

Prosperidade ao redor do mundo em 2050: considerações da Calculadora Global



Índice

Visão geral	3
Descobertas detalhadas	4
Estilo de vida	4
Tecnologia e combustíveis	6
Terra	9
Custos	11
Por que 2°C?	13
Derrubando mitos	14
Passar a usar combustíveis fósseis mais limpos	14
Usar o suprimento de combustíveis fósseis até o fim	15
Sugarcapturar o carbono da atmosfera	15

Prosperidade ao redor do mundo em 2050: considerações da Calculadora Global

Restringir o crescimento populacional	15
Como obter mais informações	15
Como essas mensagens são geradas?	15
Anexo: quatro rotas possíveis para os 2°C	16
1. Esforço distribuído	17
2. Relutância do consumidor	17
3. Poucas iniciativas nas florestas	18
4. Ativismo do consumidor	18

Visão geral

Em 2050, espera-se que a população mundial salte dos sete bilhões atuais para dez bilhões e que a economia global triplique de tamanho¹. Até 2050, precisamos diminuir as emissões de gases do efeito estufa para cerca de metade dos níveis atuais para termos uma chance de cumprir com o compromisso internacional de limitar o aumento médio da temperatura mundial para 2°C. Será fisicamente possível atingir os objetivos climáticos e garantir que todos tenham bons padrões de vida até 2050?

Para responder essa pergunta, especialistas internacionais de mais de dez organizações líderes do mundo todo colaboraram para desenvolver um modelo de sistemas energéticos, fundiários, alimentícios e climáticos para 2050. Essa equipe desenvolveu a "Calculadora Global" para projetar um estilo de vida fisicamente possível para a população mundial — de quilômetros viajados por pessoa até consumo de calorias e dietas — e as demandas energéticas, materiais e fundiárias que o satisfaçam. Os impactos climáticos de diferentes rotas também são ilustrados ligando-se o modelo à ciência climática mais recente do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC). O modelo foi testado por especialistas de mais de 150 instituições do mundo inteiro. O modelo, a metodologia e as previsões foram publicados e estão disponíveis para os usuários no endereço www.globalcalculator.org.

A ferramenta da Calculadora Global mostra que há rotas diferentes para chegar nos 2°C. A equipe gerou quatro rotas possíveis até os 2°C que proporcionam bons estilos de vida, mas a sensibilidade testa as principais incertezas sobre tecnologia, combustíveis e uso da terra. As quatro rotas possíveis para os 2°C mostram que:

- Sim, é fisicamente possível que as dez bilhões de pessoas do mundo comam bem, viajem mais e vivam em lares mais confortáveis enquanto reduzem as emissões sistematicamente, com 50% de chance de aquecimento de 2°C.
- Porém, para alcançar essa meta, precisamos transformar as tecnologias e os combustíveis que usamos. Por exemplo: a quantidade emitida de CO₂ por unidade de eletricidade ao redor do planeta precisa cair pelo menos 90% até 2050. Além disso, a proporção de domicílios com aquecimento por fontes elétricas ou com carbono zero deve subir dos 5% atuais para um nível global de 25 a 50% até 2050.
- Também precisamos fazer um uso mais inteligente dos nossos recursos fundiários limitados. Em especial, precisamos proteger e expandir nossas florestas do mundo inteiro em 5 a 15% até 2050, já que elas são uma forma valiosa de sequestro de carbono.

A Calculadora Global tem detalhes geográficos limitados, portanto não pode informar detalhes sobre em quais países as tecnologias devem ser implementadas ou quem deve pagar por elas. Ela também projeta o consumo médio por pessoa no planeta², em vez de por país. Logo, embora a ferramenta mostre que a dieta média global, o uso de transportes e o uso de aparelhos

Prosperidade ao redor do mundo em 2050: considerações da Calculadora Global

domésticos devem subir para níveis compatíveis com um bom estilo de vida em 2050, ela não especifica como esse consumo deve ser distribuído por país (por exemplo: se os ricos devem diminuir o consumo). Essas são questões de natureza política e não fazem parte do escopo da Calculadora Global.

Entretanto, fica claro que a Calculadora Global demonstra que é fisicamente possível atingir tanto os objetivos de desenvolvimento econômico quanto de mudança climática até 2050. O mundo tem energia, terra e recursos alimentícios suficientes para todos vivermos bem. Os métodos de uso de tecnologia, combustíveis e fundiários já existem para atingirmos as metas de desenvolvimento econômico enquanto lidamos com as mudanças climáticas.

Porém, fazer essa transição para o baixo carbono exige um enorme esforço em todos os setores, e as ações devem começar a serem implementadas com urgência. Precisamos de uma mudança em etapas na adoção de tecnologias limpas nos setores de eletricidade, edificações, transporte e fabricação e melhorias significativas nas práticas de gestão fundiária. E 2050 não será o fim da jornada: nossas reformas de tecnologia e gestão fundiária devem se estender pelo resto do século de tal forma que o mundo tenha emissões zero de gases do efeito estufa até 2100 para conseguirmos atingir a meta de 2°C.

Para garantir que essas mudanças proliferem, fortes lideranças políticas, da sociedade civil e das empresas são essenciais para apoiarem ações urgentes de corte de emissões em um ambicioso acordo global nas negociações da Conferência Quadro das Nações Unidas para Alterações Climáticas (CQNUAC).

Descobertas detalhadas

Estilo de vida

A ferramenta descobriu que conseguimos atingir a meta de 2°C enquanto oferecemos mais domicílios com acesso a eletricidade (84% hoje, comparados a 94% em 2050)³. As residências podem ter aquecimento e refrigeração mais confortáveis (a temperatura interna média do inverno em residências urbanas pode subir dos 16°C de hoje para 19°C em 2050, a temperatura interna média no verão pode cair de 27°C hoje para 24°C em 2050). Também podemos ter mais aparelhos (de uma média de 0,8 lavadoras de roupa por domicílio urbano hoje para uma por domicílio em 2050).

Poderemos ir ainda mais longe: a distância média por pessoa subiria de 8.300 km/pessoa hoje para 12.400 km/pessoa em 2050. Isso inclui um aumento de 400 km por pessoa na distância aérea viajada entre hoje e 2050 (equivalente a um voo de Londres a Amsterdã). A proporção de distância viajada de carro poderia aumentar ligeiramente de 37% hoje para 40 a 45% em 2050.

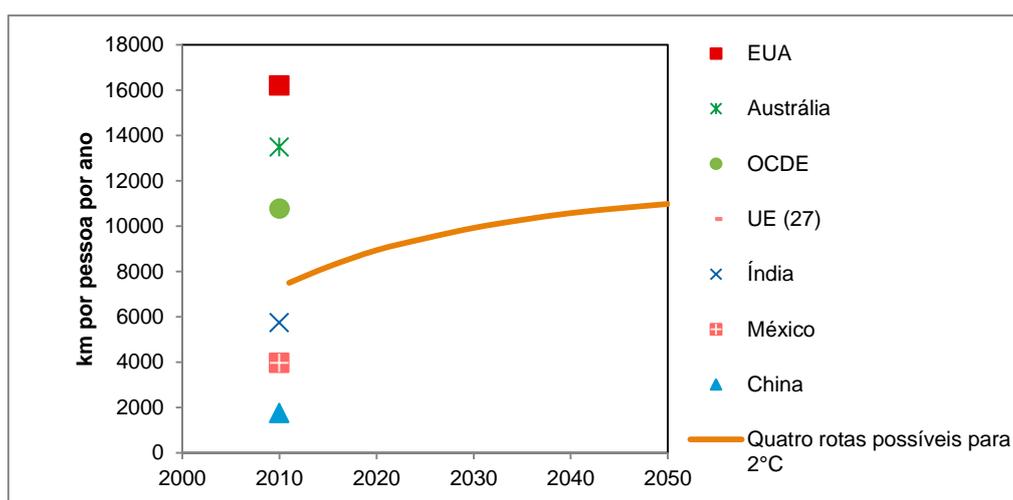
Prosperidade ao redor do mundo em 2050: considerações da Calculadora Global

Também temos terra suficiente para garantir que todos tenham o que comer: 2.180 calorias por pessoa hoje, subindo para 2.330 calorias por pessoa em 2050 (acima do nível de 2.100 calorias diárias recomendado pela OMS para uma vida ativa e saudável).

O que é um "bom" estilo de vida?

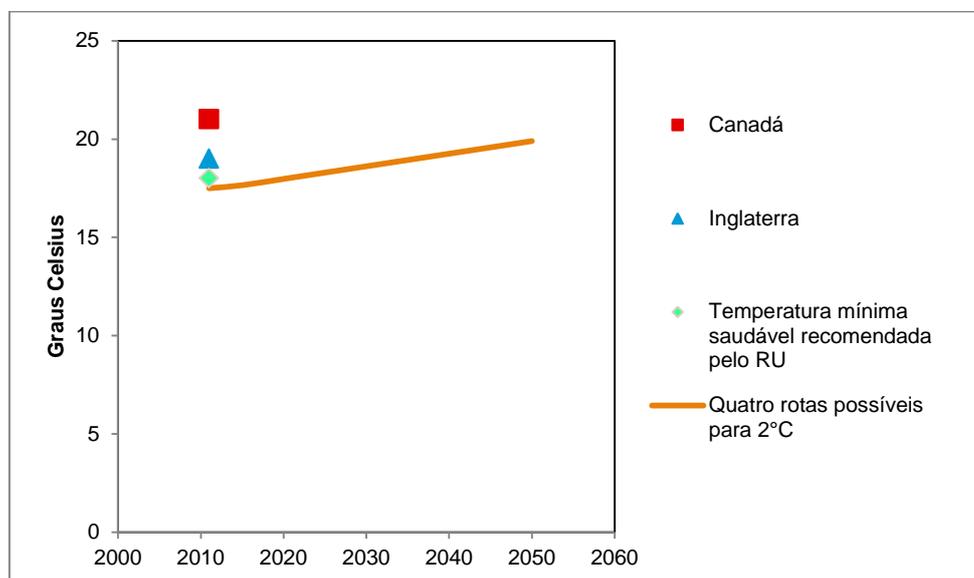
As quatro rotas possíveis para os 2°C, descritas neste relatório, possuem indicadores de estilo de vida que se comparam ao cenário atual⁴, no qual os estilos de vida continuam melhorando com a evolução das economias. Ao comparar esses indicadores com as tendências históricas atuais e com países diferentes, é possível observar que a média global de consumo acompanha a direção dos níveis atuais observados nos países desenvolvidos, como as nações europeias. Uma vez que a Calculadora Global leva em consideração apenas as médias globais, isso pode significar que a desigualdade diminuirá em 2050, com mais pessoas usufruindo do índice médio de estilo de vida, ou ainda, que haverá muita variação entre os países, da mesma maneira como observamos atualmente (por exemplo: com consumo excessivo de alimentos em algumas áreas).

Nas quatro rotas possíveis para os 2°C, a viagem interna média em regiões rurais e urbanas poderia aumentar, entre 2011 e 2050, de 7.500 para 11.000 km por pessoa por ano^{5,6,7}

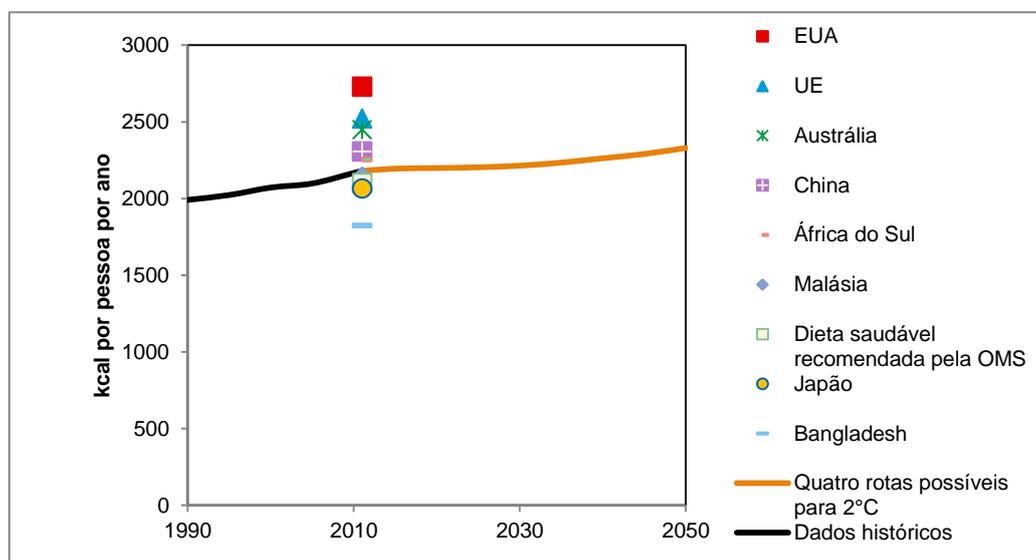


Nas quatro rotas possíveis para os 2°C, as temperaturas internas médias podem aumentar, entre 2011 e 2050, de 17,5 para 19,9°C^{8,9,10}

Prosperidade ao redor do mundo em 2050: considerações da Calculadora Global



Nas quatro rotas possíveis para os 2°C, o consumo calórico médio global pode aumentar, entre 2011 e 2050, de 2.180 para 2.330 por pessoa por ano



Tecnologia e combustíveis

O crescimento populacional global e a média de consumo por pessoa levam a grandes aumentos na demanda global por energia. Em um cenário em que se considera a rota “sem alterações” ou atividades atuais¹¹ (os mesmos padrões de estilo de vida descritos acima), a demanda por energia subiria em 70% entre hoje e 2050. No entanto, nas rotas para os 2°C, definidas nesse relatório, os

Prosperidade ao redor do mundo em 2050: considerações da Calculadora Global

mesmos padrões de estilo de vida podem ser obtidos com um máximo de 25% de aumento na demanda global por energia até 2050.

Essa limitação de energia dá-se em grande parte pela função considerável desempenhada pela eficiência energética. Nossas edificações precisam melhorar o isolamento em 50 a 65%, e nossos aparelhos devem ser mais eficientes do que são hoje (por exemplo: geladeiras devem ter aumento de 40% em eficiência). Nossos carros devem ser cerca de 50% mais eficientes. Os fabricantes de mercadorias, como carros e lavadoras, podem reduzir a energia usada na produção em até 25% em 2050 por meio da criação de produtos inteligentes. Os fabricantes de matérias-primas também podem economizar energia: o setor químico pode economizar cerca de 10% com mais eficiência energética e mudança de combustíveis¹².

Também há uma função importante na mudança tecnológica. Por exemplo, de 25 a 50% da energia usada para aquecer residências deve vir de eletricidade ou de fontes de carbono zero, como bombas de calor ou termossolar. Até 35% de nossos carros devem ser movidos a eletricidade ou hidrogênio até 2050.

A substituição dos combustíveis fósseis também é crítica. O uso de combustíveis fósseis deve cair de 82% do suprimento primário de energia atual para cerca de 40% até 2050. Em especial, a demanda por carvão deve cair de 160 EJ hoje para 45 a 60 EJ em 2050. Isso significa que precisamos manter cerca de 35 a 50% das reservas de petróleo atuais, 50% das reservas de gás e 80 a 85% das de carvão dentro do solo em 2050.

Mudanças na energia usada pelas tecnologias vão demandar quase o dobro do suprimento de energia global de 2011 em 2050. Essa demanda precisa ser atendida por eletricidade altamente descarbonizada, e a quantidade de CO₂ emitido por unidade de eletricidade ao redor do mundo deve cair pelo menos 90% em 2050. As maiores fontes de geração de eletricidade serão solar, eólica, hidroelétrica, nuclear, e captura e armazenamento de carbono (CAC), e precisaremos de esforços ambiciosos em pelo menos dois tipos de energia. Ainda precisaremos de geração elétrica a partir de combustíveis fósseis (para equilíbrio energético, por exemplo), mas essa geração deve ser limpa. Precisamos parar de usar usinas de geração de energia movidas a carvão de efeito imediato e começar a instalar sistemas de CAC em 500 a 1.500 GW da capacidade de geração por combustível fóssil até 2050 (equivalente a cerca de 700 a 2.100 usinas).

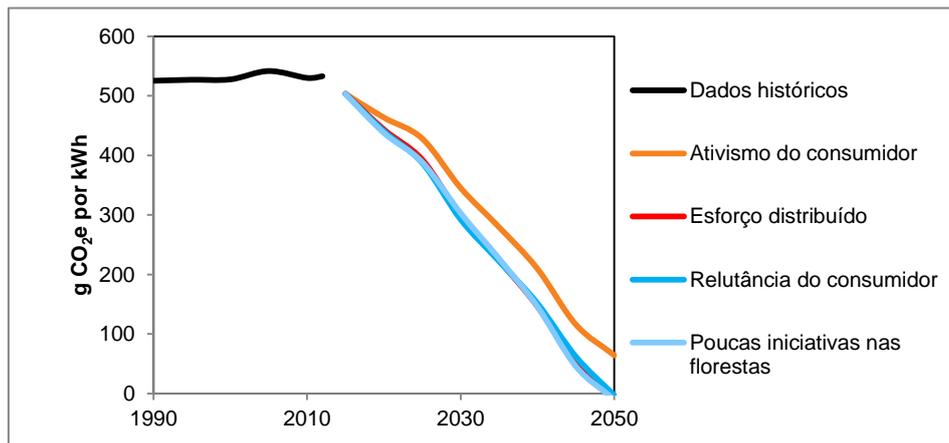
Qual é a dimensão do desafio de limpar tecnologias e combustíveis?

Para ter uma ideia melhor da dimensão do desafio de limpar nossas tecnologias e nossos combustíveis, podemos comparar as mudanças necessárias com as tendências históricas. Citamos algumas métricas de progresso importantes.

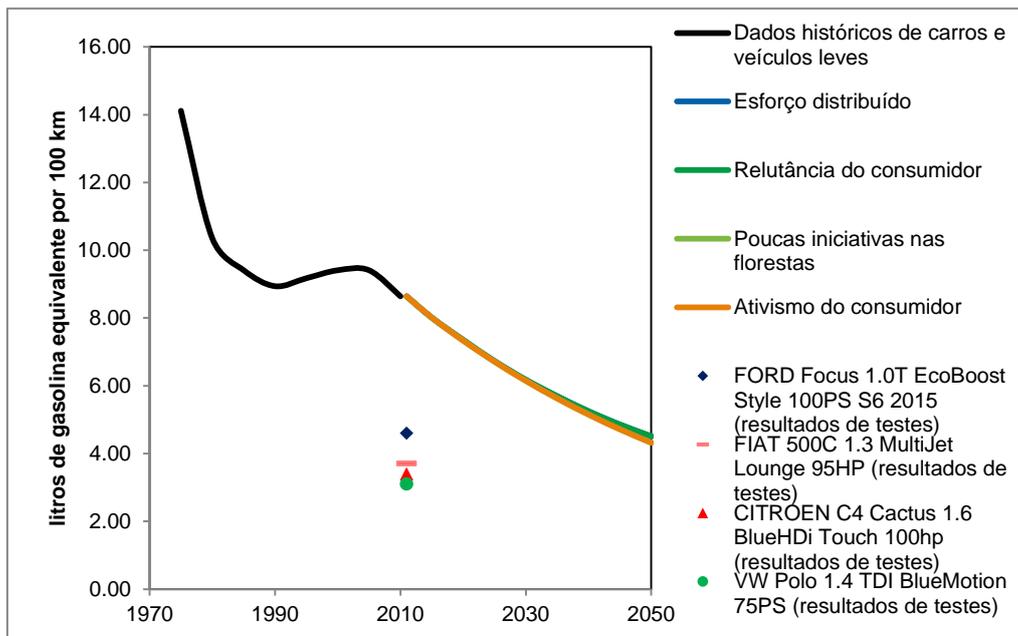
Nas quatro rotas possíveis para os 2°C, a intensidade global média de carbono na

Prosperidade ao redor do mundo em 2050: considerações da Calculadora Global

geração elétrica precisaria ser reduzida a praticamente zero até 2050¹³

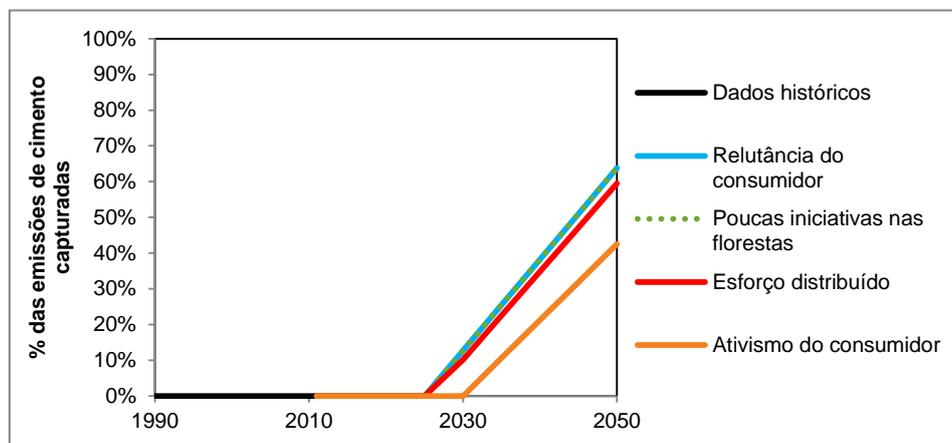


Nas quatro rotas possíveis para os 2°C, a média global de consumo de combustível de carros de passeio precisa cair, entre 2011 e 2050, de 8,6 para 4,3 a 4,5 litros de gasolina equivalente por 100 km¹⁴



Nas quatro rotas possíveis para os 2°C, até 64% das emissões da fabricação de cimento devem ser capturadas até 2050, comparadas com zero em 2011

Prosperidade ao redor do mundo em 2050: considerações da Calculadora Global



Terra

Limpar nosso sistema energético faz parte da solução, mas não resolve tudo. Nos últimos dez anos, cerca de 200 milhões de hectares de florestas nativas foram derrubados, uma atividade parcialmente estimulada pelo aumento da demanda por terras agrícolas. A demanda total por alimentos pode subir em 45% até 2050¹⁵ com aumento da população e da riqueza. Por isso, a tendência de desmatamento pode continuar a existir. Para proteger nosso clima, deveríamos expandir a área de florestas em 5 a 15% até 2050, pois elas são fontes de sequestro de carbono (ou seja, removem dióxido de carbono da atmosfera e o armazenam nas árvores e no solo). Para isso, temos que usar a terra agrícola de maneira mais produtiva.

Em especial, precisamos de foco na gestão e produção de gado. Por exemplo: precisamos que a proporção de carne em sistemas confinados (6% hoje) fique entre 3 e 15% até 2050. Além disso, para vacas alimentadas em pastos, temos que aumentar o número médio de animais por hectare (100m x 100m) de 0,6 hoje para 1 até 2050. As safras também devem ser 40 a 60% maiores em 2050 em relação aos níveis de 2011. Também é possível aumentar a produtividade fazendo usos variados da terra (co-cultura ou policultura), pois esses métodos são necessários para reduzir a terra usada para cultivo em mais 10%.

Diminuir o consumo de carne bovina em prol de carne de aves, suínos, vegetais e grãos também pode reduzir a terra necessária para produção de alimentos. Por exemplo, atualmente, uma área do tamanho de um campo de futebol pode ser usada para produzir 250 kg de carne bovina, 1.000 kg de carne de aves (ambas alimentadas com grãos e resíduos alimentares) ou 15.000 kg de frutas e vegetais.

Diminuir a quantidade de carne na dieta média global também beneficiaria o clima e a saúde humana. Em 2050, se todos passassem a ter uma dieta saudável, conforme recomendação da

Prosperidade ao redor do mundo em 2050: considerações da Calculadora Global

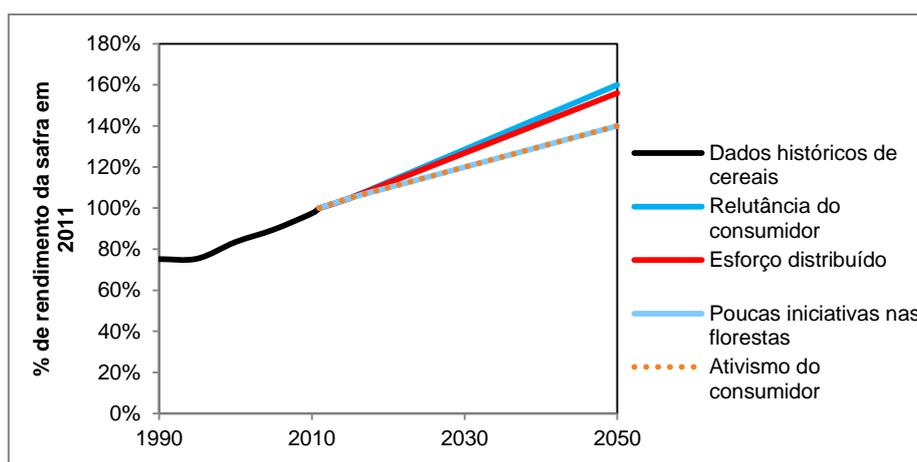
OMS (2.100 calorias, das quais 160 são provenientes de carne), poderíamos economizar 15 GtCO₂¹⁶ em 2050, pois a terra liberada seria usada para florestas ou bioenergia. A economia de carbono pode ser comparada, em escala, a cerca de um terço das emissões totais globais de CO₂ em 2011.

Há um conflito em potencial entre o uso de terra para a produção de alimentos ou bioenergia. Porém, esse embate não é inevitável: o uso inteligente da terra pode reforçar a proteção ou até fomentar a expansão de nossas florestas, incentivar a produção de todos os alimentos dos quais precisamos e aumentar a terra disponível para bioenergia de 98 milhões de hectares atualmente para até 350 milhões de hectares em 2050. Essa bioenergia pode contabilizar de 15 a 20% de nossa energia primária até 2050.

As mudanças no uso da terra seriam muito ambiciosas?

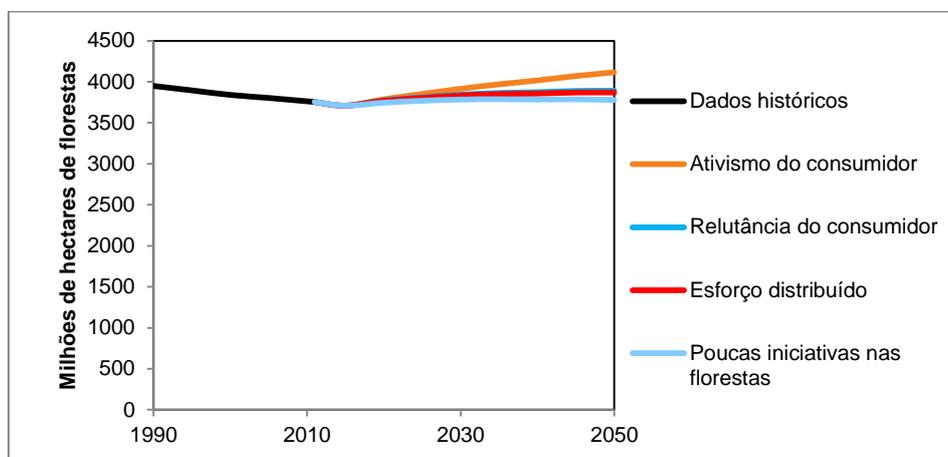
Para ter uma ideia melhor da dimensão da ambição das mudanças no uso da terra, podemos analisar as tendências históricas de métricas importantes do setor.

Nas quatro rotas possíveis para os 2°C, o aumento da safra precisa ser de 40 a 60% entre 2011 e 2050



Nas quatro rotas possíveis para os 2°C, a área global de florestas nativas deve aumentar de 25 para 360 milhões de hectares entre 2011 e 2050

Prosperidade ao redor do mundo em 2050: considerações da Calculadora Global



Custos

A Calculadora Global estima o capital total, o custo operacional e as despesas com combustível do sistema de energia global até 2050. Por exemplo: ela inclui os custos de construção e manutenção de usinas geradoras de energia, turbinas de vento, bombas de calor, caldeiras, carros, trens, aviões, rodovias, ferrovias e a tecnologia usada na fabricação dessas instalações e equipamentos, assim como os combustíveis, tanto fósseis quanto bioenergéticos, usados por essas tecnologias.

No cenário de seguirmos as atividades atuais, o custo total do sistema energético poderia mais que dobrar entre 2011 e 2050. Isso reflete o crescimento o uso de veículos particulares e de aparelhos e eletrodomésticos associados com o crescimento e enriquecimento da população mundial, além de um aumento de 70% na demanda global por energia. No entanto, o custo total do sistema de energia descarbonizada é apenas um pouco maior do que o sistema dependente de combustíveis fósseis e pode ser até mais barato. Por exemplo: as rotas para os 2°C, discutidas neste artigo, variam desde uma economia de 2% do PIB global, em comparação com a rota “sem alterações (atividades atuais), até custarem mais caro que 3% do PIB mundial.¹⁷ Isso não leva em consideração os benefícios econômicos mais amplos provenientes da mudanças para uma rota de 2°C, em especial, o fato de que o mundo teria mais enchentes, secas, ondas de calor e falhas agrícolas nas atividades atuais (rota “sem alterações”).

Há vários motivos que afetariam o custo do sistema energético das rotas para 2°C, fazendo com que eles sejam mais caros ou mais baratos que as atividades atuais, representadas pela rota “sem alterações”. Por um lado, as rotas de 2°C podem ser mais caras porque os custos de investimento em tecnologias limpas tendem a ser maiores do que as alternativas de combustível fóssil: por exemplo, estima-se que um carro com motor de combustão interna vá custar cerca de US\$ 20.000 em 2050, ao passo que um veículo elétrico custaria por volta de US\$ 35.000. No

Prosperidade ao redor do mundo em 2050: considerações da Calculadora Global

entanto, por outro lado, as rotas para 2°C podem ser mais baratas, devido às medidas de eficiência energética que reduzem a demanda energética geral. Por exemplo: na rota “sem alterações”, a demanda energética global chega a 610 EJ em 2050, mas nas rotas dos 2°C, ela é de 380 a 470 EJ. Portanto, observamos economias significativas de combustível nas rotas de 2°C.

Outro motivo pelo qual as rotas de 2°C podem ser mais baratas é o fato de envolverem mudanças no estilo de vida. Por exemplo: na rota "ativismo do consumidor" para os 2°C, supõe-se que as pessoas viajem tanto quanto na rota “sem alterações”, mas elas usam mais transporte público, compartilhamento de carros e carros de aluguel (em vez de serem proprietárias de um carro). O efeito combinado desses fatores reduz o número de carros nas ruas de 2,3 bilhões, em 2050, na rota “sem alterações”, para 1,4 bilhão¹⁸. Isso reduz gastos com carros e vias, e as economias mais que compensam os custos incorridos para prover modos alternativos de transporte e infraestrutura ferroviária, levando a um custo geral total do sistema energético mais baixo. Outra mudança no estilo de vida dessa rota é a mudança do consumo de carnes de bois e cabras para aves e suínos, que precisam de muito menos terra para produção por quilograma. A mudança no tipo de carne que consumimos pode liberar 290 milhões de hectares de terra, usadas para pasto e ração, para tornarem-se terras florestais, atuando no sequestro de carbono e diminuindo a necessidade de redução em outros lugares¹⁹.

A Calculadora Global também destaca a incerteza nos custos futuros. Prognósticos de custos que ocorrerão em 35 anos no futuro são extremamente difíceis. Por exemplo: em 1980 era improvável que alguém pensasse que painéis solares teriam queda de 85% no preço em 2010.²⁰ A Calculadora Global mostra que, em qualquer rota, o crescimento nos custos do sistema energético total entre 2011 e 2050 pode ser 45% maior ou 25% menor que a suposição de crescimento médio²¹. De fato, a variação de incertezas na rota “sem alterações” e nas rotas para 2°C se sobrepõem, o que significa que, em algumas circunstâncias (preços de combustíveis fósseis mais altos ou preços de renováveis mais baixos que o esperado), as rotas de redução seriam ainda mais baratas que a rota “sem alterações”. Igualmente, se veículos elétricos, bombas de calor e bioenergia ficarem mais caros que o esperado e os combustíveis fósseis ficarem mais baratos, as rotas de redução poderiam ser ainda mais caras.

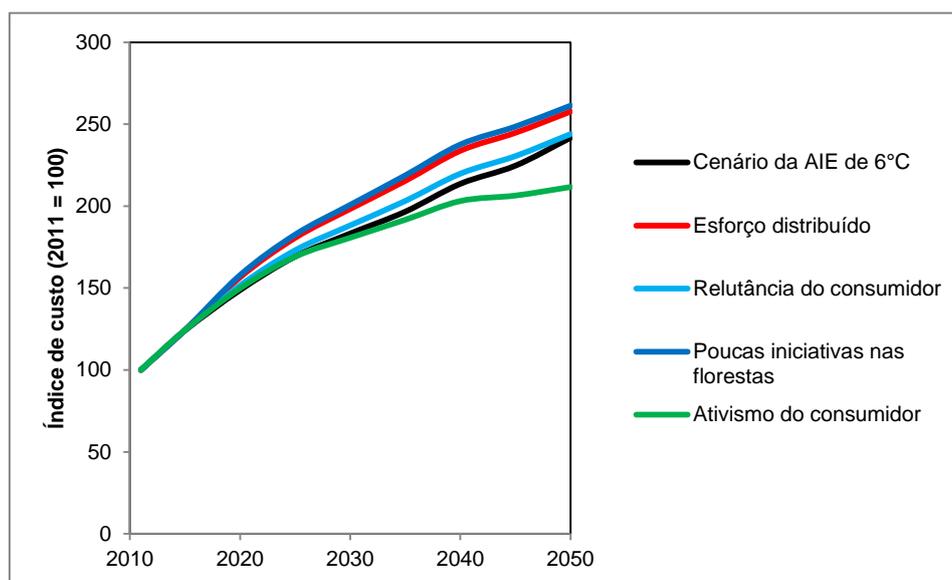
Portanto, fica óbvio que baixar os custos de investimento em tecnologia é fundamental para reduzir os custos em geral. Tecnologias baseadas em combustíveis fósseis se beneficiaram de cem anos de pesquisa e desenvolvimento para baixar os custos. Hoje em dia, o mundo hoje deve aumentar as ações de PDDI para tecnologias limpas com urgência. Desses custos de investimento, os mais significativos são carros híbridos, elétricos e a hidrogênio, armazenamento elétrico, captura e armazenamento de carbono, bombas de calor, eólicas, terrestres e solares com tecnologia fotovoltaica. Dessa forma, um esforço concentrado para baixar estes custos seria útil.²² Legisladores desempenham uma função fundamental para investir diretamente e criar os incentivos para que as empresas também façam investimento nessas áreas.

Prosperidade ao redor do mundo em 2050: considerações da Calculadora Global

Contextualizando custos de mitigação: uma pequena fatia de um todo maior

Espera-se que os custos totais dos sistemas energéticos mundiais aumentem até 142% entre hoje e 2050 no cenário das atividades atuais em função do desenvolvimento mundial. A Calculadora Global mostra que escolher a rota de 2°C adiciona apenas um pequeno aumento a essa cifra considerável. A rota viável mais cara mostra um aumento de custo de 161% durante o mesmo período (um custo adicional equivalente a 3% do PIB global). Contudo, em outro cenário plausível (ativismo do consumidor), a descarbonização do sistema energético seria mais barata do que manter o cenário das atividades atuais ou “sem alterações” (112%, o que representa uma economia equivalente a 2% do PIB).

Nas atividades atuais, o custo do sistema energético total subirá 142% entre 2011 e 2050. Nas quatro rotas possíveis para 2°C, observamos um crescimento semelhante (112 a 161%) durante o mesmo período



Por que 2°C?

Este relatório toma como ponto de partida o acordo internacional que 195 países firmaram no processo da CQNUAC no intuito de reduzir as emissões para que os aumentos de temperatura global sejam limitados a menos de 2°C, para "evitar interferência antropogênica perigosa no sistema climático".²³

Prosperidade ao redor do mundo em 2050: considerações da Calculadora Global

Este acordo, redigido por legisladores, baseou-se em provas empíricas presentes nos relatórios do IPCC e em trabalhos científicos. A ciência mostra que os impactos climáticos aumentam com a temperatura e que restringir esses números a um aumento de 2°C ajudaria a evitar os piores efeitos desse processo.

A Calculadora Global mostra alguns dados presentes no último relatório do IPCC, com 5.000 páginas, e apresenta-os num formato mais acessível. Ela também demonstra incerteza sobre como o clima seria afetado. A ferramenta mostra que se o mundo simplesmente continuar com as emissões atuais, poderemos ter até 6°C de aumento na temperatura global média até o final do século. Essa média mascara variações regionais significativas: algumas regiões podem ter aumentos de temperatura muito maiores, com mais de 10°C de aumento até 2100²⁴ no Ártico. Os impactos socioeconômicos associados seriam significativos. Eventos climáticos extremos devem ficar mais frequentes e severos: por exemplo, a onda de calor europeia de 2003 pode se tornar normal até o meio do século²⁵. Um aumento de 6°C na temperatura média global está além da experiência humana: a diferença de temperatura média entre hoje e a última era do gelo, de cerca de 20.000 anos atrás (quando grandes áreas de terra inabitada atualmente eram cobertas por centenas de metros de gelo), é só de 4 a 7°C.

As quatro rotas de exemplo usadas para gerar as principais mensagens desse relatório são consistentes com uma chance de 50% de restringir os aumentos de temperatura para os 2°C, conforme firmado na CQNUAC. No entanto, mesmo seguindo esses caminhos, veríamos impactos. Por exemplo: a ferramenta mostra que ao seguir a rota RCP 2.4 do IPCC, em que as temperaturas são mantidas abaixo de 2°C, ainda há a probabilidade de vermos uma redução de 43% do gelo no mar ártico até 2100. Alguns defendem que o mundo deve ter uma meta mais ambiciosa (inclusive a Aliança dos Pequenos Estados Insulares, que defende um compromisso de 1,5°C).

Derrubando mitos

Abaixo, há algumas sugestões de possíveis soluções para combater a mudança climática. Sua importância, por vezes, é superestimada:

Passar a usar combustíveis fósseis mais limpos

Não podemos depender da mudança do carvão para o gás como uma grande contribuição no combate às mudanças climáticas. Todos os combustíveis fósseis continuam contribuindo com essa mudança: por exemplo, uma usina a gás eficiente emite 350gCO₂/kWh²⁶ hoje em dia. Porém, para manter 50% de chance de limitar o aumento da temperatura em 2°C, precisamos descarbonizar a geração de eletricidade mundial a praticamente zero gCO₂/kWh até 2050.

Prosperidade ao redor do mundo em 2050: considerações da Calculadora Global

Usar o suprimento de combustíveis fósseis até o fim

Infelizmente, não podemos depender do fim dos combustíveis fósseis como forma de mitigar as mudanças climáticas. O mundo tem reservas suficientes para correr o risco de aumentar a temperatura média global em mais de 6°C até 2100.

Sugar o carbono da atmosfera

Também não podemos depender de tecnologias futuristas para sugar o carbono da atmosfera e resolver o problema climático. Essas tecnologias são extremamente incertas em termos de viabilidade técnica, impacto ambiental, aceitação pública, consumo de energia e custo. Por exemplo: a captura direta de ar, que envolve processos químicos para capturar dióxido de carbono do ar ambiente e depois enterrá-lo. Testes limitados dessas tecnologias indicam que elas conseguirão processar, na melhor das hipóteses, cerca de 10 GtCO₂e²⁷ de economia líquida em emissões em 2050, o equivalente a 10% das emissões em 2050 na rota "sem alterações".²⁸

Restringir o crescimento populacional

A população global deve aumentar dos sete bilhões atuais para dez bilhões em 2050. Restringir a população para a estimativa mais baixa da ONU (oito bilhões) economizaria apenas cerca de 10 GtCO₂e até 2050.²⁹ Esse é um fator importante, mas que não pode ser considerado como uma "solução universal" para todos os problemas.

Como obter mais informações

As empresas interessadas nas implicações em seu setor e os governos interessados em comparar o progresso de seus países rumo aos 2°C podem consultar mais informações sobre nossas descobertas no site www.globalcalculator.org.

Sugerimos explorar o modelo da Calculadora Global: ele está disponível de graça e traz vídeos explicativos. A ferramenta também inclui rotas de 2°C de outras organizações. É possível criar a sua própria rota. Acesse o modelo no nosso site: www.globalcalculator.org.

Como o modelo funciona de acordo com as previsões, também publicamos a versão completa em um arquivo Excel para que o usuário examine-o em detalhes. Gostaríamos de receber comentários e opiniões dos usuários por e-mail: contact@globalcalculator.org.

Como essas mensagens são geradas?

A ferramenta da Calculadora Global mostra que há rotas diferentes para atingir os 2°C. Para gerar as mensagens deste artigo, criamos quatro rotas possíveis coerentes que têm uma chance de 50% de restringir os aumentos de temperatura global para 2°C.³⁰ Essas rotas apresentam ajustes

Prosperidade ao redor do mundo em 2050: considerações da Calculadora Global

de estilo de vida compatíveis com o desenvolvimento econômico. Elas também empregam projeções médias para as alterações demográficas globais.

No entanto, as rotas diferem de acordo com as escolhas de tecnologias, combustíveis e uso da terra utilizadas para satisfazer esses estilos de vida. Elas foram projetadas para gerar uma faixa alta ou baixa, plausível de esforço, em cada setor de tecnologia, combustível e uso da terra. Para saber mais sobre as rotas, leia o anexo e consulte o site www.globalcalculator.org.

Anexo: quatro rotas possíveis para os 2°C

Este anexo descreve as quatro rotas possíveis para os 2°C, usadas para gerar as mensagens deste relatório.

Características comuns às quatro rotas:

- Parâmetros de estilo de vida definidos no mesmo nível do cenário “AIE 6DS”, “sem alterações” nas atividades atuais (com a exceção da rota “ativismo do consumidor”, na qual os parâmetros “tipo”, “quantidade de passageiros e carga”, “carro próprio ou alugado”, “quantidade de carne”, “tipo de carne” e “vida útil e demanda por produtos” são alterados). As quatro rotas podem ser consideradas compatíveis com os padrões projetados de desenvolvimento econômico;
- População e urbanização definidas de acordo com as projeções centrais da ONU (nível 2);
- Emissões após 2050 definidas no nível 2,8 para permitir redução contínua até zero;
- Nenhum nível 1 ou 4 foi selecionado para evitar cenários extremamente ambiciosos ou pessimistas;
- Não foram utilizadas tecnologias especulativas de remoção de gases do efeito estufa, já que elas não foram comprovadas.

Níveis 1 a 4 da Calculadora Global

A Calculadora Global tem cerca de quarenta parâmetros para as emissões globais de gases do efeito estufa, o que inclui todas as escolhas que afetam “estilo de vida”, “tecnologia e combustíveis”, “terra e alimentos” e “demografia”. Os usuários podem usar os níveis de 1 a 4 para cada parâmetro da seguinte maneira:

Prosperidade ao redor do mundo em 2050: considerações da Calculadora Global

Os níveis de 1 a 4 representam uma síntese das variações que especialistas acreditam serem possíveis até 2050.



1. Esforço distribuído

<http://tool.globalcalculator.org/distributedeffort>

Nessa rota, o esforço de descarbonização é distribuído de maneira mais equilibrada em todos os setores. Especificamente, usa-se o nível 2,8 em todos os parâmetros de “tecnologia e combustíveis” e “terra e alimentos”.

2. Relutância do consumidor

<http://tool.globalcalculator.org/consumerreluctance>

Nessa rota, os consumidores relutam em aceitar novas tecnologias que tenham um impacto imediato no dia a dia. São alguns destaques:

- Transporte: uso contínuo de veículos com motores de combustão interna com baixíssima adoção de veículos elétricos ou movidos a hidrogênio;
- Edificações: uso contínuo de gases para cozinhar e adoção relativamente baixa de isolamento e tecnologias de aquecimento de baixo carbono em residências porque o consumidor não aceita a mudança;
- Eletricidade: menos uso de energia eólica do que em outras rotas para 2°C porque os consumidores não querem alterar a paisagem;

Prosperidade ao redor do mundo em 2050: considerações da Calculadora Global

- Sobras e resíduos: coleta relativamente baixa de resíduos por domicílio.

Em vez disso, a atividade de baixo carbono acontece em um cenário em que os consumidores estão menos conscientes das alterações:

- Alto uso de energia nuclear e CAC;
- Muitos esforços no uso da terra (mais rendimento na produção de alimentos, entre outros) e reflorestamento relativamente alto.

Essa é uma rota com baixa eletrificação, com alto uso de bioenergia.

Ela mostra que é possível que consumidores não aceitem bem tecnologias que afetem diretamente suas vidas. Isso significa que é necessário fazer um esforço muito audacioso em outros setores, especialmente em uso da terra, produção de alimentos, eficiência energética, transporte e manufatura.

3. Poucas iniciativas nas florestas

<http://tool.globalcalculator.org/lowactiononforests>

Hoje em dia, não há medidas suficientes para expandir as áreas florestais. Por isso, as florestas aumentarão apenas 1% entre 2011 e 2050. A falta de proteção das florestas significa que há pouco incentivo para aumentar a produção de alimentos, o que gera uma produção agrícola e pecuária relativamente baixa. Há pouquíssima terra para bioenergia, o que faz com que a alta eletrificação seja necessária.

Essa rota mostra que a proteção e expansão da área florestal desempenham uma função fundamental para atingir a meta de 2°C. Deixar de expandir áreas florestais em grande escala significa que será necessário atuar de forma muito audaciosa em todos os setores de energia.

4. Ativismo do consumidor

<http://tool.globalcalculator.org/consumeractivism>

Ao redor do mundo, as pessoas estão preocupadas com as tecnologias que apresentam risco de terem efeitos adversos involuntários na natureza (energia nuclear ou transgênicos). Os consumidores adotam mudanças nas tecnologias que usam e nos aspectos do estilo de vida para atingirmos a meta de 2°C. São alguns destaques:

- Uso relativamente baixo de energia nuclear;
 - Produções relativamente baixas de alimentos (o que reflete a relutância de se usar transgênicos e fertilizantes);
 - Intensificação relativamente baixa de rebanhos (o que reflete o alto valor de práticas orgânicas e da produção sem confinamento);
-

Prosperidade ao redor do mundo em 2050: considerações da Calculadora Global

- Algumas mudanças no uso de transporte privado para público;
- Algumas mudanças na quantidade e no tipo de carne consumida (menos bois e cabras, mais aves e suínos);
- Afastamento de uma "sociedade descartável" com grandes esforços no parâmetro "vida útil e demanda por produtos".

Essa rota mostra que as mudanças em nosso estilo de vida (por exemplo: opções de dieta e viagens) podem reduzir muito as emissões e exigir menos ações em outros setores.

© Crown copyright

© Climate-KIC e Agência Internacional de Energia 2015



¹ O PIB global foi de \$ 67 trilhões em 2011 e deve atingir \$ 200 trilhões em 2050 (OCDE, 2014, Projeção Econômica nº 95, maio de 2014; Perspectivas macroeconômicas de longo prazo. Potencial de produção da economia total, volume [preços PPA]. Disponível no endereço <http://stats.oecd.org>).

² O consumo de alimentos é calculado com base nas médias globais. O comportamento de viagem é segmentado de acordo com o tipo da área onde a jornada é feita (rural desenvolvida, rural em desenvolvimento, internacional, automóvel urbano, transporte público urbano ou cidade urbana em expansão). O uso de energia em edificações é dividido em: urbano com acesso a eletricidade, urbano sem acesso a eletricidade, rural com acesso a eletricidade e rural sem acesso a eletricidade.

³ A não ser que seja indicado, todos os números deste artigo foram calculados com base na faixa dos quatro exemplos de rotas possíveis para os 2°C: esforço distribuído, relutância do consumidor, poucas iniciativas florestais, ativismo do consumidor. Eles estão na ferramenta: <http://tool.globalcalculator.org>

Prosperidade ao redor do mundo em 2050: considerações da Calculadora Global

⁴ Neste documento, o cenário das atividades atuais ou “sem alterações” usado pela Calculadora Global é o cenário “AIE 6DS (aprox.)”. Ele leva em consideração apenas as políticas atuais.

⁵ Nas quatro rotas, a distância por pessoa em 2050 corresponde aproximadamente à média da UE/OCDE. Atualmente, alguns países como os EUA e Austrália possuem distâncias muito maiores que essa por pessoa. Contudo, esses são países continentais com baixas densidades populacionais. Esse valor de viagem interna não é necessário para países menores e com alta densidade populacional, portanto é improvável que ela se transforme na média global mundial.

⁶ OCDE, 2015. *Passenger transport statistics: total inland passenger in million passenger-km* (“Estatísticas sobre transporte: número total de passageiros internos em milhões de passageiros por km”, em tradução livre do inglês). Disponível em:

http://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=ITF_PASSENGER_TRANSPORT.

⁷ OCDE, 2015. População. Disponível em: http://stats.oecd.org/Index.aspx?DatasetCode=POP_FIVE_HIST.

⁸ Governo do Canadá, 2014. Programação do termostato. Disponível em:

<http://www.nrcan.gc.ca/science/expert/video/1499>.

⁹ BRE e Ministério da Energia e Mudança Climática (*Department of Energy and Climate Change*, 2013). *Energy follow-up survey. Report 2: Mean household temperatures*. (“Pesquisa sobre energia, relatório 2: temperaturas residenciais médias”, em tradução livre do inglês). Disponível em:

https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/274770/2_Mean_Household_Temperatures.pdf.

¹⁰ Public Health England, 2014. *Minimum home temperature thresholds for health in winter – A systematic literature review* (“Temperatura residencial mínima para viver de forma saudável no inverno: revisão sistemática da literatura”, em tradução livre do inglês). Disponível em:

https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/365755/Min_temp_threshold_for_homes_in_winter.pdf.

¹¹ A demanda total por energia cai 25% na fabricação quando a rota “sem alterações” (AIE 6DS) fica com o parâmetro “design, troca de materiais e reciclagem” no nível 3 (o mais ambicioso dentro das quatro rotas para os 2°C).

¹² A demanda total por energia na produção química cai 7% quando a rota “sem alterações” (AIE 6DS) fica com o parâmetro “químicos” no nível 3 (o mais ambicioso dentro das quatro rotas para os 2°C).

¹³ A fonte da intensidade de carbono dos dados de geração elétrica de 1990 a 2010 foi a publicação da AIE de 2014: *CO2 Emissions from Fuel Combustion* (“Emissões de CO2 por queima de combustíveis”, em tradução livre do inglês).

¹⁴ *Next Green Car*, 2015. Banco de dados: *Next Green Car*. Disponível em: www.nextgreencar.com/new-car-search.

¹⁵ Supondo uma elevação no consumo calórico médio por pessoa de 2.180 kcal em 2011 para 2.330 kcal em 2050 (nível 2) e um crescimento populacional com 9,6 bilhões em 2050 (nível 2).

¹⁶ Calculado com a rota “relutância do consumidor” e em comparação com os níveis saudáveis da OMS (nível 4 para o consumo calórico e 3 para consumo de carne).

¹⁷ Das quatro rotas possíveis para os 2°C, a mais barata é o “ativismo do consumidor”: o custo médio anual do sistema energético dessa rota, no período de 2011 a 2050, pode ser US\$ 2 trilhões menor que a rota “sem alterações” (equivalente a uma economia de 2% do PIB global). A rota mais cara das quatro possíveis para os 2°C é “poucas iniciativas florestais”: o custo médio anual do sistema energético dessa rota, no período de 2011 a 2050, pode ser US\$ 4,2 trilhões maior que a rota “sem alterações” (equivalente a um encarecimento de 3% do PIB global). Isso é baseado em estimativas de custos do governo federal. As atividades atuais são definidas como a rota “sem alterações” ou “AIE 6DS (aprox.)”. O PIB global médio anual no período de 2011 a 2050 é de US\$ 129 trilhões.

¹⁸ Comparação do número de carros na rota “ativismo do consumidor” com o número de carros no AIE 6DS.

¹⁹ Calculado com a rota “ativismo do consumidor” em comparação com o nível 2 do “tipo de carne”.

²⁰ DOR NREL *Solar Technologies Market Report* (“Relatório do mercado de tecnologia solar”, em tradução livre do inglês), janeiro de 2010. Baseado no custo por watt em dólares de 2009, entre 1980 e 2009.

²¹ Por exemplo: na rota “ativismo do consumidor”, espera-se que o índice do custo total do sistema energético (2011 = 100) aumente para 212 em 2050. A estimativa superior do índice de custos em 2050 é

Prosperidade ao redor do mundo em 2050: considerações da Calculadora Global

305 (44% mais alta que o ponto estimado) e a estimativa mais baixa do índice de custos é 160 (24% mais baixa que o ponto estimado).

²² Com base nas tecnologias de baixo carbono com custos de investimento cumulativos mais altos na rota "esforço distribuído".

²³ CQNUAC, 1992. Conferência Quadro das Nações Unidas para Alterações Climáticas, artigo 2: Objetivo. Disponível em: http://unfccc.int/essential_background/convention/background/items/1353.php.

²⁴ IPCC AR5 WG1, capítulo 12, figura 12.11.

²⁵ Estudo de Stott et al. O evento de 2003 seria esperado em meados de 2040 a cada dois anos. No cenário "sem alterações", isso representaria um verão mais frio em meados de 2080.

²⁶ No momento, as Turbinas a Gás de Ciclo Combinado (TGCC) operando em capacidade total emitem 350 gCO₂/kWh. Consulte o documento AIE (2014) *Energy Technology Perspectives* ("Perspectivas de tecnologia em energia", em tradução livre do inglês), página 170.

²⁷ Calculado com base na rota "esforço distribuído" com/sem GGR nível 4.

²⁸ Calculado usando a rota "AIE 6DS (aprox.)".

²⁹ Calculado comparando-se emissões da rota "esforço distribuído" em 2050 (18 GtCO₂e) com a definição do parâmetro populacional para o nível 3 (8GtCO₂e).

³⁰ Especificamente, cada uma dessas rotas tem, no máximo, 3.010 GtCO₂ cumulativo de emissões de CO₂ até 2100. O IPCC indica que esse nível de emissões cumulativas está associado a uma chance de 50% de restringir os aumentos de temperatura global a 2°C.