desde que sejam marcos no caminho para emissões zero até 2050.

Aqui está o porquê. Se definirmos para nós mesmos a meta de reduzir as emissões apenas parcialmente até 2030, nos concentraremos nos

esforços para alcançá-la, mesmo que esses esforços tornem difícil ou impossível para nós atingirmos a meta final de zero.

Por exemplo, se o único indicador de sucesso for 'reduzir até 2030', pode ser tentador tentar substituir as usinas movidas a carvão por

outro gás; Afinal, isso reduziria as emissões de dióxido de carbono. No entanto, todas as usinas de gás construídas entre agora e 2030 continuariam a operar em 2050 - elas terão que operar por décadas para recuperar o custo de sua construção - e as usinas de gás natural também emitem gases de efeito estufa. Alcançaríamos a meta de 'reduzir até 2030', mas teríamos poucas chances de chegar a zero.

Por outro lado, se a meta de 'reduzir o tamanho até 2030' é um marco em direção a 'zero até 2050', não faz muito sentido gastar muito tempo ou dinheiro mudando do carvão para o gás. Em vez disso, será melhor seguirmos duas estratégias simultaneamente: primeiro, deixar nossa pele obtendo um suprimento barato e confiável de eletricidade neutra em carbono; em segundo lugar, eletrificar tudo o que for possível, de veículos a processos industriais e bombas de calor, mesmo em áreas que atualmente dependem da eletricidade produzida a partir de combustíveis fósseis.

Se pensássemos que a única coisa que importa é reduzir as emissões antes

Em 2030, essa abordagem seria um fracasso, pois pode não levar a mais do que reduções

mínimas ao longo de uma década. Em suma, estaríamos pavimentando o caminho para o sucesso de longo prazo. Cada avanço na geração, armazenamento e fornecimento de eletricidade verde nos deixaria um pouco mais perto da meta do zero.

Se queremos uma escala para determinar quais países estão progredindo contra as mudanças climáticas e quais não, não é suficiente olhar para aqueles que estão reduzindo as emissões. Devemos buscar aqueles que se preparam para chegar a zero. Embora suas emissões possam não variar muito agora, deve-se dar crédito por ter seguido o caminho certo.

Em uma coisa concordo com os defensores da meta para 2030: é uma tarefa urgente. Hoje estamos no mesmo ponto em relação às mudanças climáticas como anos atrás em relação às pandemias. Especialistas em saúde nos avisaram que um surto massivo era praticamente inevitável. Apesar de seus avisos, não fizemos todo o necessário para nos preparar - até que de repente tivemos que nos apressar e recuperar o tempo perdido. Não devemos cometer o mesmo erro com as mudanças climáticas. Uma vez que precisamos

desses avanços antes de 2050, e dado o que sabemos sobre quanto tempo leva para desenvolver e comercializar novos

fontes de energia, temos que começar agora. Se chegarmos ao fundo, aproveitando ao máximo o poder da ciência e da inovação, e garantindo que as soluções beneficiem os mais desfavorecidos, talvez no caso das mudanças climáticas evitemos cair na mesma falta de previsão que tivemos com o pandemia. Este roteiro nos leva nessa direção.

### **Inovação e a lei de oferta e demanda**

Como argumentei no início - e espero ter deixado claro nos capítulos seguintes - qualquer plano climático abrangente deve se basear em muitas disciplinas diferentes.

O tempo nos explica *porque*

devemos resolver este problema, mas não *COMO* . Para fazer isso, precisamos nos voltar para a biologia, química, física, ciência política e engenharia, entre outras disciplinas.

Não quero dizer que todos devam ser bem versados em todos os tópicos: por exemplo, quando Paul e eu estávamos começando, nenhum de nós era especialista em marketing, parceria com empresas ou trabalho com governos. O que a Microsoft precisava - e o que precisamos agora para enfrentar as mudanças climáticas - era uma estratégia que

permitiria que várias disciplinas nos colocassem no caminho certo.

Em campos como energia, desenvolvimento de software ou quase qualquer outra atividade, é um erro conceber inovação apenas em seu sentido mais estrito e tecnológico. Inovação não é apenas inventar novas máquinas ou processos, mas também criar novas abordagens para modelos de negócios, cadeias de suprimentos, mercados e políticas que ajudam a dar vida às invenções e se espalhar globalmente. A inovação é baseada em novos dispositivos e novas maneiras de fazer as coisas.

Com essas condições em mente, dividi os cinco elementos do meu roteiro em duas categorias; Se você participou de um curso introdutório de economia, eles soarão familiares. Um é baseado na expansão do *oferta*

de inovações - o número de novas ideias que são testadas - e o outro na aceleração do *exigem*

de inovações. Os dois andam de mãos dadas, em um cabo de guerra contínuo. Sem demanda por inovação, inventores e formuladores de políticas não terão incentivo para apresentar novas ideias; Sem um fornecimento constante de inovações, os produtos verdes de que o mundo precisa para atingir a meta de zero não chegarão aos compradores.

Sei que isso soa como teoria da escola de negócios, mas na verdade é um conceito bastante prático. A abordagem da Fundação Gates para salvar vidas é baseada na ideia de que a inovação deve ser promovida em favor das pessoas de baixa renda enquanto aumenta sua demanda. Por outro lado, na Microsoft criamos um grande grupo que se dedicava em tempo integral à pesquisa, algo de que ainda me orgulho. Em essência, seu trabalho é aumentar a oferta de inovações. Também passamos muito tempo ouvindo os clientes, que explicaram o que esperavam de nosso software; é assim que funciona o lado da demanda da inovação, algo

que nos forneceu informações cruciais que moldaram nossos esforços de pesquisa.

### **Expanda a oferta de inovação**

Nesta primeira fase, o trabalho se concentra na pesquisa e desenvolvimento clássicos, com cientistas e engenheiros eminentes desenvolvendo as tecnologias de que precisamos. Embora atualmente tenhamos várias soluções de baixo carbono e com custo competitivo em vigor, ainda não temos todas as tecnologias necessárias para atingir emissões zero em todo o mundo. Os mais importantes de que ainda precisamos são explicados entre os Capítulos 4 e 9. Vamos examinar a lista novamente para uma referência rápida (você pode adicionar as palavras "barato o suficiente para países de renda média comprarem" a todos os itens).

## Tecnologías necesarias

---

Hidrógeno producido sin emisiones de carbono	Fusión nuclear
Almacenamiento eléctrico a escala de red de duración estacional	Captura de carbono (tanto directamente del aire como <i>in situ</i> )
Electrocombustibles	Transmisión eléctrica subterránea
Biocombustibles avanzados	Plásticos neutros en carbono
Cemento neutro en carbono	Energía geotérmica
Acero neutro en carbono	Hidroeléctrica reversible
Carne y lácteos de origen vegetal y de laboratorio	Almacenamiento térmico
Fertilizante neutro en carbono	Cultivos tolerantes a sequías e inundaciones
Fisión nuclear de próxima generación	Alternativas al aceite de palma neutras en carbono
	Refrigerantes sin gases fluorados

Se os governos quiserem essas tecnologias prontas a tempo de realmente mudar as coisas, eles precisarão fazer o seguinte:

**1. Cinco vezes mais energia limpa e P&D relacionada ao clima na próxima década.** O investimento público direto em pesquisa e desenvolvimento é uma das ferramentas mais importantes na luta contra as mudanças climáticas, mas os recursos alocados pelos governos são totalmente insuficientes. No total, os subsídios estaduais para P&D em energia limpa chegam a cerca de US \$ 22 bilhões anuais, o que representa cerca de 0,02% da economia global. Os americanos gastam mais com gasolina em apenas um

mês. Os Estados Unidos, de longe o maior investidor em pesquisa de energia limpa, gastam apenas US \$ 7 bilhões por ano.

Quanto devemos investir? Acho que a comparação com o National Institutes of Health (NIH) é ilustrativa. O NIH, com um orçamento de cerca de US\$ 37 bilhões por ano, eles desenvolveram medicamentos e tratamentos que salvam vidas de que muitas pessoas - tanto nos Estados Unidos como em todo o mundo - precisam diariamente. É um grande modelo e um exemplo da ambição com que devemos enfrentar as alterações climáticas. Além disso, embora uma linha de P&D cinco vezes maior possa parecer muito dinheiro, é uma ninharia se comparada à escala do desafio, além de ser um indicador poderoso de quão seriamente um governo está lidando com o problema.

**2. Aposte mais em projetos de P&D de alto risco e alta rentabilidade.** O importante não é apenas quanto dinheiro o estado gasta, mas também com que ele gasta.

Alguns governos foram vítimas de golpes ao investir em energia limpa (por exemplo, procure informações sobre o "escândalo Solyndra") e, não surpreendentemente, os legisladores não querem dar a impressão de que estão desperdiçando o dinheiro dos contribuintes. No entanto, esse medo do fracasso leva a portfólios de projetos de P&D com pouca visão do futuro. Há uma tendência de se optar por investimentos mais seguros, que podem e devem ser

financiados pelo setor privado. A principal vantagem do Estado que lidera o financiamento de P&D é que pode arriscar apostar em ideias ousadas que podem fracassar ou demorar para dar frutos.

Para ver o que acontece quando o setor público aposta muito com sabedoria, vamos dar uma olhada no exemplo do Projeto Genoma Humano (HGP). Projetado para desenhar o mapa genético humano completo e disponibilizar os resultados ao público, foi um projeto de pesquisa de referência liderado pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos e pelos Institutos Nacionais de Saúde, em colaboração com agências no Reino Unido, França, Alemanha, Japão e China. O projeto exigiu treze anos de trabalho e bilhões de dólares, mas abriu as portas para o desenvolvimento de testes e tratamentos para dezenas de doenças genéticas, incluindo câncer de cólon hereditário, Alzheimer e câncer de mama familiar. [1] Um estudo independente do PGH concluiu que, para cada dólar investido pelo governo federal no projeto, foi gerado um retorno de US \$ 141 para a economia dos Estados Unidos. [dois]

Da mesma forma, precisamos que os governos se comprometam a financiar projetos de grande escala (centenas ou até bilhões de dólares) que promovam a ciência da energia limpa, especialmente nos campos listados na tabela acima. Além disso, eles devem se comprometer a manter esse financiamento em longo prazo, para que os pesquisadores saibam que terão um apoio consistente nos próximos anos.

**3. Adaptar a P&D às nossas maiores necessidades.** Há uma diferença prática entre a investigação criativa de novos conceitos científicos (também chamada de "pesquisa básica") e os esforços para tornar as descobertas científicas úteis (conhecida como "pesquisa aplicada ou translacional"). Embora sejam coisas diferentes, é um erro pensar - como fazem alguns puristas - que a ciência básica não deve ser degradada pensando em como pode contribuir para a criação de um produto comercial útil. Algumas das melhores invenções surgem quando os cientistas começam

suas pesquisas com um propósito específico em mente; O trabalho de Louis Pasteur no campo da microbiologia, por exemplo, levou ao desenvolvimento de vacinas e pasteurização.

A Iniciativa SunShot do Departamento de Energia dos Estados Unidos é um bom exemplo de como essa abordagem pode funcionar. Em 2011, os responsáveis pelo programa estabeleceram a meta de reduzir o custo da energia solar para US \$ 0,06 por quilowatt-hora antes do final da década. Embora tenham se concentrado em P&D preliminar, eles também incentivaram empresas privadas, universidades e laboratórios nacionais a se dedicarem a objetivos como reduzir o custo dos sistemas de energia solar, eliminar barreiras burocráticas e baratear o financiamento de equipamentos. Graças a essa estratégia integrada, o SunShot atingiu sua meta em 2017, três anos antes do previsto.

#### **4. Colabore com a indústria desde o início.**

Outra distinção artificial que descobri é a ideia de que os estágios iniciais da inovação pertencem aos governos, e os últimos à indústria. Na vida real, as coisas simplesmente não funcionam assim, especialmente no caso dos complicados desafios técnicos impostos pela energia, o

indicador mais importante de sucesso para o qual é a capacidade de escalar nacionalmente ou mesmo globalmente. Favor de colaborações em um estágio inicial

envolvimento de pessoas que sabem como o conseguir. Os governos e a indústria terão que trabalhar juntos para superar obstáculos e acelerar o ciclo de inovação. As empresas podem ajudar a desenvolver protótipos de novas tecnologias, fornecer percepções de mercado e co-investir em projetos. Além disso, são eles que vão comercializar as inovações, claro, então o mais sensato é incorporá-las desde o início.

### **Estimular a demanda por inovação**

O lado da demanda é um pouco mais complicado do que o lado da oferta. Na verdade, consiste em duas fases: a fase de teste e a fase de expansão.

Após testar uma proposta em laboratório, ela deve ser testada no mercado. No campo da tecnologia, essa fase é rápida e barata; não leva muito tempo para verificar se um novo modelo de smartphone funciona e atrairá clientes. Já no caso da energia, é muito mais complicado e caro.

É preciso saber se a ideia que deu bons resultados em laboratório continua funcionando em condições

reais (os resíduos agrícolas que queremos converter em biocombustíveis podem ser muito mais úmidos do que as substâncias utilizadas em laboratório e, portanto, produzir menos energia do que o esperado). Além disso, é necessário reduzir os custos e riscos da adoção antecipada, desenvolver cadeias de suprimentos, testar o modelo de negócios e ajudar os consumidores a se adaptarem às novas tecnologias. As ideias atualmente em fase de teste incluem cimento de baixo carbono, fissão nuclear de próxima geração, captura e sequestro de carbono, vento offshore, etanol celulósico (um tipo avançado de biocombustível) e alternativas de carne.

A fase de teste é como um vale da morte, onde boas ideias chegam para dar o último suspiro. Muitas vezes, os riscos envolvidos no teste de novos produtos e sua introdução no mercado são

tão grandes que assustam os investidores. Esse é especialmente o caso das tecnologias de baixo carbono, que geralmente requerem muito capital para serem implementadas e mudanças substanciais de comportamento por parte dos consumidores.

Os governos (e grandes empresas) podem ajudar as empresas de energia emergentes a sair vivas do vale, pois são grandes consumidoras. Ao priorizar a compra de produtos verdes, eles ajudarão a trazer muito mais para o mercado, gerando certeza e reduzindo custos.

**Aproveite o poder da contratação pública.**

As administrações em todos os níveis - nacional, estadual e municipal - compram grandes quantidades de combustível, cimento e aço. Além de construir e usar aviões, caminhões e carros, eles consomem gigawatts de eletricidade. Isso os coloca em uma posição ideal para introduzir tecnologias emergentes no mercado a um custo relativamente baixo, especialmente considerando os benefícios sociais do uso generalizado. Os departamentos de defesa podem se comprometer com a compra de combustíveis líquidos com baixo teor de carbono para navios e aeronaves. Os governos estaduais podem usar cimento de baixa emissão em projetos de construção. As empresas de serviço podem investir em armazenamento de longo prazo.

Todos os funcionários que tomam decisões de compra devem ser encorajados a preferir produtos verdes, bem como noções de como incluir os custos das externalidades discutidas no Capítulo 10 nos cálculos.

A propósito, esta não é uma ideia particularmente nova. Foi assim que a internet decolou: tinha financiamento público de P&D, é claro, mas também um comprador comprometido - o governo dos Estados Unidos - aguardando os resultados.

**Crie incentivos para reduzir custos e riscos.** Além de comprar os próprios produtos, os governos podem oferecer vários incentivos para que o setor privado opte por alternativas neutras em carbono. Deduções fiscais, garantias de crédito e outros instrumentos podem ajudar a reduzir os prêmios verdes e aumentar a demanda por novas tecnologias. Como muitos desses produtos ficarão muito caros por um tempo, os compradores em potencial

precisarão de financiamento de longo prazo, bem como da confiança que advém de políticas públicas consistentes e previsíveis.

Os governos podem desempenhar um papel muito importante ao adotar políticas de baixa emissão e determinar como os mercados arrecadam dinheiro para esses projetos. Aqui estão alguns princípios: as políticas governamentais devem ser *tecnologicamente neutro* (ou seja, apoiar todas as soluções que reduzem as emissões, em vez de mostrar favoritismo em relação a apenas algumas), *previsível* em vez de ter um prazo que expira e é continuamente estendido, como é frequentemente o caso hoje) e *flexível* para que beneficiem não só os que pagam muitos impostos, mas também inúmeras empresas e investidores de todos os tipos).

**Construir a infraestrutura que incorpora novas tecnologias ao mercado.** Mesmo as tecnologias de baixo carbono mais competitivas não alcançarão participação de mercado se não tiverem a infraestrutura certa para ajudar a colocá-las no mercado para começar. As administrações em todos os níveis devem colaborar para construir essa infraestrutura. Isso inclui linhas de transmissão para energia eólica e solar, estações de carregamento para veículos elétricos e gasodutos para dióxido de carbono e hidrogênio capturados.

**Mude as regras para que novas tecnologias possam competir.**

Assim que a infraestrutura for construída, precisaremos de novas regras de mercado que permitam que as novas tecnologias sejam

competitivas. Mercados de eletricidade, projetados em torno das tecnologias do século XX, para

muitas vezes colocam aqueles do século XXI em desvantagem. Em quase todos os mercados,

por exemplo, empresas de serviços públicos que investem em armazenamento de longo prazo não são devidamente compensadas pelo valor que agregam à rede. As regulamentações dificultam o aumento do uso de biocombustíveis avançados em carros e caminhões. Além disso, conforme mencionado no Capítulo 10, novas classes de concreto de baixo carbono não podem competir devido a regulamentações governamentais desatualizadas.

Vamos agora examinar a fase de expansão: uma implementação rápida e em grande escala. Esta fase só pode ser inserida quando os custos foram minimizados, as cadeias de abastecimento e modelos de negócios estão bem desenvolvidos e os consumidores demonstraram que irão adquirir o

produtos. Veículos eólicos, solares e elétricos onshore estão todos em fase de expansão.

Mas expandi-los não será fácil. Em apenas algumas décadas, precisaremos gerar mais de três vezes a eletricidade que produzimos agora, e ela terá que vir principalmente de energias limpas, como a eólica e a solar. Temos que adotar veículos elétricos tão rapidamente quanto compramos secadoras de roupas e televisores em cores quando eles saíram. Precisamos transformar a maneira como fabricamos e cultivamos, ao mesmo tempo em que fornecemos ao mundo estradas, pontes e os alimentos dos quais dependemos.

Felizmente, como eu disse no Capítulo 10, não somos novos na expansão das tecnologias de energia. Promovemos a eletrificação rural e fortalecemos a produção nacional de combustíveis fósseis, combinando políticas com inovação. Embora algumas dessas políticas - como várias vantagens fiscais para empresas de petróleo - possam parecer maneiras de subsidiar os combustíveis fósseis, elas são, na verdade, apenas uma ferramenta para implantar uma tecnologia que consideramos valiosa.

Não nos esqueçamos de que até o final dos anos setenta - quando o conceito de mudanças climáticas passou a fazer parte do debate público - existia a crença geral de que a melhor forma de melhorar a qualidade de vida e ampliar o desenvolvimento econômico era promover o uso de combustíveis fósseis.

O que isso implica na prática?

**Fixe o preço do carbono.** Seja um imposto sobre o carbono ou um sistema de comércio de emissões que permite às empresas comprar ou vender o privilégio de emití-lo, este é um dos passos mais importantes que podem ser dados para eliminar os prêmios verdes.

No curto prazo, o preço do carbono servirá para aumentar o custo dos combustíveis fósseis, alertando o mercado que haverá custos adicionais relacionados aos produtos que emitem gases de efeito estufa. O destino que se dá à receita obtida com essa cobrança não é tão importante quanto a mensagem que a própria taxa vai lançar aos mercados. Muitos economistas propõem que o dinheiro seja devolvido aos consumidores ou empresas para

compensar o conseqüente aumento dos preços da energia, embora existam também argumentos poderosos

em favor de P&D e outros incentivos para ajudar a resolver o problema das mudanças climáticas.

No longo prazo, conforme nos aproximamos das emissões líquidas zero, o preço do carbono poderia ser definido com base no custo da captura direta de ar e os recursos usados para financiar a remoção do carbono da atmosfera.

Embora seja uma mudança fundamental na maneira como calculamos o custo das coisas, o conceito de precificar o carbono é amplamente aceito por economistas de várias escolas e em todo o espectro político. Acertar será técnica e politicamente difícil, tanto nos Estados Unidos quanto em todo o mundo. As pessoas estarão dispostas a pagar esse preço adicional pela gasolina e qualquer outro produto comum em suas vidas diárias que dê origem a emissões de gases de efeito estufa, ou seja, quase todos? Não vou detalhar a solução aqui, mas o objetivo essencial é garantir que todos paguem o custo real de suas emissões.

**Padrões de eletricidade limpos.** Vinte e nove estados nos Estados Unidos e na União Europeia adotaram uma série de padrões de avaliação chamados 'padrões de portfólio rotativo'. A ideia é exigir que as empresas de energia obtenham uma determinada porcentagem de sua eletricidade de fontes renováveis. Esses são mecanismos de mercado flexíveis; por exemplo, empresas de serviços públicos com acesso a mais fontes renováveis podem vender créditos para quem tem menos. No entanto, há um problema com a forma como esse sistema é aplicado hoje: ele só permite que as empresas usem certas energias de baixo carbono (eólica, solar, geotérmica e às vezes hídrica) e exclui opções como a energia nuclear e o sequestro de carbono. O que isso faz, na verdade, é aumentar o custo total da redução de emissões.

Padrões de eletricidade limpa, que cada vez mais estados estão considerando adotar, são uma estratégia melhor. Em vez de promover fontes renováveis em particular, eles consideram que qualquer tecnologia de energia limpa - incluindo nuclear e captura de carbono - atende aos critérios exigidos. É uma abordagem flexível e econômica.

**Padrões de combustível verde.** Esta ideia de definir padrões de avaliação menos restritivos pode ser extrapolada para outros setores,

reduzindo assim as emissões de usinas de energia, bem como de veículos e edifícios. Por exemplo, um regulamento de combustível

Verde aplicado ao setor de transporte aceleraria a disseminação de veículos elétricos, biocombustíveis avançados, eletrocombustíveis e outras soluções de baixo carbono. Assim como os padrões de eletricidade limpa, seria tecnologicamente neutro e as entidades reguladas poderiam negociar crédito, dois fatores que reduziriam o custo para o consumidor. Para isso, a Califórnia criou um modelo com seu Padrão de Combustíveis de Baixo Carbono. Os Estados Unidos estabeleceram as bases para tal política com o Renewable Fuel Standard, que pode ser reformado para lidar com as limitações descritas no Capítulo 10 e expandido para cobrir outras soluções de baixo carbono (como eletricidade e eletrocombustíveis). Isso o tornaria uma arma poderosa na luta contra as mudanças climáticas. A Diretiva de Energias Renováveis da União Europeia representa uma oportunidade semelhante no velho continente.

**Padrões de produtos verdes.** Os padrões de avaliação também podem ajudar a promover o uso de cimento, aço e plástico de baixa emissão, bem como outros produtos de baixa pegada de carbono. Os governos podem iniciar o processo definindo requisitos em seus programas de compras públicas e estabelecendo regulamentações de rotulagem que forneçam a todos os compradores informações sobre o quão 'verdes' os diferentes fornecedores são. Esses padrões podem então ser expandidos para cobrir todos os itens com alto teor de carbono disponíveis no mercado, não apenas aqueles adquiridos por governos. As importações também teriam que se qualificar, aliviando os temores dos países de que a redução das emissões de seus setores industriais tornará os produtos mais caros e criará uma desvantagem competitiva.

**Adeus ao velho.** Além de lançar novas tecnologias o mais rápido possível, os governos terão que aposentar equipamentos ineficientes movidos a combustíveis fósseis - de carros a usinas de energia - em um ritmo mais rápido do que fariam de outra forma. As usinas geradoras custam muito para construir e a energia que elas produzem só é econômica se o custo da construção for distribuído ao longo de sua vida útil. Como resultado, as empresas de serviços públicos e suas agências reguladoras relutam em fechar uma planta em perfeito funcionamento que ainda pode durar décadas. Os incentivos baseados em políticas, seja por

meio do código tributário ou da regulamentação da empresa de serviços públicos, podem agilizar esse processo.

## **Quem vai primeiro?**

Não existe um único governo capaz de implementar totalmente um roteiro como o que proponho; autoridade de tomada de decisão é muito distribuída. Teremos de nos envolver em todos os níveis da administração, desde planejadores de transporte locais a parlamentos nacionais e reguladores ambientais.

O grau exato de envolvimento de cada administração varia de país para país, mas aqui estão algumas características comuns que tendem a ser encontradas em quase todos os lugares.

Os governos municipais desempenham um papel importante na determinação de como os edifícios são construídos e que tipo de energia eles usam, se os ônibus e veículos da polícia funcionam com eletricidade ou não, se há uma infraestrutura de carregamento para carros elétricos e como os resíduos são gerenciados.

A maioria dos governos estaduais ou provinciais desempenha um papel relevante na regulamentação da eletricidade, planejando infraestruturas como estradas e

pontes e selecionando os materiais usados nesses projetos.

Em geral, os governos nacionais têm autoridade sobre as atividades que cruzam as fronteiras regionais ou internacionais, ditando assim as regras que moldam os mercados de eletricidade, adotando regulamentações sobre poluição e estabelecendo critérios para veículos e combustíveis. Por outro lado, exercem enorme poder nas compras públicas, são a principal fonte de estímulo fiscal e costumam alocar mais recursos à P&D pública do que outras administrações.

Em resumo, existem três ações que todos os governos nacionais devem realizar.

Primeiro, estabeleça a meta de chegar a zero, os países ricos antes de 2050 e os países de renda média o mais rápido possível após esse ano. Em segundo lugar, desenvolva planos concretos para atingir esses objetivos. Se quisermos chegar a zero até 2050, as políticas e estruturas de mercado precisarão estar em vigor até 2030.

E em terceiro lugar, todos os países em posição de financiar a pesquisa precisam garantir que ela seja bem direcionada para

produzir essa energia barata - e reduzir os prêmios verdes a tal ponto

- permitindo que os países de renda média cheguem a zero.

Para mostrar como essas medidas podem ser colocadas em prática, aqui está um esboço de um possível plano abrangente para acelerar a inovação nos Estados Unidos.

## **Governo Federal**

O governo dos Estados Unidos está fazendo mais do que ninguém para impulsionar a inovação no fornecimento de energia. É o maior financiador e executor de pesquisa e desenvolvimento em energia, com a participação de doze órgãos federais (a maioria deles pertencente ao Departamento de Energia). Possui todos os tipos de instrumentos para gerenciar a direção e o ritmo de P&D em energia: bolsas de pesquisa, programas de empréstimos, incentivos fiscais, laboratórios, programas-piloto e colaborações dos setores público e privado, entre outros.

O governo federal também desempenha um papel central no direcionamento da demanda por produtos e políticas verdes. Além de ajudar a financiar estradas e pontes, regula as infraestruturas interestaduais, como linhas de transmissão, gasodutos e oleodutos e rodovias, e ajuda a definir os padrões para os mercados multiestaduais de eletricidade e combustível. Por outro lado, arrecada quase todos os impostos, o que significa que os incentivos financeiros federais serão os mais eficazes para impulsionar a mudança.

Quando se trata de expandir novas tecnologias, o governo federal desempenha o papel mais importante. Regulamenta o comércio interestadual e exerce a mais alta autoridade em comércio internacional e política de investimento, o que significa que precisaremos de regulamentações federais para reduzir todas as fontes de emissões que cruzam fronteiras estaduais ou internacionais. (De acordo com *O economista* - uma das minhas revistas favoritas - as transmissões nos EUA aumentariam em 8 por cento se todos os produtos fossem incluídos

Consumido por americanos, mas fabricado em outros países. Os do Reino Unido seriam cerca de 40% mais altos.) Embora os preços do carbono e os padrões para eletricidade, combustíveis e produtos verdes devam ser adotados em todos os estados, eles serão mais eficazes se implementados em todo o país.

Na prática, isso significa que o Congresso deve fornecer financiamento para P&D, compras públicas e desenvolvimento de infraestrutura, bem como criar, modificar ou expandir incentivos econômicos para produtos e políticas verdes.

Já no Executivo, o Departamento de Energia desenvolve pesquisas próprias, além de financiar outras atividades; seu envolvimento na implementação de padrões federais de eletricidade limpa seria fundamental. A Agência de Proteção Ambiental seria responsável por projetar e aplicar os padrões expandidos de combustível verde. A Federal Energy Regulatory Commission, que supervisiona os mercados atacadistas de eletricidade, bem como os projetos de linhas de transmissão e gasodutos interestaduais, teria que regulamentar a infraestrutura e os aspectos de mercado do plano.

A lista continua: o Departamento de Agricultura realiza um trabalho

essencial no que diz respeito ao uso da terra e às emissões agrícolas; o Departamento de Defesa adquire combustíveis avançados e materiais de baixa emissão; a National Science Foundation financia pesquisas; o Departamento de Transporte ajuda a pagar estradas e pontes; e assim por diante.

Finalmente, há a questão de como iremos pagar pelo trabalho necessário para chegar a zero. Não sabemos exatamente quanto custará a longo prazo - dependerá do grau de sucesso e da velocidade da inovação, bem como da eficiência da implantação - mas sabemos que exigirá grandes investimentos.

Os Estados Unidos têm a sorte de ter mercados de capital maduros e criativos, capazes de abraçar grandes ideias e fazer com que sejam desenvolvidas e implementadas rapidamente; Sugerir algumas maneiras pelas quais o governo federal pode ajudar a orientar esses mercados na direção certa e se envolver em novas formas de colaboração com o setor privado. Outros países - China, Índia e muitos estados europeus, por exemplo - embora não tenham mercados privados tão fortes, podem fazer investimentos públicos significativos para combater as mudanças climáticas. Por outro lado, existem bancos multilaterais, como o

Banco Mundial e alguns bancos de desenvolvimento na Ásia, África e Europa, que também pensam em se envolver mais.

Duas coisas são claras: primeiro, a quantidade de dinheiro que investimos em medidas para chegar a zero e nos adaptar aos danos que sabemos que estão por vir terá de ser drasticamente aumentada e sustentada por um longo tempo. Em minha opinião, isso significa que governos e bancos multilaterais terão que encontrar estratégias muito melhores para alavancar o capital privado. Seus cofres não são grandes o suficiente para que façam sozinhos.

Em segundo lugar, os prazos para investimentos climáticos são longos e os riscos altos. Portanto, o setor público deve usar sua força financeira para ampliar o horizonte de investimento - de forma que reflita o fato de que os retornos podem levar muitos anos para chegar - e minimizar os riscos de tais investimentos. Combinar dinheiro público e privado em tão grande escala não será fácil, mas é essencial. Precisamos de nossas mentes financeiras mais brilhantes para trabalhar neste problema.

### **Governos estaduais**

Muitos estados do meu país estão dando o exemplo. Vinte e quatro deles e Porto Rico aderiram à aliança bipartidária dos Estados Unidos para o Clima, com a qual se comprometem a cumprir a meta do Acordo de Paris de reduzir as emissões em pelo menos 26 por cento antes

2025. Embora esteja muito longe das reduções de que necessitamos a nível nacional, também não é uma luta contra os moinhos de vento. Os estados podem desempenhar um papel crítico na demonstração da eficácia de tecnologias e políticas inovadoras, como alavancar suas empresas de serviços públicos e projetos de construção de rodovias para trazer tecnologias como armazenamento de longo prazo e cimento de baixa emissão para o mercado.

Além disso, os estados podem testar medidas como a precificação do carbono e os padrões de combustível e eletricidade verdes antes de serem implementadas em todo o país. Eles também podem formar alianças regionais, como a Califórnia e outros estados do oeste, que estão considerando a possibilidade de ingressar em suas redes de eletricidade, ou como alguns estados do nordeste, que lançaram um programa de comércio de emissões para reduzir os gases de efeito estufa. A Aliança Climática dos Estados Unidos e as cidades que a aderiram representam mais de 60% da economia americana, o que lhes dá uma tremenda capacidade de criar mercados e demonstrar que novas ideias podem ser aplicadas em grande escala.

**As assembleias legislativas dos estados** seriam responsáveis por adotar sistemas de precificação de carbono e padrões de energia e combustível verdes em cada estado. Além disso, garantiriam que as agências estaduais e as comissões de serviço público mudassem suas políticas de

compras para priorizar tecnologias avançadas de baixa emissão.

**Agências estatais** são responsáveis pelo cumprimento dos objetivos fixados pelo legislativo e pelo governador. Eles monitoram a eficiência energética e os decretos de construção, gerenciam políticas relacionadas a transporte e investimentos, aplicam regulamentos sobre poluição e regulam a agricultura e outros usos da terra.

No caso improvável de alguém se aproximar de você e perguntar qual é a agência mais enigmática com um impacto subestimado sobre a mudança climática, você não estaria longe se respondesse: "Comissão de serviço público do meu estado". Embora a maioria das pessoas nunca tenha ouvido falar dessas agências, elas são, na verdade, responsáveis por muitas das regulamentações relacionadas à eletricidade nos Estados Unidos. Por exemplo, eles são responsáveis por aprovar propostas de projetos de investimento de empresas de eletricidade e determinar o preço que os consumidores devem pagar por quilowatt-hora. Sua importância aumentará à medida que cobrirmos cada vez mais nossas necessidades de energia com eletricidade.

## **Governos municipais**

Prefeitos dos Estados Unidos e do resto do mundo estão se comprometendo a reduzir as emissões. Doze das maiores cidades da América estabeleceram uma meta de alcançar a neutralidade de carbono até 2050, e mais trezentas populações se comprometeram a cumprir as metas do Acordo de Paris.

Os governos municipais não têm tanta autoridade para influenciar as emissões quanto os governos estadual e federal, mas suas mãos não estão atadas, longe disso. Embora não tenham poderes para regulamentar as emissões de nossos veículos, por exemplo, podem comprar ônibus elétricos, financiar mais postos de recarga para veículos elétricos, aproveitar a legislação urbana para aumentar a densidade a fim de reduzir o deslocamento de casa para o trabalho. e, se necessário, restringir o acesso de veículos movidos a combustíveis fósseis às ruas do município. Eles também têm a capacidade de ditar políticas de construção verde, eletrificar suas frotas de veículos e estabelecer diretrizes de compras públicas, bem como requisitos mínimos de eficiência para edifícios de propriedade municipal.

Além disso, algumas cidades - como Seattle, Nashville e Austin - são proprietárias da concessionária local, permitindo que determinem se a eletricidade que fornecem vem de fontes verdes. Esses governos municipais também podem autorizar a construção de projetos de energia limpa em terras municipais.

**Municípios** Eles podem tomar medidas semelhantes às das legislaturas estaduais e do Congresso dos Estados Unidos para definir as prioridades de financiamento de acordo com as políticas de mudança climática e exigir que as agências do governo municipal tomem medidas.

**Agências locais,** como seus equivalentes estaduais e federais, eles determinam diferentes prioridades de ação. Os departamentos de obras garantem o cumprimento dos requisitos de eficiência; agências de trânsito podem ficar eletrificadas e influenciar os materiais usados na construção de estradas e pontes; agências de

gerenciamento de resíduos operam grandes frotas de veículos e têm poder de decisão sobre as emissões dos aterros.

Gostaria de voltar ao nível federal para abordar um último ponto: como os países ricos podem ajudar a eliminar o problema dos beneficiários parasitas.

É impossível amenizar o fato de que chegar a zero não virá de graça. Precisamos investir mais em pesquisa, além de adotar políticas que direcionem os mercados para produtos baseados em energia limpa que, hoje, são mais caros do que seus congêneres com elevada pegada de carbono. No entanto, não é fácil impor custos mais altos agora em troca de um clima melhor no futuro. Os prêmios verdes são um poderoso motivo pelo qual os países, especialmente os de renda média e baixa, relutam em cortar suas emissões. Já vimos inúmeros exemplos no mundo - Canadá, Filipinas, Brasil, Austrália e França, entre outros lugares - cuja população deixou claro com sua voz e voto que não quer pagar mais por gasolina, óleo para aquecimento e outros bens essenciais.

O problema não é que as pessoas desses países queiram que o clima seja mais quente, mas sim que estão preocupadas com o que as soluções podem lhes custar. Então, como podemos resolver o problema dos beneficiários parasitas? Ajuda a estabelecer metas ambiciosas e a se comprometer com sua consecução, como muitos países ao redor do mundo fizeram com o Acordo de Paris de 2015. Zombar das convenções internacionais é muito fácil, mas elas desempenham um papel em andamento: aqueles que se alegram por ainda haver um camada de ozônio deve agradecer a um acordo internacional chamado Protocolo de Montreal.

Depois que as metas são definidas, os países se reúnem em fóruns como a COP21 para relatar seu progresso e compartilhar o que funciona. Esses atos também funcionam como um mecanismo para pressionar os governos nacionais a fazerem sua parte. Quando os governos mundiais concordam que vale a pena reduzir as emissões, é mais difícil - embora de forma alguma impossível

- Exclua-se e responda: “Não me importo, continuarei emitindo gases de efeito estufa”.

E aqueles que se recusam a contribuir? É muito difícil responsabilizar um país por algo como suas emissões de carbono. No entanto, não é impraticável. Por exemplo, os governos que estabelecem um preço para o carbono podem introduzir os chamados "ajustes de fronteira", ou seja, exigir o pagamento do preço do carbono por um produto, seja ele feito nacionalmente ou importado. (Tem que fazer exceções para produtos de países de baixa renda, onde a prioridade é impulsionar o crescimento econômico, não

reduzir suas já muito baixas emissões de carbono.)

Mesmo os países que não possuem um imposto sobre o carbono podem deixar claro que não fecharão acordos comerciais ou estabelecerão parcerias multilaterais com aqueles que não têm a redução de gases de efeito estufa como prioridade ou tomaram medidas para alcançá-la (com concessões para países com menos recursos, como já apontamos). Em essência, seria como se os governos dissessem uns aos outros: "Se você quiser fazer negócios conosco, terá de levar a sério as mudanças climáticas."

Finalmente, embora do meu ponto de vista seja o mais importante, devemos reduzir os prêmios verdes. É a única maneira de encorajar os países de renda baixa e média a reduzir gradualmente as emissões a zero, e isso só acontecerá se os países ricos - especialmente os Estados Unidos, o Japão e alguns países da Europa - assumirem a liderança. Afinal, é aqui que ocorre grande parte da inovação mundial.

Algo essencial deve ser enfatizado: *reduzir os prêmios verdes que são pagos no mundo não é um ato de caridade.* Países como os Estados Unidos não deveriam ver os investimentos em P&D em energia limpa apenas como um favor ao resto do mundo. Eles também

devem vê-los como uma oportunidade de fazer descobertas científicas que levarão a novas indústrias compostas de grandes startups que criarão empregos e reduzirão as emissões.

Pense em todos os efeitos positivos da pesquisa médica financiada pelo National Institutes of Health (NIH). Eles publicam seus resultados para que cientistas de todo o mundo se beneficiem de seu trabalho, mas seu financiamento fortalece as capacidades das universidades americanas, que, por sua vez, estão vinculadas a startups e multinacionais. O resultado é uma exportação americana - habilidades médicas avançadas - que cria muitos empregos bem remunerados em casa e salva vidas em todo o mundo.

Algo semelhante aconteceu com a tecnologia: os primeiros investimentos do Departamento de Defesa levaram à criação da internet e

microchips que alimentaram a revolução do computador pessoal.

E o mesmo pode acontecer com energia limpa. Existem mercados de bilhões de dólares à espera de alguém para inventar cimento ou aço neutro em carbono de baixo custo ou um combustível líquido com emissões líquidas zero. Como já argumentei, fazer esses avanços e implementá-los em grande escala não será fácil, mas as oportunidades são tão grandes que vale a pena sair para o resto do mundo. Alguém vai inventar essas tecnologias. A questão é quem e quando.

Há muitas coisas que podemos fazer como indivíduos, do nível local ao nacional, para nos aproximarmos mais rapidamente de nosso objetivo. Isso é o que cobriremos no próximo e último capítulo.

# O QUE CADA UM DE NÓS PODE FAZER

**É** normal que nos sintamos impotentes diante de um problema tão colossal como a mudança climática. Mas não somos. E você não precisa ser um político ou filantropo para ajudar a tornar as

coisas melhores. Todos nós temos influência como cidadãos, consumidores, empresários ou funcionários.

## Como cidadãos

Quando você se pergunta o que pode fazer para conter a mudança climática, o mais comum é pensar em medidas como dirigir um veículo elétrico ou comer menos carne. Esses tipos de ações pessoais são importantes por causa da mensagem que transmitem ao mercado - um tópico que trataremos com mais profundidade na próxima seção -, mas a maior parte de nossas emissões vem de sistemas mais amplos nos quais nossas vidas diárias se desenvolvem.

Se quisermos ter torradas no café da manhã, precisamos ter um sistema que forneça o pão, a torradeira e a eletricidade para que funcione sem adicionar gases de efeito estufa à atmosfera. Não

Resolveremos o problema do clima pedindo às pessoas que não comam torradas.

No entanto, a implementação deste novo sistema energético requer uma ação política concertada. Portanto, envolver-se no processo político é o passo mais importante que pessoas de todas as classes sociais podem dar para ajudar a prevenir um desastre climático.

Em minhas reuniões com políticos, achei útil lembrar que a mudança climática não é o único problema em questão. Os governantes também se preocupam com educação, emprego, saúde, política externa e, mais recentemente, com a COVID-19. E eles se saem bem: todas essas questões são importantes.

Os formuladores de políticas, no entanto, não podem resolver todos os problemas de uma vez, então eles decidem o que fazer primeiro, quais são as prioridades, com base nas preocupações expressas pelos eleitores.

Em outras palavras, as autoridades públicas adotarão planos concretos contra as mudanças climáticas se os eleitores assim exigirem. Graças a ativistas de todo o mundo, não é necessário gerar demanda: já são milhões de pessoas clamando por medidas. O que precisa ser feito, no entanto, é transformar essas reivindicações em pressão que empurre os políticos a tomar decisões difíceis e fazer as concessões necessárias para cumprir suas promessas de corte de emissões.

Independentemente dos recursos com que cada um de nós possa contar, sempre podemos usar a nossa voz e o nosso voto para conseguirmos mudanças.

### **Faça ligações, escreva cartas e participe de reuniões na prefeitura.**

Podemos ajudar os formuladores de políticas a compreender que é tão importante para eles pensar sobre o problema de longo prazo das mudanças climáticas quanto sobre empregos, educação ou saúde.

Por mais antiquado que pareça, cartas e ligações para representantes eleitos podem ter um impacto real. Senadores e deputados recebem relatórios frequentes de seus gabinetes sobre as opiniões dos eleitores. Mas não é suficiente dizer a eles "Faça algo sobre as mudanças climáticas." Devemos saber sua posição, fazer perguntas e deixar claro que este é um assunto que afetará o direcionamento do nosso voto. Devemos exigir que eles aloquem mais fundos para P&D de energia limpa, para definir um preço para o carbono ou para tomar qualquer uma das outras medidas descritas no Capítulo 11.

**Esteja vigilante tanto local quanto nacionalmente.** Muitas das decisões relevantes são tomadas nos níveis estadual e municipal por governadores e prefeitos, legislaturas estaduais e consistórios; esferas onde os cidadãos têm ainda mais influência do que no nível federal. Nos Estados Unidos, por exemplo, a eletricidade é regulada principalmente por comissões estaduais de serviços públicos, compostas por funcionários eleitos ou nomeados. É importante conhecer nossos representantes e manter contato com eles.

**Suporte para cargos públicos.** Aspirar a chegar ao Congresso dos Estados Unidos é uma meta muito ambiciosa. Mas um cidadão não precisa mirar tão alto na frente. Você pode concorrer a eleições estaduais ou municipais, onde suas iniciativas provavelmente terão o maior impacto em ambos os casos. Precisamos de funcionários públicos com toda a inteligência política, coragem e criatividade possíveis.

### **Como consumidores**

O mercado é dominado pela oferta e demanda, portanto, como consumidores, temos o potencial de causar um grande impacto no lado da demanda da equação. Se cada um de nós

mudar nossos hábitos em relação ao que compramos e usamos, podemos dar grandes passos, contanto que nos concentremos em mudanças importantes. Por exemplo, se você puder instalar um pequeno termostato para reduzir o consumo de energia quando não estiver em casa, fique à vontade para fazê-lo. Você reduzirá sua conta de eletricidade e suas emissões de gases de efeito estufa.

No entanto, cortar nossas emissões de carbono não é a ação mais forte que podemos tomar. Também podemos passar a mensagem ao mercado de que as pessoas querem alternativas neutras em carbono e estão dispostas a arcar com um custo mais alto por isso. Quando pagamos mais por um carro, uma bomba de calor ou um hambúrguer vegetariano, estamos dizendo: 'Há mercado para este produto. Nós vamos comprá-lo. sim

Muitas pessoas enviam a mesma mensagem, as empresas responderão e com bastante rapidez, de acordo com minha experiência. Eles vão investir mais dinheiro e tempo na fabricação de produtos de baixa emissão, o que contribuirá para o seu consumo em maior número. Isso fortalecerá a confiança dos investidores em startups que nos ajudarão a chegar a zero.

Sem essa mensagem de demanda, as inovações em que governos e empresas investem nunca chegarão ao mercado, ou nem mesmo serão desenvolvidas, dada a falta de incentivos econômicos para criá-las. Aqui estão algumas etapas concretas que podemos tomar:

**Contrate as taxas verdes da empresa prestadora de serviços.** Algumas empresas de serviços públicos fornecem residências e escritórios com a capacidade de pagar um suplemento para obter energia de fontes neutras em carbono. Em treze estados, as empresas são obrigadas a oferecer esta opção (se quiser saber em quais estados é, consulte o mapa de taxas verdes do C2ES - Centro de Soluções Climáticas e Energéticas, ou Centro de Soluções

Climático e Energético—, [www.c2es.org/document/greenpricing-programs](http://www.c2es.org/document/greenpricing-programs)). Os clientes pagam um suplemento à conta de eletricidade para cobrir o custo adicional da energia renovável, uma média de

entre um e dois centavos por quilowatt-hora, ou entre US \$ 9 e US \$ 18 por mês para uma família americana média. Ao participar desses programas, mostramos a essas empresas nossa disposição de pagar mais para enfrentar as mudanças climáticas. Este é um sinal de mercado importante.

Mas o que esses programas não fazem é eliminar as emissões ou levar a aumentos significativos na quantidade de energias renováveis na rede. Somente as políticas governamentais podem fazer isso.

**Reduza as emissões domésticas.** Dependendo de quanto dinheiro e tempo você tem, você pode substituir suas lâmpadas incandescentes por LEDs, instalar um pequeno termostato, isolar as janelas, comprar eletrodomésticos eficientes ou substituir seu aquecedor e ar condicionado por uma bomba de calor (desde que o clima) do seu local de residência permite). Se for alugar, você pode fazer as benfeitorias a que tem direito - como trocar as lâmpadas - e incentivar o locador a cuidar do resto. Se você vai construir uma casa nova ou reformar uma

antiga, você pode optar por usar aço reciclado e melhorar a eficiência energética da casa com painéis isolantes estruturais, formas isolantes para concreto, barreiras radiantes em lofts e tetos, isolamento reflexivo e isolamento de fundação.

**Compre um veículo elétrico.** Esses veículos já percorreram um longo caminho em preço e desempenho. Embora possam não ser adequados para todos (não são ideais para longas viagens rodoviárias e não seria prático para todos recarregá-los em casa), eles estão disponíveis para cada vez mais consumidores. Esse é um dos casos em que o comportamento do consumidor pode ter consequências enormes: se as pessoas compram muito, as empresas ganham muito.

**Experimente um hambúrguer vegetal.** Admito que hambúrgueres vegetarianos nem sempre foram muito apetitosos, mas a nova geração de alternativas de proteínas vegetais é mais rica e mais próxima do sabor e da textura da carne do que seus predecessores. Eles estão disponíveis em muitos restaurantes, mercearias e até mesmo em lojas de fast food. Comprar esses produtos

mostra que fabricá-los é um bom investimento. Além disso, comer um substituto de carne apenas uma ou duas vezes por semana (ou pular carne) cortaria as emissões pelas quais somos responsáveis. O mesmo se aplica aos laticínios.

### **Como empresários ou funcionários**

Seja como funcionários ou acionistas, podemos pressionar nossa empresa a fazer sua parte. Embora, é claro, as ações das multinacionais tenham o maior impacto em muitos desses campos, as pequenas empresas também podem fazer muito para melhorar as coisas, especialmente se colaborarem por meio de organizações como as câmaras de comércio locais.

Algumas etapas são mais fáceis do que outras. Coisas simples são importantes: plantar árvores, por exemplo, é bom por razões políticas e ambientais. Mostre uma preocupação com a mudança climática.

Limitar-nos ao fácil, entretanto, não resolverá o problema. O setor privado também terá que tomar medidas mais duras.

Primeiro, isso significa assumir mais riscos, como financiar projetos que podem fracassar, mas podem se tornar uma conquista para a ciência da energia limpa.

Acionistas e executivos deverão estar dispostos a assumir alguns desses riscos, garantindo aos executivos que financiarão projetos inovadores, mesmo que não dêem frutos. As empresas e seus líderes devem ser recompensados por apostarem em nós para avançarmos no combate às mudanças climáticas.

As empresas também podem colaborar umas com as outras identificando e tentando responder aos maiores desafios climáticos. Isso significa procurar os maiores prêmios verdes e tentar reduzi-los. Se, no setor privado, os maiores consumidores de materiais como aço ou cimento se reunissem e exigissem substitutos mais limpos - e comprometidos com a infraestrutura necessária para fabricá-los - a pesquisa se aceleraria e o mercado estaria no caminho certo. Finalmente, o setor privado pode defender essas decisões difíceis concordando, por exemplo, em usar seus recursos para desenvolver esses mercados e exigindo que os governos estabeleçam estruturas regulatórias que permitam o sucesso de novas tecnologias. Os líderes políticos enfocam as fontes de emissão e os desafios

técnicos mais importantes? Você está falando sobre armazenamento de energia em escala de rede, eletrocombustíveis, captura de carbono e cimento e aço neutros em carbono? Do contrário, eles não estão nos ajudando a entrar no caminho para emissões zero antes de 2050.

Proponho alguns passos concretos que o setor privado pode tomar a este respeito:

**Estabeleça um imposto interno sobre o carbono.** Já existem grandes empresas que tributam cada uma de suas divisões. Essas empresas não se limitam a falar sobre redução de emissões. Eles ajudam a tirar os produtos dos laboratórios e colocá-los no mercado, porque a receita tributária interna pode ir diretamente para atividades que reduzem os prêmios verdes e ajudam a criar um mercado para os produtos de energia limpa de que precisam. Funcionários, investidores e clientes podem defender essa abordagem apoiando os responsáveis por sua implementação.

**Priorizar a inovação em soluções de baixo carbono.** A maioria das indústrias costumava se orgulhar de investir em novas ideias, mas a era de ouro da P&D corporativa ficou para trás. Hoje, as empresas dos setores aeroespacial, de energia e de materiais reinvestem menos de 5% de seus lucros em P&D (as empresas de software empregam mais de 15%). As empresas devem priorizar novamente as iniciativas de P&D, especialmente as inovações de baixo carbono, muitas das quais exigem um compromisso de longo prazo. Por outro lado, empresas maiores podem fazer parceria com pesquisadores do governo para trazer conhecimento prático de negócios para os esforços de pesquisa.

**Pratique a adoção antecipada.** Assim como os governos, as empresas podem tirar proveito da compra de muitos produtos para acelerar a adoção de novas tecnologias. Entre outras coisas, isso pode se traduzir na compra de veículos elétricos para frotas de empresas, materiais de baixo carbono para a construção ou reforma de prédios da empresa e a responsabilidade de usar uma determinada porcentagem de energia limpa. Muitas empresas em

todo o mundo já se comprometeram a usar energia renovável para muitas de suas atividades, incluindo Microsoft, Google, Amazon e Disney. A empresa de navegação Maersk garantiu que reduzirá suas emissões líquidas a zero até 2050.

Embora esses compromissos sejam difíceis de cumprir, eles enviam uma importante mensagem de negócios sobre a importância de desenvolver estratégias neutras em carbono. Ao ver que existe uma demanda, os inovadores saberão que têm um mercado disposto a comprar seus produtos.

**Envolve-se no processo de formulação de políticas.**

As empresas não podem ter medo de colaborar com o governo, assim como os governos não devem ter medo de colaborar com as empresas. As empresas devem defender a meta zero e apoiar o financiamento da ciência básica e dos programas de P&D aplicados que nos levarão a ela. Isso é especialmente importante devido ao desinvestimento comercial de P&D nas últimas décadas.

**Conecte-se com pesquisas financiadas pelo governo.** As empresas devem aconselhar os programas de P&D para que tanto a pesquisa básica quanto a aplicada se concentrem nas ideias com mais números para se tornarem produtos. (Ninguém identifica as

chances de sucesso melhor do que as empresas que desenvolvem e comercializam produtos diariamente.)

Servir em conselhos consultivos do setor e participar de exercícios de planejamento são maneiras baratas de influenciar os programas de P&D do governo.

Além disso, as empresas podem ajudar a pagar por P&D por meio de acordos de compartilhamento de financiamento e projetos conjuntos de pesquisa, o tipo de colaboração entre os setores público e privado que resultou no surgimento de turbinas a gás e motores.

**Ajude novos inovadores a cruzar o vale da morte.**

As ideias promissoras de muitos pesquisadores nunca se cristalizam em produtos porque o processo seria muito caro ou arriscado. Empreendedores estabelecidos podem ajudar, concedendo-lhes acesso às suas instalações de experimentação e fornecendo dados como parâmetros de custo. Quem quiser fazer mais pode oferecer bolsas e programas de treinamento para empreendedores, investir em novas tecnologias, criar

departamentos especializados em inovação de baixo carbono e financiar novos projetos de baixa emissão.

#### **Um último pensamento**

Infelizmente, o diálogo sobre a mudança climática tornou-se desnecessariamente polarizado, para não mencionar turvo por relatórios conflitantes e relatos confusos. Precisamos tornar o debate mais pensativo e construtivo e, acima de tudo, precisamos focalizá-lo em planos realistas e concretos para atingir a meta do zero.

Eu gostaria que houvesse uma invenção mágica para direcionar o diálogo em uma direção mais produtiva. Claro, esse dispositivo não existe. Portanto, alcançá-lo depende de cada um de nós.

Espero que possamos canalizar a polêmica compartilhando os dados com as pessoas que fazem parte de nossas vidas: familiares, amigos e pessoas em cargos de responsabilidade. Não se trata apenas de compartilhar as informações que nos dizem por que devemos agir, mas também

aquele que nos mostra quais seriam as medidas mais benéficas. Um dos meus objetivos ao escrever este livro é iniciar mais conversas desse tipo. Também estou confiante de que seremos capazes de nos unir em torno de planos que eliminarão as diferenças políticas. Como tentei mostrar, não é tão ingênuo quanto pode parecer. Ninguém está monopolizando o mercado de soluções eficazes para as mudanças climáticas.

Apoiadores do setor privado, intervenção estatal, ativismo ou uma combinação dos três podem cerrar fileiras após uma ideia prática. Quanto às ideias com as quais você discorda, é compreensível que se sinta compelido a criticá-las. Mas acredito que você gastará mais tempo e energia apoiando causas pelas quais simpatiza do que opondo-se àquelas das quais discorda.

Com a ameaça das mudanças climáticas pairando sobre nós, pode ser difícil ser otimista sobre o futuro. No entanto, como meu falecido amigo Hans Rosling, professor e defensor da saúde global, escreveu em seu fabuloso livro *Fatura*: "Quando temos uma visão do mundo baseada em fatos, tomamos consciência de que as coisas não são tão terríveis quanto parecem ... e do que devemos fazer para torná-las melhores." [1]

Quando temos uma visão baseada em fatos da mudança climática, percebemos que temos algumas das ferramentas de que precisamos para evitar um desastre climático, mas não todas. Tomamos consciência do que nos

impede de implementar as soluções que temos e de desenvolver os avanços de que necessitamos. E estamos cientes de todos os esforços que devemos fazer para superar esses obstáculos. Estou otimista porque sei qual tecnologia e *PESSOAS* eles são capazes de alcançar. O entusiasmo que vejo, especialmente entre os jovens, para resolver este problema me enche de esperança. Se não perdermos de vista nosso grande objetivo - chegar a zero - e fizermos planos rigorosos para alcançá-lo, evitaremos o desastre. Está em nosso poder tornar o clima suportável para todos, ajudar centenas de milhões de pessoas de baixa renda a aproveitar ao máximo a vida e conservar o planeta para as gerações futuras.

## EPÍLOGO

# MUDANÇAS CLIMÁTICAS E

**COV  
ID-  
19**

**T**erminei este livro no final do ano mais turbulento da história recente. Estou escrevendo este epílogo em novembro de 2020, quando COVID-19 matou mais de 1,4 milhão de pessoas em todo o mundo e entramos em outra onda de infecções e mortes. A pandemia mudou a maneira como trabalhamos, vivemos e interagimos.

Por outro lado, 2020 nos trouxe novos motivos de esperança em relação às mudanças climáticas. Após a eleição de Joe Biden como presidente, os Estados Unidos estão prontos para reconquistar a liderança nesse campo. A China estabeleceu uma meta ambiciosa de alcançar a neutralidade de carbono até 2060. Em 2021, a ONU realizará outra grande cúpula sobre mudança climática na Escócia. Nada disso

garante que iremos progredir, é claro, mas abre inúmeras oportunidades. Pretendo passar grande parte de 2021 conversando com líderes de todo o mundo sobre as mudanças climáticas e o COVID-19. Defenderei perante eles a tese de que muitas das lições que a pandemia nos ensinou - bem como os valores e princípios em que se baseia a nossa luta contra ela - são aplicáveis também ao problema do clima.

Em primeiro lugar, precisamos de colaboração internacional. A frase "temos que trabalhar ombro a ombro" parece um clichê, mas é

verdade. Quando governos, pesquisadores e empresas farmacêuticas trabalharam ombro a ombro contra o COVID-19, o mundo fez avanços extraordinários, como desenvolver e testar vacinas em tempo recorde. Por outro lado, quando demonizamos outros países ou nos recusamos a aceitar que as máscaras e a distância social diminuam a propagação do vírus, em vez de aprendermos uns com os outros, agravamos a situação.

O mesmo vale para as mudanças climáticas. Se os países ricos se preocuparem apenas em reduzir suas próprias emissões, sem levar em conta que as tecnologias limpas devem ser viáveis para todos, nunca chegaremos a zero. Nesse sentido, ajudar os outros não é apenas um ato de altruísmo, mas também algo que nos convém. Todos nós temos motivos para atingir a meta zero e para ajudar os outros a alcançá-la. A temperatura não vai parar de subir no Texas, a menos que as emissões parem de subir na Índia.

Em segundo lugar, devemos permitir que a ciência, ou para ser mais preciso, muitas ciências diferentes, iluminem o nosso caminho. No caso do novo coronavírus, temos nos pautado pela biologia, virologia e farmacologia,

além da ciência política e da economia, pois, afinal, decidir como distribuir vacinas equitativamente é um ato eminentemente político. Da mesma forma que a epidemiologia nos diz os riscos do COVID-19, mas não como combatê-lo, a climatologia nos diz por que devemos mudar de curso, mas não como fazê-lo. Para fazer isso, devemos nos voltar para a engenharia, física, ciências ambientais, economia e outras disciplinas.

Terceiro, as soluções devem atender às necessidades dos mais afetados. Com a COVID-19, as pessoas que mais sofreram são aquelas que não têm a opção de trabalhar em casa ou tirar dias de folga para cuidar de si ou de seus entes queridos. Eles são, em sua maioria, pessoas não brancas ou de baixa renda.

Nos Estados Unidos, as taxas de infecção e morte por COVID-19 entre negros e hispânicos são desproporcionalmente altas. [1] O

Os alunos desses grupos têm menos facilidades para assistir às aulas online do que os brancos. Entre os beneficiários do Medicare, o programa de cobertura de saúde do governo dos Estados Unidos, os pobres têm uma taxa de mortalidade por coronavírus dezenove vezes maior. [dois] Fechar essas lacunas será essencial para controlar o vírus nos Estados Unidos.

O novo coronavírus estragou décadas de progresso na luta contra a pobreza e as doenças. Para lidar com a pandemia, os governos desviaram recursos humanos e financeiros de outras prioridades, como programas de vacinação. De acordo com um estudo do Institute for Health Metrics and Evaluation, em 2020, as taxas de vacinação caíram para o seu nível mais baixo desde a década de 1990. [3]

Voltamos vinte e cinco anos em cerca de vinte e cinco semanas.

Os países prósperos, que já fazem grandes doações em benefício da saúde global, terão que ser ainda mais generosos para compensar essa perda. Quanto mais investirem no fortalecimento dos sistemas de saúde do planeta, mais bem preparados estaremos para a próxima pandemia.

Da mesma forma, devemos planejar uma transição justa para um futuro de emissão zero. Como argumentei no Capítulo 9, as pessoas em áreas carentes precisam de ajuda para se ajustar a um mundo mais quente. E os países privilegiados devem estar cientes de

que a transição energética causará danos às comunidades cujas economias se baseiam nos atuais sistemas de energia: lugares onde a principal indústria é a mineração de carvão, ou onde se fabrica cimento, fundem aço ou fabricam automóveis. Além disso, muitas pessoas ocupam empregos indiretamente ligados a esses setores; Quando houver menos carvão e combustível para transportar, haverá menos trabalho para caminhoneiros e ferroviários. Uma parte significativa da economia da classe trabalhadora será afetada,

Finalmente, podemos tomar medidas para resgatar as economias atingidas pelo COVID-19 e, ao mesmo tempo, estimular a inovação necessária para prevenir um desastre climático. Ao investir em pesquisa e desenvolvimento de energia limpa, os governos podem promover uma recuperação econômica que, por sua vez, ajuda a reduzir as emissões. Embora seja verdade que os gastos com P&D compensem no longo prazo, também têm consequências imediatas: o dinheiro cria empregos em pouco tempo. Em 2018, o investimento do governo dos EUA em pesquisa e desenvolvimento em todos os setores apoiou direta e indiretamente

mais de 1,6 milhão de empregos, resultando em receita de

US \$ 126 bilhões para os trabalhadores e uma receita tributária estadual e federal de US \$ 39 bilhões. [4]

A P&D não é a única área em que o crescimento econômico anda de mãos dadas com a inovação em tecnologia de emissão zero. Os governos também podem ajudar as empresas de energia limpa a crescer com políticas que reduzem os prêmios verdes e tornam mais fácil para os produtos verdes competirem com os produtos baseados em combustíveis fósseis.

Por outro lado, eles podem aproveitar os recursos dos pacotes de ajuda ao coronavírus para expandir o uso de energias renováveis e construir redes elétricas integradas, por exemplo.

Em 2020, sofremos um golpe trágico e devastador. No entanto, estou otimista quanto às nossas chances de controlar o vírus em 2021. Também acredito que faremos avanços significativos nas mudanças climáticas, pois o mundo está mais comprometido do que nunca com a solução desse problema.

Quando a economia mundial entrou em recessão severa em 2008, o apoio popular às medidas de mudança climática despencou. As pessoas não imaginavam que pudéssemos enfrentar as duas crises ao mesmo tempo. Desta vez a situação é diferente. Apesar da pandemia devastando a economia global, o apoio às iniciativas de mudança climática continua tão alto quanto era em 2019. Nossas emissões, ao que parece, não são mais um

problema que queremos varrer para baixo do tapete.

Agora, a questão é a seguinte: como devemos aproveitar esse impulso? Para mim, a resposta é clara. Para a próxima década, devemos nos concentrar nas tecnologias, políticas e estruturas de mercado que nos guiarão para a eliminação dos gases de efeito estufa até 2050. Não consigo pensar em uma resposta melhor para o terrível 2020 do que passar os próximos dez anos perseguindo essa ambiciosa meta.

## OBRIGADO

Quero agradecer ao pessoal da Gates Ventures e Breakthrough Energy que ajudaram a tornar isso possível *Como evitar um desastre climático*.

Josh Daniel tem sido um parceiro de redação inestimável. Isso me ajudou a expressar os aspectos complexos da mudança climática e da energia limpa da maneira mais simples e clara possível. Se este livro for tão persuasivo quanto espero, será em grande parte graças ao bom trabalho de Josh.

Escrevi este livro porque quero incentivar o mundo a adotar planos eficazes para lidar com a mudança climática. Nesse esforço, ele não poderia ter melhores colaboradores do que Jonah Goldman e sua equipe, incluindo Robin Millican, Mike Boots e Lauren Nevin. Eles me forneceram conselhos essenciais sobre políticas e estratégias climáticas para garantir que as ideias deste livro ressoem.

Ian Saunders liderou o processo criativo e de produção com toda a engenhosidade que espero dele. Anu Horsman e Brent Christofferson projetaram os gráficos - com a ajuda

especializada de Beyond Words - e selecionaram as fotografias que ajudaram a dar vida a este livro.

Bridgitt Arnold e Andy Cook lideraram a campanha promocional.

Larry Cohen, por sua vez, supervisionou todo esse trabalho com sua compostura e bom senso habituais.

A equipe do Grupo Rhodium, liderada por Trevor Houser e Kate Larsen, tem sido extremamente útil. Seu trabalho de pesquisa e consultoria é refletido ao longo do livro.

Também quero agradecer aos membros do conselho da Breakthrough Energy Ventures: Mukesh Ambani, John Arnold, John Doerr, Rodi Guidero, Abby Johnson, Vinod Khosla, Jack Ma, Hasso Plattner, Carmichael Roberts e Eric Toone.

Jabe Blumenthal e Karen Fries são dois ex-colegas da Microsoft que organizaram minha primeira sessão de treinamento sobre mudanças climáticas, em 2006. Nele, fui apresentado a dois climatologistas, Ken Caldeira, então pesquisador do Carnegie Institute for Science, e David Keith, do Center for the Environment da Harvard University. Desde então, tive inúmeras conversas com Ken e David que moldaram minha visão sobre o assunto.

Ken e alguns de seus pós-doutorandos - Candise Henry, Rebecca Peer e Tyler Ruggles

- examinaram o manuscrito linha por linha em busca de erros factuais. Sou grato a eles por seu trabalho meticuloso. Quaisquer erros deixados no texto são de minha responsabilidade.

O falecido David Mackay, da Universidade de Cambridge, foi uma grande inspiração para mim com sua inteligência e perspicácia. Eu recomendo seu magnífico livro *Energia sustentável sem gases nocivos* a todos aqueles que querem se aprofundar no tema energia e mudanças climáticas.

Vaclav Smil, professor emérito da Universidade de Manitoba, é um dos melhores especialistas em teoria de sistemas que conheço. Sua influência neste livro é especialmente evidente nas passagens sobre a história das transições de energia e nos erros que ele me ajudou a evitar.

Tive a sorte de conhecer várias pessoas conhecedoras - e aprender com elas - ao longo dos anos. Agradeço ao senador Lamar Alexander, Josh Bolten, Carol Browner, Steven Chu, Arun Majumdar, Ernest Moniz, senador Lisa Murkowski, Henry Paulson e John Podesta por serem tão generosos com seu tempo.

Nathan Myhrvold me deu uma série de críticas bem fundamentadas sobre um dos primeiros rascunhos. Nathan nunca hesita em me dizer abertamente o que pensa, uma qualidade que sempre aprecio, mesmo quando não estou seguindo seus conselhos.

Outros amigos e colegas tiveram a gentileza de reservar um tempo para ler o manuscrito e compartilhar suas opiniões comigo, incluindo Warren Buffett, Sheila Gulati, Charlotte Guyman, Geoff Lamb, Brad

Smith, Marc St. John, Mark Suzman e Lowell  
Wood.

Quero agradecer ao restante da equipe da Breakthrough Energy: Meghan Bader, Julie Barger, Adam Barnes, Farah Benahmed, Ken Caldeira, Saad Chaudhry, Jay Dessy, Gail Easley, Ben Gaddy, Ashley Grosh, Jon Hagg, Conor Hand, Aliya Haq , Victoria Hunt, Anna Hurlimann, Krzysztof Ignaciuk, Kamilah Jenkins, Christie Jones, Casey Leiber, Yifan Li, Dan Livengood, Jennifer Maes, Lidya Makonnen, Maria Martinez, Ann Mettler, Trisha Miller, Kaspar Mueller, Daniel Muldrew, Philipp Offenberg, Daniel Olsen, Merrielle Ondreicka, Julia Reinaud, Ben Rouillé d'Orfeuil, Dhileep Sivam, Jim VandePutte, Demaris Webster, Bainan Xia, Yixing Xu e Allison Zelman.

Também quero agradecer à equipe da Gate Ventures: Katherin Augustin, Laura Ayers, Becky Bartlein, Sharon Bergquist, Lisa Bishop, Aubree Bogdonovich, Niranjan Bose, Hillary Bounds, Bradley Castaneda, Quinn Cornelius, Zephira Davis, Prathna Desai, Pia Dierking, Gregg Eskenazi, Sarah Fosmo, Josh Friedman, Joanna Fuller, Meghan Groob, Rodi Guidero, Rob Guth, Diane Henson, Tony Hoelscher, Mina Hogan, Margaret Holsinger, Jeff Huston, Tricia Jester, Lauren Jiloty, Chloe Johnson, Goutham Kandru, Liesel Kiel, Meredith Kimball, Todd Krahenbuhl, Jen Krajicek, Geoff Lamb, Jen Langston, Jordyn Lerum, Jacob Limestall, Abbey Loos, Jennie Lyman, Nicole MacDougall, Mike Maguire, Kristina Malzbender, Greg Martinez, Kim McGee,

Emma McHugh, Kerry McNellis, Joe Michaels ,  
Craig Miller, Ray Minchew, Valerie Morones,  
John Murphy, Dillon Mydland, Kyle Nettelblatt,  
Paul Nevin, Patrick Owens, Hannah Palko,  
Mukta Phatak, David Phillips, Tony Pound, Bob  
Regan, Kate Reizner, Oliver Rothschild, Katie  
Rupp, Alicia Salmond, Brian Sanders, KJ  
Sherman, Kevin Smallwood, Jacqueline Smith,  
Steve Springmeyer , Rachel Strege, Khiota  
Therrien, Caroline Tilden, Yasmin Wazir, Sean  
Williams, Sunrise Swanson Williams, Cailin  
Wyatt, Mariah Young e Naomi Zukor.

Gostaria de agradecer a equipe Knopf. O  
apoio de Bob Gottlieb a este livro desde o início  
ajudou a torná-lo realidade. Tudo o que é dito  
sobre suas maravilhosas habilidades como  
editor é verdade. Katherine Hourigan guiou este  
livro com graça e talento por todas as fases de  
edição e produção. Obrigado também ao  
falecido Sonny Mehta, Reagan Arthur, Maya  
Mavjee, Tony Chirico, Andy Hughes, Paul  
Bogaards, Chris Gillespie, Lydia Buechler, Mike  
Collica, John Gall, Suzanne Smith, Serena  
Lehman, Kate Hughes, Anne Achenbaum,  
Jessica Purcell, Julianne

Clancy e Elizabeth Bernard. E obrigado a Lizzie Gottlieb por apresentar este projeto a seu pai.

Por último, sou muito grato a Melinda, Jenn, Rory e Phoebe; a minhas irmãs Kristi e Libby e a meu pai, Bill Gates Sênior, que faleceu durante a escrita deste livro. Eu não poderia ter uma família mais amorosa e solidária.



Para interromper o aquecimento e prevenir os piores efeitos da mudança climática, os humanos devem parar de emitir gases de efeito estufa na atmosfera.

Se isso parece complicado é porque será. O mundo nunca empreendeu uma tarefa tão colossal. Todos os países terão que mudar sua forma de fazer as coisas, pois praticamente todas as atividades da existência contemporânea envolvem o lançamento desse tipo de gases.

Se o mundo continuar a produzir gases de efeito estufa, a mudança climática continuará a piorar e seu impacto sobre a humanidade certamente será catastrófico.

No entanto, isso pode mudar. Já temos algumas das ferramentas de que precisaremos e, quanto às que ainda não temos, tudo o que aprendi sobre clima e tecnologia me leva a ser otimista sobre nossa

capacidade de inventá-las, implementá-las e, se nós agir com rapidez suficiente para evitar um desastre climático.

Este livro é sobre o que precisa ser feito e as razões pelas quais acho que podemos fazer isso.

**Bill Gates**

**Bill Gates** é especialista em tecnologia, líder empresarial e filantropo. No

Em 1975, ele fundou a Microsoft com seu amigo de infância Paul Allen e atualmente co-preside a Fundação Bill & Melinda Gates com sua esposa. Ele também criou Breakthrough Energy, uma iniciativa para a comercialização de energia limpa e tecnologias relacionadas ao meio ambiente. Ele e Melinda têm três filhos e moram em Medina, Washington.

g  
a  
t  
e  
s  
n  
o  
t  
e  
s  
.  
c  
o  
m  
g  
a  
t  
e  
s  
f  
o  
u  
n

d  
a  
t  
i  
o  
n  
.  
o  
r  
g  
F  
a  
c  
e  
b  
o  
o  
k  
:  
@  
B  
i  
l  
l  
G  
a  
t  
e  
s  
T  
w  
i  
t  
t  
e  
r  
:

@Bill Gates Instagram: @thisisbillgates



Penguin  
Random House  
Grupo Editorial

Título original: *As soluções que temos e as inovações de que precisamos*

Edição em formato digital: fevereiro de 2021

© 2021, Bill Gates

Esta tradução foi publicada por acordo com a Doubleday, um selo do The Knopf

Doubleday Group, uma divisão da Penguin Random House, LLC.

© 2021, Penguin  
Random House  
Grupo Editorial,  
SAU Travessera  
de Gràcia, 47-49.  
08021 Barcelona  
© 2021, Carlos  
Abreu Fetter,  
pela tradução

Design da capa: John Gall

O Grupo Editorial da Penguin Random House apóia a proteção de *direito autoral*. O *direito autoral* estimula a criatividade, defende a diversidade no campo das ideias e do conhecimento, promove a liberdade de expressão e favorece uma cultura viva. Obrigado por adquirir uma edição autorizada deste livro e por observar as leis do *direito autoral* por não reproduzir ou distribuir qualquer parte desta obra por qualquer meio sem permissão. Ao fazer isso, você está apoiando os autores e permitindo que PRHGE continue

publicação de livros para todos os leitores. Vá para CEDRO (Centro Espanhol de Direitos Reprográficos, <http://www.cedro.org>

) se você  
precisar  
reproduzir  
qualquer  
parte deste  
trabalho.

ISBN: 978-84-01-02517-4

Composição digital: MI Maquetación, SL

F

a

c

e  
b  
o  
o  
k  
:  
@  
p  
e  
n  
g  
u  
i  
n  
l  
i  
b  
r  
o  
s  
T  
w  
i  
t  
t  
e  
r  
:  
@  
p  
e  
n  
g  
u  
i  
n  
l  
i  
b  
r  
o  
s  
l

n  
s  
t  
a  
g  
r  
a  
m  
:  
@  
p  
e  
n  
g  
u  
i  
n  
l  
i  
b  
r  
o  
s

## NOTAS

### Introdução. De 51 bilhões a zero

[1] Fotografia de James Iroha.

[dois] Este gráfico reflete as informações dos Indicadores de Desenvolvimento Mundial

de Banco Mundo, com licença DC DE 4,0 (<https://www.creativecommons.org/licenses/by/4.0>) acessível no <https://data.worldbank.org/>. A receita reflete o produto interno bruto (PIB) per capita em 2014, com base na paridade do poder de compra (PPC), expressa em dólares internacionais correntes. O consumo de energia é expresso em quilogramas de petróleo per capita em 2014, de acordo com informações da IEA dos Indicadores de Desenvolvimento Mundial do Banco Mundial. Todos os direitos reservados; modificado por Gates Ventures, LLC.

[3] Da esquerda para a direita (os títulos eram os que estavam em vigor na época do evento, em 2015): Wan Gang, Ministro da Ciência e Tecnologia (China); Ali Al-Naimi, Ministro do Petróleo e Recursos Minerais (Arábia Saudita); Erna Solberg, primeira-ministra (Noruega); Shinzo Abe, primeiro-ministro (Japão); Joko Widodo, presidente (Indonésia); Justin Trudeau, primeiro-ministro (Canadá); Bill Gates; Barack Obama, presidente (Estados Unidos); François Hollande, presidente (França); Narendra Modi, primeiro-ministro (Índia); Dilma Rousseff, presidente (Brasil); Michelle Bachelet, presidente (Chile); Lars Løkke Rasmussen, Primeiro Ministro (Dinamarca); Matteo Renzi, primeiro-ministro (Itália); Enrique Peña Nieto,

presidente (México); David Cameron, Primeiro Ministro (Reino Unido); Sultan Al Jaber, Ministro de Estado e Enviado Especial para Energia e Mudanças Climáticas (Emirados Árabes Unidos). Fotografia de Ian Langsdon / AFP / Getty Images.

## 1. Por que zero?

[1] Os dados de anomalia de temperatura média global do Projeto Intercomparação de Modelo Acoplado (CMIP5) são baseados em cálculos do Instituto Real de Meteorologia da Holanda (KNMI). A variação da temperatura é expressa em graus centígrados.

[dois] A informação sobre a variação média da temperatura expressa em graus centígrados em relação à média em 1951-1980 vem de Berkeley Earth, [berkeleyearth.org](http://berkeleyearth.org); Informações sobre CO<sub>2</sub>

expresso em toneladas métricas vem do Global Carbon Budget 2019 por Le Quéré, Andrew *et al.*, licenciado sob CC BY 4.0 (<https://www.creativecommons.org/licenses/by/4.0>) e acessível no <https://essd.copernicus.org/articles/11/1783/2019/>.

[3] De acordo com a pesquisa citada em Solomon M. Hsiang e Amir S. Jina, "Geografia, Depreciação e Crescimento", *American Economic Review*, Maio de 2015.

[4] Fotografia por AFP / Getty Images.

[5] Donald Wuebbles, David Fahey e Kathleen Hibbard, *Avaliação Nacional do Clima 4: Impactos das Mudanças Climáticas nos Estados Unidos*, Programa de Pesquisa de Mudança Global dos EUA, 2017.

[6] R. Warren *et al.*, "O efeito projetado sobre insetos, vertebrados e plantas de limitar o aquecimento

global a 1,5 ° C em vez de 2 ° C", *Ciência*,  
18 de maio de 2018.

[7] World of Corn, site publicado pela  
National Corn Growers Association,  
<worldofcorn.com>.

[8] Site do Conselho de Promoção do  
Milho de Iowa, <www.iowacorn.org>.

[9] Colin P. Kelley *et al.*, "Mudanças climáticas no  
crescente fértil e implicações da recente seca na Síria",  
*PNAS*, 17 de março de 2015.

[10] Anouch Missirian e Wolfram  
Schlenker, "Asylum Applications  
Respond to Temperature Fluctuations",  
*Ciência*, 22 de dezembro de 2017.

2. Não será fácil

[1] Fotografe por dem10 / E + / Getty Images e lessydoang / Room / Getty Images.

[dois] US Energy Information Administration, <[www.eia.gov](http://www.eia.gov)>.

[3]\_Informações sobre gases de efeito estufa expressas em

toneladas métricas de equivalentes de dióxido de carbono (CO<sub>2e</sub>) vem de

do Grupo Ródio. Este gráfico também usa informações do World Population Outlook 2019 (ONU), licenciado sob CC BY 3.0 IGO (<https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/igo/>) e disponível em <https://un.org/wpp/Download/Standard/Population/>.

un.org/wpp/Download/Standard/Population/.

[4]\_Fotografia de Paul Seibert.

[5]\_Fotografia: © Fundação Bill & Melinda Gates / Prashant Panjiar.

[6]\_Vaclav Smil, *Mitos e realidades da energia*, Washington, DC, AEI Press, 2010, pp. 136-137.

[7] *Ibid.*, p. 138

[8] *Ibid.*

[9]\_As energias renováveis modernas incluem os atuais eólicos, solares e biocombustíveis. Fonte: Vaclav Smil, *Transições de energia* (2018).

[10]\_Xiaochun Zhang, Nathan P. Myhrvold e Ken Caldeira, "Fatores-chave para avaliar os benefícios do clima de gás natural versus geração de eletricidade de carvão", *Cartas de Pesquisa*

*Ambiental*, 26 de novembro de 2014,  
<iopscience.iop.org>.

[onze] Análise do Grupo Ródio.

3. Cinco perguntas a serem feitas em todas as conversas sobre clima

[1]. Os números indicam o consumo médio de energia. A demanda de pico será maior; Por exemplo, em 2019, o pico de demanda nos Estados Unidos foi de 704 gigawatts. Para obter mais informações, consulte o site da US Energy Information Administration, <www.eia.gov>.

[dois] Levando em consideração 2020: The COVID-19 Edition, Rhodium Group, <https://rhg.com>.

## 4. Como nos conectamos

[1] Fotografia cortesia da família Gates.

[dois]

Baseado no ODS7: Dados e Projeções,  
IEA 2020, [www.iea.org/statistics](http://www.iea.org/statistics).

Todos os direitos reservados;  
modificado por Gates Ventures, LLC.

[3] Nathan P. Myhrvold e Ken Caldeira, "Greenhouse Gases, Climate Change, and the Transition from Coal to Low-Carbon Electricity", *Cartas de Pesquisa Ambiental*, 16 de fevereiro de 2012, <iopscience.iop.org>.

[4] Vaclav Smil, *Energia e Civilização*, Cambridge, Massachusetts, MIT Press, 2017, p. 406.

[5] O setor de energias renováveis inclui os biocombustíveis eólicos, solares, geotérmicos e modernos. Fonte: bp Statistical Review of World Energy 2020, <<https://www.bp.com>>.

[6] Escritório de Informação Técnica e Científica do Departamento de Energia dos Estados Unidos, "Análise de Incentivos Federais Usados para Estimular a Produção de Energia: Um Resumo Executivo", fevereiro de 1980, <[www.osti.gov](http://www.osti.gov)>. Os subsídios ao carvão e ao gás natural são calculados em dólares 2019.

[7] Fotografia por Universal Images Group / Getty Images

[8] Wataru Matsumura e Zakia Adam, "Fossil Fuel Consumption Subsidies Bouncely in 2018", comentário da IEA, 13 de junho de 2019.

[9] Os dados são de Eurelectric,

'Decarbonisation Pathways', maio de 2018,

<cdn.eurelectric.org>.

[10] Fraunhofer ISE, <www.energy-charts.de>.

[onze] Zeke Turner, "In Central Europe, Germany's Renewable Revolution Causes Friction", *Wall Street Journal*, 16 de fevereiro de 2017.

[12] O peso dos materiais é expresso em toneladas métricas por terawatt-hora de eletricidade gerada. "Solar PV" refere-se a painéis solares fotovoltaicos, que transformam a luz solar em eletricidade. Fonte: Departamento de Energia dos Estados Unidos, *Revisão Quadrienal de Tecnologia, Uma Avaliação de Tecnologias Energéticas e Oportunidades de Pesquisa*, 2015, <https://www.energy.gov>.

[13] Este gráfico reflete as informações de Mortes por TWh de Markandya e Wilkinson; Sovacool *et al.*, licenciado sob CC BY 4.0

(<https://www.creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) Y  
acessível no

<https://ourworldindata.org/grapher/death-rates-from-energy-production-per-twh>.

[14] Departamento de Energia dos EUA, "Computing America's Offshore Wind Energy Potential", 9 de setembro de 2016, <[www.energy.gov](http://www.energy.gov)>.

[quinze] David JC MacKay, *Energia Sustentável - Sem Ar Quente*,

Cambridge, UK, ITU Cambridge, 2009, 98, 109.

[Há uma versão atualizada adaptada ao caso da Espanha: Javier Samanes, Julio Pascual, Alberto Berrueta, Miguel Araiz, Leyre

Catalán, Patricia Aranguren e David Arricibita, *Energia sustentável sem gases nocivos*, Pamplona, Universidade Pública de Navarra, 2019.]

[16] Relatório do estudo conjunto «Tecnologias de Emissões Negativas e Sequestro Confiável: Uma Agenda de Pesquisa», Academias Nacionais de Ciências, Engenharia e Medicina, 2019.

## 5. Como fazemos as coisas

[1] Departamento de Transporte do Estado de Washington,

<[www.wsdot.wa.gov](http://www.wsdot.wa.gov)>.

[dois] Fotografia por WSDOT.

[3] Monumento Nacional da Estátua da Liberdade, Nova York, National Park Service,

<[www.nps.gov](http://www.nps.gov)>.

[4] Vaclav Smil, *Fazendo o mundo moderno*, Chichester, Reino Unido, Wiley,

2014, p. 36

[5] Expresso em toneladas de cimento produzido. Fonte: United States Geological Survey (USGS), Department of the Interior, TD Kelly e GR Matos, comps., 2014, "Historical Statistics for Mineral and Material Commodities in the United States", versão 2016; Série de dados 140 do United States Geological Survey, acessado em 6 de dezembro de 2019; USGS USGS Mineral Yearbooks: China, 2002, 2007, 2011, 2016, <<https://www.usgs.gov>>.

[6] American Chemistry Council, "Plastics and Polymer Composites

no Claro Veículos", agosto de 2019,

<[www.automotiveplastics.com](http://www.automotiveplastics.com)>.

- [7] Fotografia: REUTERS / Carlos Barria.
- [8] United States Geological Survey (USGS), Department of the Interior, "Mineral Commodity Summaries 2019."
- [9] Freedonia Group, "Global Cement - Demand and Sales Forecasts, Market Share, Market Size, Market Leaders", maio de 2019, <[www.freedonia.com](http://www.freedonia.com)>.
- [10] Apenas as emissões diretas são listadas; As emissões causadas pela produção de eletricidade não estão incluídas. Fonte: Grupo Rhodium.
6. Como crescemos e reproduzimos
- [1] Análise interna do Grupo Rhodium.
- [dois] Paul Ehrlich, *A Bomba Populacional*, Nova York, Ballantine Books, 1968. [Há trad. fundida .: *A explosão populacional*, Barcelona, Salvat Editores, 1993.]
- [3] Banco Mundial, <<https://datos.bancomundial.org/>>
- [4] Derek Thompson, "Cheap Eats: How America Spends Money on Food", *O Atlantico*, 8 de março de 2013, <[www.theatlantic.com](http://www.theatlantic.com)>.
- [5] O consumo é expresso em toneladas métricas de carne bovina, ovina, suína e de aves. Fonte: OECD (2020), OECD-FAO Agricultural Outlook, 2020, <https://stats.oecd.org> (acessado em outubro de 2020).
- [6] Fonte: Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura, <[www.fao.org](http://www.fao.org)>.

[7].

UNESCO, «A comida gastronômica dos franceses»,

<<https://ich.unesco.org/es/RL/la-comida-gastronomica-de-los-franceses-00437>>.

[8]. Relatório online de preços de varejo em setembro de 2020 realizado pelo Grupo Rhodium.

[9]. Fotografia: Gates Notes, LLC.

[10]. Expresso em milhares de quilogramas (kg) de milho por hectare (ha). Fonte: Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. FAOSTAT.

OECD-FAO Agricultural Outlook, 2020-2029. Última atualização: 30 de novembro de 2020. Acessado em novembro

de 2020. [https://stats.oecd.org/Index.aspx?datasetcode=HIGH\\_AGLINK\\_2020](https://stats.oecd.org/Index.aspx?datasetcode=HIGH_AGLINK_2020) #.

[onze] Indicadores de Desenvolvimento do Banco Mundial, <<https://datos.bancomundial.org/indicador>>.

[12] Janet Ranganathan *et al.*, «Mudando as dietas para um alimento sustentável

Futuro », World Resources Institute, <[www.wri.org](http://www.wri.org)>. Indonésia »,

[13] World Resources Institute, «Florestas e paisagens em <[www.wri.org](http://www.wri.org)>.

## 7. Como contornamos

[1]. <<https://www.oecd-ilibrary.org>>.

[dois] Emissões históricas fornecidas pelo Grupo Rhodium. Projeção de emissões com base em informações do World Energy Outlook, IEA (2020), <https://www.iea.org/statistics>. Todos os direitos reservados; modificado por Gates Ventures, LLC.

[3]. Este gráfico reflete informações de Além dos veículos rodoviários: Pesquisa de opções de tecnologia de emissão zero em todo o setor de transporte por Hall, Pavlenko

Y Lotsey, com licença DC BY-SA 3,0

(<https://www.creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>) e disponível em [https://theicct.org/sites/default/files/publications/Beyond\\_Road\\_ZEV\\_Working\\_Paper\\_20180718.pdf](https://theicct.org/sites/default/files/publications/Beyond_Road_ZEV_Working_Paper_20180718.pdf).

[4]. O valor é baseado em um aumento bruto de 69 milhões de carros por ano, segundo a OICA, e um recall de cerca de 45 milhões, com vida útil de treze anos por veículo.

[5]. Fonte: Conselho Internacional para Transporte Limpo (ICCT),

<<https://theicct.org>>.

[6]. O preço por quilômetro é baseado no pressuposto de que o comprador paga um preço médio de compra pelo veículo, usa-o por sete anos e dirige uma média de 19.300 quilômetros por ano. Fonte: Grupo Rhodium.

[7]. As especificações do Chevrolet Malibu e Bolt EV são para o ano modelo 2020.

Fonte: <<https://www.chevrolet.com>>.

Ilustrações © izmocars. Todos os direitos reservados.

[8] Grupo Rhodium, Evolved Energy Research, IRENA e Agora Energiewende. O preço de varejo é a média nos Estados Unidos entre 2015 e 2018. O preço da opção neutra em carbono é uma estimativa atual.

[9] Grupo Rhodium, Evolved Energy Research, IRENA e Agora Energiewende. O preço de varejo é a média nos Estados Unidos entre 2015 e 2018. O preço da opção neutra em carbono é uma estimativa atual.

[10] Administração de informações sobre energia, <[www.eia.gov](http://www.eia.gov)>.

[onze] Michael J. Coren, "Buses with Batteries", *Quartzo*, 2 de janeiro

2018, <[www.qz.com](http://www.qz.com)>.

[12] Fotografia: Bloomberg / Getty Images.

[13] Shashank Sripad e Venkatasubramanian Viswanathan, "Performance Metrics Required of Next-Generation Batteries to Make a Practical Electric Semi Truck", *Cartas de energia ACS*, 27 de junho de 2017, <[pubs.acs.org](http://pubs.acs.org)>.

[14] Grupo Rhodium, Evolved Energy Research, IRENA e Agora Energiewende. O

preço de varejo é a média nos Estados Unidos entre 2015 e 2018. O preço da opção neutra em carbono é uma estimativa atual.

[quinze] Boeing, <[www.boeing.com](http://www.boeing.com)>.

[16] Grupo Rhodium, Evolved Energy Research, IRENA e Agora Energiewende. O preço de varejo é a média nos Estados Unidos entre 2015 e 2018. O preço da opção neutra em carbono é uma estimativa atual.

[17] Kyree Leary, "China Has Lançou o Primeiro Navio de Carga Totalmente Elétrico do Mundo", Futurism, 5 de dezembro de 2017, <futurism.com>; "MSC recebe o maior navio de contêineres do mundo MSC Gulsun da SHI", Ship Technology, 9 de julho de 2019, <[www.ship-technology.com](http://www.ship-technology.com)>.

[18] Grupo Rhodium, Evolved Energy Research, IRENA e Agora Energiewende. O preço de varejo é a média nos Estados Unidos entre 2015 e 2018. O preço da opção neutra em carbono é uma estimativa atual.

[19] Grupo Rhodium, Evolved Energy Research, IRENA e Agora Energiewende. O preço de varejo é a média nos Estados Unidos entre 2015 e 2018. O preço da opção neutra em carbono é uma estimativa atual.

[vinte] S&P Global Market Intelligence,  
<<https://www.spglobal.com/marketing/intelligence/en/>>.

8. Como aquecemos e resfriamos

[1] A. A'zami, "Badgir in Traditional Iranian Architecture", palestra Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment, Santorini, Grécia, maio de 2005.

[dois] Departamento de Energia dos EUA,  
"History of Air Conditioning,"

<[www.energy.gov](http://www.energy.gov)>. Veja também "A invenção do ar condicionado", *Vida na Cidade do Panamá*, 13 de março de 2014, <[www.panamacityliving.com](http://www.panamacityliving.com)>.

[3] Agência Internacional de Energia, "The Future of Cooling", <[www.iea.org](http://www.iea.org)>.

[4] Agência Internacional de Energia, <[www.iea.org](http://www.iea.org)>.

[5].

Baseado no "O Futuro de Resfriamento »,

IEA (2018),

[www.iea.org/statistics](http://www.iea.org/statistics). Todos os direitos reservados; modificado por Gates Ventures, LLC.

[6] *Ibid.*

[7] Agência de Proteção Ambiental, <[www.epa.gov](http://www.epa.gov)>.

[8] Grupo Ródio. Esta tabela compara o valor presente líquido de uma bomba de calor aerotérmica com o de um aquecedor a gás natural e ar condicionado elétrico em uma nova casa. Os custos são calculados com base num desconto de 7 por cento, nos preços da eletricidade e do gás natural no verão de 2019 e na vida útil de quinze anos da bomba de calor.

[9] US Energy Information Administration, <[www.eia.gov](http://www.eia.gov)>.

[10] Grupo Rhodium, Evolved Energy Research, IRENA e Agora Energiewende. O preço de varejo é a média nos Estados Unidos entre 2015 e 2018. O preço da opção neutra em carbono é uma estimativa atual.

[onze] *Ibid.*

[12] Bullitt Center, <[www.bullittcenter.org](http://www.bullittcenter.org)>.

[13] Fotografia de Nic Lehoux.

## 9. Adapte-se a um mundo mais quente

[1] Fotografia: © Fundação Bill & Melinda Gates / Frederic Courbet.

[dois] Max Roser, website Our World in Data, <ourworldindata.org>.

[3] Banco Mundial, <https://datos.bancomundial.org/>.

[4] GAVI, <www.gavi.org>.

[5] Fotografia da coleção do Instituto Internacional de Pesquisa do Arroz (IRRI), Los Baños, Laguna, Filipinas.

[6] Comissão de Adaptação Global, *Adapte-se agora: Uma Chamada Global para Liderança em Resiliência Climática*, World Resources Institute, setembro de 2019, <gca.org>.

[7] Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura, *The State of Food and Agriculture, 2010-2011: Women in Agriculture*, <www.fao.org/home/es>.

[8] Fotografia: Mazur Travel / Shutterstock.

[9] Banco Mundial, "De acordo com o Banco Mundial, a pobreza extrema em todo o mundo continua diminuindo, embora a um ritmo mais lento", <www.worldbank.org>.

## 10. Por que as políticas governamentais são importantes?

[1] Fotografia por Mirrorpix / Getty Images.

[dois] US Energy Information Administration, <www.eia.gov>.

[3] Agência Internacional de Energia.

[4] Departamento de Energia dos EUA, "Renewable Energy and Efficient Energy Loan Guarantees", <www.energy.gov>.

[5] Fotografe por Sirio Magnabosco / EyeEm / Getty Images.

11. Um plano para chegar a zero

[1]. Human Genome Project Information Archive,  
"Potential Benefits of HGP Research,"

<web.ornl.gov>.

[dois] Simon Tripp e Martin Grueber, "Economic Impact of the Human Genome Project," Battelle Memorial Institute, <[www.battelle.org](http://www.battelle.org)>.

## 12. O que cada um de nós pode fazer

[1] Hans Rosling, *Fatura: dez razões pelas quais estamos errados sobre o mundo*

- e por que as coisas são melhores do que você pensa, com Ola Rosling e Anna Rosling Rönnlund, Nova York, Flatiron Books, 2018, p. 255. [Há trad. fundida .: *Fatura, dez razões pelas quais estamos errados sobre o mundo. E por que as coisas são melhores do que você pensa* Barcelona, Editorial Deusto, 2018.]

## Epílogo: Mudanças Climáticas e COVID-19

[1] "Tendências de raça, etnia e idade em pessoas que morreram de COVID- 19 - Estados Unidos, maio-agosto de 2020", US Centers for Disease Control, <<https://www.cdc.gov>>.

[dois] "Preliminary Medicare COVID-19 Data Snapshot," Centers for Medicare and Medicaid Services, <<https://www.cms.gov>>.

[3] Instituto de Métricas de Saúde e Estudo de Avaliação: «Relatório dos Goleiros 2020», <<https://www.gatesfoundation.org>>.

[4] "Impacts of Federal R&D Investment on the US Economy", Breakthrough Energy, <<https://www.breakthroughenergy.org>>.

(1) O número de 51 bilhões de toneladas é baseado nas informações mais recentes disponíveis. As emissões globais caíram ligeiramente em 2020 - provavelmente em torno de 5 por cento - devido à forte desaceleração da economia causada pela pandemia COVID-19. No entanto, como não sabemos o número exato para 2020, consideraremos 51 bilhões como o total. Voltaremos ao assunto de COVID-19 ocasionalmente ao longo do livro.

(dois) A energia hidrelétrica - eletricidade gerada pela queda d'água em uma barragem - é outra fonte renovável, a maior dos Estados Unidos, na verdade. No entanto, já estamos explorando totalmente quase todas as reservas hidrelétricas disponíveis, então não há muito espaço para crescimento nesta área. Teremos que obter quase toda a energia limpa adicional de que precisamos de outras fontes.

(3)-O cálculo é o seguinte: de acordo com modelos recentes, o custo das mudanças climáticas em 2030 ficará entre 0,85 e 1,5% do PIB dos EUA por ano. Por outro lado, as últimas estimativas do impacto econômico do COVID-19 nos Estados Unidos este ano o colocam entre 7 e 10 por cento do PIB.

Se assumirmos que esse tipo de interrupção da atividade econômica ocorre apenas uma vez a cada dez anos, o custo médio anual seria entre 0,7 e 1 por cento do PIB, o que é aproximadamente equivalente aos danos previstos para as mudanças climáticas.

- (4)\_Você pode encontrar o discurso completo, "This Is Water", em formato eletrônico ou papel. É maravilhoso.
- (5)\_Essas porcentagens representam as emissões globais de gases de efeito estufa.

Ao classificar as emissões de diferentes fontes, uma das decisões que deve ser tomada é como contabilizar os produtos que geram emissões tanto durante sua fabricação quanto durante seu uso. Por exemplo, liberamos gases de efeito estufa quando refinamos o óleo para a gasolina e também mais tarde, quando o queimamos. Neste livro, incluí todas as emissões derivadas da produção na categoria "Como fazemos as coisas" e todas as emissões derivadas de seu uso em suas respectivas categorias. Refinado, por exemplo, é

classificado em "Como fazemos as coisas" e queima de gasolina em "Como nos locomovemos". O mesmo vale para carros, aviões e navios. O aço de que são feitos está incluído na categoria

"Como fazemos as coisas" e as emissões do combustível que queimamos em "Como nos movemos".

- (6)\_Consultei muitas pessoas a respeito do prêmio verde, incluindo vários especialistas do Grupo Rhodium, da Evolved Energy Research e do climatologista Ken Caldeira. Para obter mais informações sobre como os prêmios verdes foram calculados para este livro, visite [breakthroughenergy.org](http://breakthroughenergy.org).
- (7)\_ Nesse caso, estou fazendo um uso informal do termo "corrente", que em sentido estrito designa o fluxo de carga elétrica que passa por um material condutor por unidade de tempo. Neste livro, para acelerar a leitura, utilizo a palavra em seu sentido mais geral, como sinônimo de eletricidade.
- (8)\_Esses cálculos vêm de uma análise do ciclo de vida das barragens. Este tipo de análise constitui um campo interessante que consiste em documentar todos os gases com efeito de estufa pelos quais um determinado produto é responsável desde o momento da sua produção até ao fim da sua vida útil. Esses estudos são uma forma útil de analisar o impacto de várias tecnologias sobre o clima, mas são bastante complicados; portanto, neste livro, vou me concentrar nas emissões diretas, que são mais fáceis de explicar e geralmente levam às mesmas conclusões.
- (9)\_A transmissão pode ser comparada a uma rodovia e a distribuição a uma estrada municipal. Usamos linhas de transmissão de alta tensão para conduzir eletricidade da usina à cidade. De lá, a corrente vai para o sistema de distribuição de baixa tensão,

as linhas de força que vemos em nossa vizinhança.

(10) Também existe uma variação sazonal do vento. Nos Estados Unidos, a energia eólica tende a atingir seu pico na primavera e seu nível mais baixo no meio ao final do verão (embora o oposto seja verdadeiro na Califórnia). A diferença pode ser um múltiplo de um número entre dois e quatro.

(onze) Veja como consegui esses números: entre 6 e 8 de agosto,

2019, Tóquio consumiu 3.122 gigawatts-hora de eletricidade. Para a carga básica, presumi que 5,4 milhões de baterias de ferro de fluxo seriam usadas com uma vida útil de 20 anos e um custo por unidade de \$ 36.000; e, para a demanda de pico, 9,1 milhões de baterias de íon-lítio com vida útil de 10 anos e custo por unidade de \$ 23.300.

(12) Este modelo está disponível ao público online. Para obter mais informações, visite [breakthroughenergy.org](http://breakthroughenergy.org).

(13) A história de Fritz Haber tem luzes e sombras. Além de salvar vidas com seu trabalho com a amônia, ele foi o pioneiro no uso de cloro e outros gases venenosos como armas químicas durante a Primeira Guerra Mundial.

(14) Claro, para quem depende do carro, a gasolina é mais necessária do que o resto dos itens que listo. No nosso país, as pessoas que vigiam o que gastam, a subida do preço da gasolina os atinge mais do que o aumento do preço do azeite, por exemplo, que não é essencial. Mas ainda é verdade que, em comparação com outras coisas que consumimos regularmente, é relativamente barato.

(quinze) Um breve lembrete: aqui eu apenas conto as emissões do combustível queimado pelos veículos. Aqueles que decorrem de sua manufatura - a produção de aço e plásticos, a operação de fábricas e semelhantes - estão incluídos em "Como fazemos as coisas", o tópico do Capítulo 5.

(16) A velocidade da aeronave geralmente é medida em nós, mas a maioria das pessoas (inclusive eu) não sabe o quanto é um nó. Em

qualquer caso, os nós não diferem muito de milhas por hora.

(17)\_A eletricidade representa 99% da energia usada para resfriar os espaços em todo o mundo. Quase todo o 1% restante é fornecido por sistemas de ar condicionado que funcionam com gás natural. Embora esses dispositivos possam ser instalados em residências unifamiliares, eles representam uma porcentagem tão pequena do mercado que a Administração de Informações sobre Energia nem mesmo coleta dados sobre eles.

(18)\_O CGIAR nasceu como Grupo Consultivo para Pesquisa Agrícola Internacional. Não é surpreendente que tenha se tornado conhecido por sua sigla.

(19)\_A entidade conta com trinta e quatro curadores, personalidades do mundo da política, dos negócios, das ONGs e da comunidade científica, além de dezenove países membros que representam todas as regiões do planeta. Uma rede global de pesquisadores associados e consultores apóia a comissão. É co-administrado pelo Global Center for Adaptation e pelo World Resources Institute.

(vinte) Os cálculos são os seguintes: a terra absorve a luz do sol a uma taxa de cerca de 240 watts por metro quadrado. Existe carbono suficiente no

atmosfera para absorver calor a uma média de 2 watts por metro quadrado. Portanto, precisamos diminuir o brilho do sol em 2/240, ou 0,83%. No entanto, como as nuvens mudariam devido à geoengenharia solar, na verdade teríamos que diminuir o brilho do sol um pouco mais, até cerca de 1 por cento da luz solar recebida. Se a quantidade de carbono na atmosfera dobrar, ele absorverá calor a uma taxa de cerca de 4 watts por metro quadrado, então teríamos que dobrar a atenuação para cerca de 2 por cento.

(vinte e um) Incêndios florestais, como aqueles que atingiram o oeste dos Estados Unidos em 2020, são um problema diferente, mas relacionado. Devido à fumaça das chamas, sair de casa não era seguro para milhões de pessoas.