



PLANET
UNDER
PRESSURE
2012 MARCH 26-29
LONDON

RECOMENDAÇÕES PARA A RIO+20

#8

Uma visão da energia para um planeta sob pressão

Transição para a sustentabilidade: desafios interligados e soluções



FOTO: CREATIVE COMMONS / H. ADAMSKY

Em todo o mundo, os sistemas de energia globais enfrentam uma série de desafios - do acesso por parte da população carente à baixa confiabilidade e segurança. Paralelamente, o fornecimento de energia cria impactos à saúde humana e ecológica, bem como perigosas mudanças climáticas em nível global. Tratar dessas questões simultaneamente exigirá uma transformação fundamental do sistema de energia. Avaliações recentes mostram que essa transformação é viável em termos tecnológicos e econômicos, mas apresenta formidáveis desafios no que diz respeito à oferta e à demanda, bem como problemas de governança, transparência e confiabilidade em vários níveis.

Este documento apresenta uma visão de longo prazo para o sistema de energia e descreve os elementos necessários para a transição rumo a essa visão. Para ter sucesso, essa transformação deve integrar vários componentes essenciais, incluindo um foco em altos níveis de eficiência energética e o aumento de investimentos em tecnologia, bem como em pesquisa, desenvolvimento e demonstração (PD&D).

Recomendações para a Rio+20

Uma das nove recomendações produzidas pela comunidade científica para informar a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (Rio+20). Essas recomendações foram elaboradas pela conferência internacional *Planet under Pressure: New Knowledge Towards Solutions* [Planeta sob Pressão: Novos conhecimentos em busca de soluções] (www.planetunderpressure2012.net).



Síntese dos pontos principais e recomendações para políticas públicas

- A fim de alcançar os objetivos múltiplos da transformação do sistema energético, a implementação de um grande número de mudanças deve começar hoje.
- Políticas integradas de apoio aos objetivos de transformação podem ter importantes sinergias.
- A visão de longo prazo para o sistema de energia é essencial, dada a importância crítica do sistema para a sociedade e a inércia envolvidas, que desaceleram a transformação necessária.
- Uma transformação bem sucedida deve ampliar investimentos na implantação e no processo de PD&D e alinhar esses investimentos com a visão de longo prazo. A análise de cenários mostra que:
 - A eficiência energética provavelmente desempenhará um papel fundamental. As vias de transformação geralmente alcançam taxas de melhoria da intensidade energética que são o dobro da taxa histórica de mudança.
 - Um grande leque de opções do lado da oferta - com foco na baixa emissão de carbono de energia proveniente de combustíveis renováveis, bioenergia, captura e armazenamento de carbono (CCS) e energia nuclear - deve fornecer de 60% a 80% da energia primária do mundo até 2050. Isso requer desenvolvimento adicional de tecnologias e infraestruturas de armazenamento, conversão e utilização final, tais como redes inteligentes e super-redes e, em geral, uma descarbonização rápida dos sistemas energéticos.
 - O acesso universal à eletricidade e ao preparo de alimentos em ambientes limpos até 2030 deve ser a prioridade mais urgente, mas é uma meta difícil de atingir, que exigirá parcerias globais e esforços concentrados, especialmente na África subsaariana e partes da Ásia.
 - No setor de transportes, a eletrificação ou a introdução de veículos movidos a hidrogênio poderia aumentar a flexibilidade da oferta e melhorar a relação custo-eficácia da transformação do sistema de energia. Os benefícios dessa transição dependerão da descarbonização simultânea da eletricidade e de suprimentos de hidrogênio e da sustentabilidade dos materiais utilizados para construir os veículos.
- No setor da construção, alcançar a melhoria rápida da integridade térmica através do estabelecimento de normas para novas construções e reformas, juntamente com aparelhos melhores e modelos de negócios inovadores (tais como empresas de serviços energéticos), tem o potencial de reduzir drasticamente a demanda por energia.
- No setor industrial, a demanda por energia pode ser reduzida substancialmente com a adoção generalizada da melhor tecnologia disponível, a reforma de instalações existentes, a otimização dos fluxos de materiais e o aumento da reciclagem.



RIO+20

Conferência das Nações Unidas
sobre Desenvolvimento Sustentável

O DESAFIO DA ENERGIA

To longo da história moderna, os sistemas energéticos têm sido fundamentais para o desenvolvimento econômico e o progresso social. Por outro lado, também têm sua parcela significativa de responsabilidade pelo impacto negativo da humanidade sobre o ambiente global. Claramente, a readequação do sistema energético é de fundamental importância para atingir os objetivos de sustentabilidade econômica, ambiental e social das diferentes sociedades.

INesse contexto, os sistemas atuais enfrentam vários desafios importantes que devem ser resolvidos urgentemente e de forma abrangente. Primeiro, a fim de apoiar o desenvolvimento econômico, os sistemas energéticos precisam ser capazes de lidar com

a crescente demanda global. Segundo, o acesso a formas modernas e limpas de energia tem de ser ampliado para os 40% da população mundial que atualmente cozinham com combustíveis sólidos e, geralmente, não dispõem de recursos energéticos domésticos confiáveis, acessíveis e de baixa poluição. Em terceiro lugar, para evitar mudanças climáticas perigosas, efeitos adversos à saúde e sérios impactos sobre terra e solo, a água e a biodiversidade, as emissões relacionadas com a energia precisam ser reduzidas, e a eficiência dos recursos dos sistemas energéticos precisa ser melhorada. Em quarto lugar, a segurança energética para todas as nações e regiões deve ser assegurada. Por fim, são necessárias mudanças nas políticas públicas, a fim de criar

incentivos e garantir um compromisso de longo prazo para investimentos em energia e financiamentos.

Com base nesses desafios, é evidente que uma grande transformação do sistema de energia é necessária. Neste documento, vamos discutir os múltiplos desafios existentes e os possíveis caminhos para enfrentá-los, por meio de tecnologias e políticas públicas, rumo a uma energia sustentável. A avaliação é baseada em um conjunto de recentes estudos, incluindo a iniciativa Global Energy Assessment (GEA)¹, o trabalho sobre Representative Concentration Pathways (RCPs)², a World Energy Outlook³ da Agência Internacional de Energia (IEA), diversos estudos de comparação de modelos e artigos científicos sobre transformações energéticas.

AS PRINCIPAIS QUESTÕES ENERGÉTICAS

A crescente demanda por serviços energéticos

A demanda global por energia tem crescido rapidamente desde a Revolução Industrial, que provocou um crescimento explosivo no consumo de recursos, impulsionado principalmente pelos combustíveis fósseis. De 1850 a 2005, a demanda mundial por energia cresceu mais de 2% ao ano. A perspectiva da maior parte dos cenários energéticos tradicionais (isto é, pressupondo que não haverá grandes mudanças políticas) é de que a demanda por energia continuará a crescer em todo o mundo e provavelmente triplicará durante o século XXI. As regiões de baixa renda serão responsáveis por boa parte desse aumento.

A maioria dos cenários indica que os preços dos combustíveis fósseis, especialmente o carvão, continuarão a ser inferiores aos de fontes alternativas por um longo tempo. Na ausência de políticas específicas, os combustíveis fósseis tenderão, portanto, a manter a sua participação de mercado dominante. E isso mesmo considerando o fato de a maioria desses cenários

antecipar um aumento significativo na produção de energia não fóssil. Para gás natural e petróleo convencionais o esgotamento das reservas facilmente exploráveis acabará resultando em aumento de preços. A consequência provável será um novo impulso na exploração de recursos não convencionais, como as areias de alcatrão e rochas de xisto, que estão associados a maiores emissões de gases de efeito estufa do que as fontes de petróleo convencionais.

Estilos de vida que fazem uso intenso de energia e a ineficiência de grande parte do sistema energético, particularmente em nível dos serviços de energia, são os principais fatores que aumentarão a demanda. Embora as melhorias de eficiência sejam consideradas potencialmente fáceis, com baixo custo ou até mesmo com custos "negativos", provaram ser difíceis de concretizar, por causa de barreiras institucionais, de mercado e políticas.

Falta de acesso à energia

Os três quartos mais pobres da população mundial atualmente usam apenas um décimo da energia do

mundo. Cerca de 1,5 bilhão de pessoas ainda não têm acesso adequado à eletricidade e cerca de 3 bilhões não têm acesso a combustíveis e a equipamentos modernos para cozinhar. A maioria dos domicílios rurais e urbanos de baixa renda nos países em desenvolvimento continua a depender principalmente da biomassa tradicional (incluindo o carvão vegetal e, em menor grau, o carvão mineral) para satisfazer as suas necessidades de energia para o preparo de alimentos. Embora o percentual de pessoas sem combustíveis limpos para cozinhar esteja diminuindo, o número absoluto é maior do que em qualquer outro momento na história da humanidade. Na ausência de políticas específicas e de investimentos em infraestrutura, o número de pessoas sem acesso continuará a aumentar, com um crescimento paralelo em termos de

1. GEA. 2012. *The Global Energy Assessment: Toward a Sustainable Future*. Cambridge University Press, Cambridge and IIASA, Laxenburg.

2. Van Vuuren D.P. et al. 2011. Representative Concentration Pathways: An Overview. *Climatic Change* 109:5–31.

3. IEA. 2011. *World Energy Outlook 2011*. Paris. International Energy Agency.

impactos adversos à saúde advindos da poluição do ar. A Figura 1 mostra os pontos críticos onde as populações são mais afetadas pela falta de acesso à energia, bem como por mortes prematuras causadas pela poluição do ar doméstico.

Riscos ambientais

O consumo de energia desempenha um papel fundamental na maioria dos desafios ambientais, sejam locais ou globais, incluindo as mudanças climáticas, a poluição do ar

doméstico e regional e os problemas relacionados ao uso insustentável dos recursos da terra e da água.

Mudanças climáticas

Emissões de dióxido de carbono (CO₂) e outros gases de efeito estufa aumentaram rapidamente durante o último século. A maior parte das emissões atuais tem origem no setor de energia e esta percentagem deverá aumentar ainda mais. Sem novas políticas, as emissões vão continuar a crescer à taxa histórica ao longo do século XXI (Figura 2). Acredita-se que

isso leve a um aumento da temperatura média da superfície global de 4 a 5 graus Celsius (°C) acima de níveis pré-industriais, trazendo riscos significativos de danos a ecossistemas únicos e ao bem-estar humano. Para limitar a mudança climática, significativas reduções nas emissões são necessárias. Cenários mostram que as emissões teriam de ser reduzidas para cerca de 50% do nível de 2000 até 2050, e para cerca de zero até ao final do século, a fim de atingir pelo menos uma probabilidade de 50% de cumprir o objetivo de um aumento máximo de 2°C na temperatura.

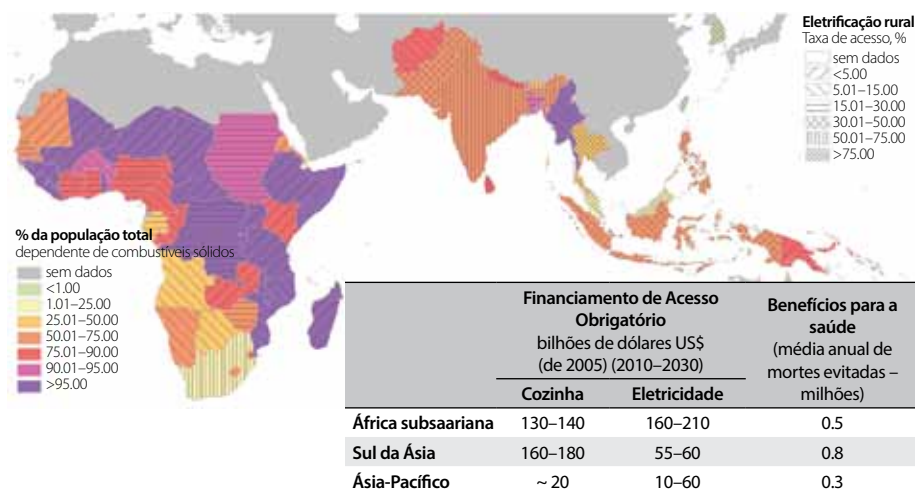


Figura 1. Dados ilustrativos para populações sem acesso a combustível limpo para cozinhar e eletricidade nas principais regiões carentes da África subsaariana e no sul e sudeste asiáticos. As cores denotam falta de acesso a combustível limpo para cozinhar e as áreas hachuradas denotam falta de acesso à eletricidade. A tabela apresenta os custos regionais e os benefícios à saúde relacionados que resultarão de alcançar o acesso universal nessas regiões até 2030.

Note-se que estas regiões são responsáveis por mais de 85% do total da população mundial sem acesso à eletricidade e mais de 70% da população mundial que ainda depende combustíveis sólidos.

Fonte: Riahi *et al.*, 2012 (ver as referências)

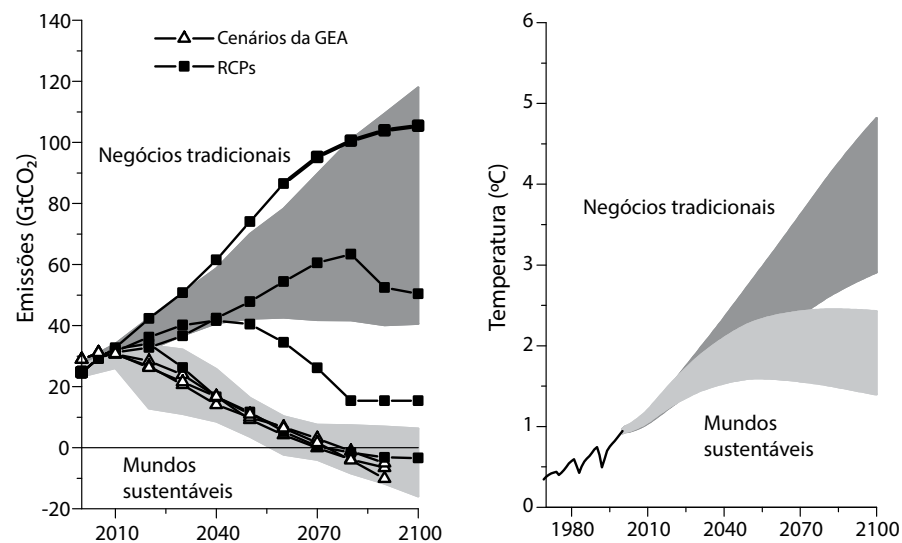


Figura 2. Faixa de emissões em cenários sem uma política climática em vigor, em comparação com os cenários que buscam estabilizar as concentrações de CO₂ consistentes com a meta de 2°C. Para fins ilustrativos, são apresentados os cenários da Global Energy Assessment (GEA) e da Representative Concentration Pathways (RCP). O painel da direita mostra o resultado da temperatura de um cenário típico sem uma política climática, contra um cenário de estabilização de 450 ppm (o intervalo de incerteza aqui representa a incerteza no ciclo do carbono e sensibilidade climática).

Fontes: Riahi *et al.*, 2012 e Van Vuuren *et al.*, (2011); ver referências.

Poluição do ar

A iniciativa GEA estima que os sistemas energéticos atuais são responsáveis por cerca de 5 milhões de mortes prematuras por ano e mais de 8% de todos problemas de saúde (perda de anos saudáveis de vida, devido tanto à doença quanto à morte prematura), como resultado da poluição do ar e outras causas relacionadas à energia. A poluição do ar externo causada por sistemas energéticos, por si só é atualmente responsável por cerca de 2,7 milhões de mortes prematuras a cada ano em populações urbanas e rurais, particularmente nos países em desenvolvimento. Estima-se que a poluição doméstica advinda da combustão incompleta de combustíveis sólidos cause cerca de 2,2 milhões de mortes prematuras por ano e contribua com uma porcentagem significativa de poluição atmosférica em muitas áreas. A implementação das atuais políticas de controle de poluição atmosférica resultaria globalmente apenas em reduções modestas das emissões e, em muitos países em desenvolvimento, ainda implicaria em aumento das emissões em relação aos dias de hoje. Uma aplicação mais rigorosa de tais políticas ou a sua integração em políticas relacionadas (particularmente com a política sobre o clima) é necessária para reduzir o fardo das doenças causadas pelo setor de energia.

Sistemas terrestres e aquáticos

Os combustíveis fósseis e mesmo as formas renováveis de energia podem causar graves impactos sobre os sistemas terrestres e aquáticos. A produção de bioenergia com a utilização de culturas dedicadas pode exigir

vastas áreas de terra e aumentar o uso de água doce, bem como competir com outros usos de terra produtiva escassa, tais como produção de alimentos e biodiversidade. A bioenergia também pode estar associada às substanciais emissões de gases de efeito estufa advindas de fertilizantes nitrogenados, bem como às emissões de CO₂ provenientes de mudanças diretas e indiretas do uso da terra. O impacto da utilização de bioenergia, no entanto, depende de vários fatores, tais como o tipo de cultura (por exemplo, as culturas de primeira vs. segunda geração), o rendimento assumido e a seleção de cadeias bioenergéticas específicas. Outras fontes renováveis (por exemplo, energia hídrica e eólica) também podem afetar o uso da terra, apesar de seus impactos tenderem a permanecer localizados.

Segurança energética

A prestação ininterrupta de serviços vitais de energia - a 'segurança energética' - é uma alta prioridade para todos os países, cidades e comunidades. Para a maioria dos países industrializados, a segurança energética está relacionada com a dependência das importações e com o envelhecimento da infraestrutura, enquanto muitas economias emergentes têm vulnerabilidades adicionais, como capacidade insuficiente, alta intensidade energética e rápido crescimento da demanda. A segurança energética é mais pertinente para o petróleo, que atualmente desempenha um papel dominante no sistema de transporte mundial, mas cujos recursos estão geograficamente concentrados apenas em alguns países e regiões. Além disso, capacidades limitadas de produção resultam em volatilidades de preços

que afetam países de baixa renda, em particular. Para o gás natural, as preocupações estão mais centradas no abastecimento regional e continental.

Falta de investimentos de longo prazo

Um fator que amplia os problemas descritos acima é a falta de um foco de longo prazo nas políticas energéticas atuais. Por exemplo, os investimentos em PD&D há décadas estão seriamente defasados em relação ao crescimento no consumo de energia, embora essa tendência tenha revertido nos últimos anos. Os investimentos no sistema e na infraestrutura de energia devem ser coerentes com uma visão de longo prazo, em função da tendência à inércia. Garantir financiamento suficiente por meio de mecanismos adequados, portanto, será um desafio no futuro próximo, dada a atual instabilidade nos mercados financeiros (ver Tabela 1).

Tabela 1: Os investimentos em energia necessários para atingir os objetivos de sustentabilidade (limitação das mudanças climáticas a 2°C, redução da poluição do ar relacionada à energia, melhoria da segurança energética e acesso universal à energia até 2030) e os mecanismos de políticas de apoio para a mobilização de recursos financeiros. Fonte: Riahi *et al.*, 2012 (ver referências).

	Investimento (bilhões de dólares/ano)		Mecanismos de políticas			
	2010	2010–2050	Regulação, normas	Preços das externalidades	Subsídios cuidadosamente projetados	Capacitação
Eficiência	n.a. ¹	290–800 ²	Essencial (eliminação periódica de tecnologias menos eficientes)	Essencial (não é possível obter ganhos dramáticos de eficiência sem preços que reflitam os custos totais)	Complementar (inefcaz sem a regulação dos preços; vários instrumentos possíveis) ³	Essencial (conhecimentos necessários para as novas tecnologias)
Energia nuclear	5–40 ⁴	15–210	Essencial (regulação da eliminação de resíduos e do ciclo de combustível para evitar proliferação)	Incerto (preços dos gases do efeito estufa (GEE) ajudam a energia nuclear, mas preços que reflitam riscos nucleares seriam prejudiciais)	Incerto (importante no passado, mas talvez não seja necessário com preços dos GEE)	Desejado (necessidade de corrigir a perda de especialização nas últimas décadas) ⁵
Energia renovável	190	260–1010	Complementar (tarifas subsidiadas e carteira de renováveis, a fim de superar as barreiras de implementação)	Essencial (os preços dos GEE são a chave para o rápido desenvolvimento das energias renováveis)	Complementar (créditos fiscais para P&D ou produção podem complementar os preços dos GEE)	Essencial (conhecimentos necessários para as novas tecnologias)
Captura e Armazenamento de Carbono (CCS)	<1	0–64	Essencial (requisito de CCS para todas as novas usinas de carvão e escalonado para as usinas existentes)	Essencial (os preços dos GEE são essenciais, mas mesmo isso tem pouca probabilidade de ser suficiente no curto prazo)	Complementar (ajudaria com as primeiras usinas enquanto os preços dos GEE ainda estão baixos)	Desejado (conhecimentos necessários para as novas tecnologias) ⁶
Infraestrutura ⁶	260	310–500	Essencial (regulação da segurança crítica para alguns aspectos de confiabilidade)	Incerto (efeito neutro)	Essencial (os clientes devem pagar pelos níveis de confiabilidade que valorizam)	Essencial (conhecimentos necessários para as novas tecnologias)
Acesso à eletricidade e à energia limpa para cozinhar ⁷	n.a.	36–41	Essencial (garantir a normalização, mas não deve impedir o desenvolvimento)	Incerto (pode reduzir o acesso ao aumentar os custos dos produtos de combustíveis fósseis)	Essencial (concessões para redes, microfinanciamento para aparelhos, subsídios para os combustíveis de cozinha)	Essencial (criar ambiente propício: em termos técnicos, jurídicos, institucionais, financeiros)

1. Os investimentos globais em melhorias de eficiência para o ano de 2010 não estão disponíveis. A melhor estimativa para investimentos em componentes energéticos de dispositivos do lado da demanda é, por comparação, cerca de US\$ 300 bilhões por ano (GEA). O intervalo de incerteza está entre US\$ 100 bilhões e US\$ 700 bilhões anuais para investimentos em componentes. A contabilização do custo de investimento total de dispositivos de uso final aumentaria os investimentos do lado da demanda em cerca de uma ordem de grandeza.

2. A estimativa inclui os investimentos em eficiência apenas marginalmente e é, portanto, uma subestimativa em relação aos investimentos do lado da demanda em componentes de energia para 2010 (ver Nota 1).

3. Melhorias de eficiência normalmente requerem uma cesta de instrumentos financeiros.

4. O limite inferior inclui investimentos de implementação tradicionais em cerca de 2 GW de aumento de capacidade em 2010. O limite superior também inclui investimentos para usinas em construção, o reprocessamento de combustível e os custos estimados para as extensões da capacidade.

5. Dependendo da aceitação social e política dessas opções, a capacitação pode se tornar essencial para alcançar a estimativa de altos investimentos futuros.

6. Investimentos globais na rede de eletricidade, incluindo investimentos para operações e reservas de capacidade, capacidade de reserva e armazenamento de energia.

7. Custos anuais para o acesso quase universal em 2030 (incluindo conexões à grade de eletricidade e subsídios para combustíveis limpos de cozinha).

UMA VISÃO PARA 2050

Objetivos das políticas

Nossa visão de um futuro energético sustentável reconhece a importância do sistema de energia para o desenvolvimento humano e a necessidade de manter a integridade dos sistemas biofísicos da Terra. Tal visão deve implicar nos seguintes elementos:⁴

- **Acesso universal à eletricidade e à energia limpa para cozinhar até 2030.** Alcançar este objetivo reduziria a dependência atual da biomassa tradicional de uma grande parcela da população dos países em desenvolvimento.
- **Energia para o desenvolvimento até 2050.** O fornecimento de energia a preços acessíveis em quantidade e qualidade suficientes é fundamental para apoiar o desenvolvimento econômico de longo prazo de todos os países.
- **Reduzir a poluição do ar em conformidade com as diretrizes de qualidade do ar estipuladas pela Organização Mundial de saúde⁵** para a maioria da população mundial até 2030.
- **Limitar as mudanças da temperatura média global a 2°C até 2100 acima de níveis pré-industriais, com uma probabilidade de mais de 50%.⁶**

Quadros políticos globais e regionais precisam orientar a implementação de medidas para a consecução dos objetivos acima referidos simultaneamente. A cooperação internacional será importante por várias razões: 1) as medidas podem ser mais eficazes; 2) as partes podem concordar em uma justa repartição

4. Melhorar a segurança energética é um objetivo político importante, mas como esta noção é interpretada de modo diferente em diversos países e regiões, não definimos uma meta universal.

5. Concentração $PM_{2,5}$ Anual <10 mg/m³. Partículas pequenas o suficiente para penetrar profundamente no pulmão ($PM_{2,5}$) são consideradas o melhor indicador do risco da poluição proveniente de fontes de combustão.

6. A estimativa de 50% refere-se a incertezas da mudança física no clima e, portanto, retrata as chances de que um caminho específico para gases de efeito estufa ficaria abaixo da meta dos 2°C de temperatura. A estimativa não implica qualquer probabilidade política ou tecnológica de ficar abaixo da meta.

dos encargos, evitando competição ou exploração; 3) as medidas podem muitas vezes ser implementadas a custos mais baixos; e 4) os países que não possuem capacidade precisarão de apoio internacional.

No entanto, as atuais negociações no âmbito da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança Climática (UNFCCC) mostram que interesses nacionais conflitantes podem afetar o progresso.

Portanto, políticas internacionais vinculantes não devem ser consideradas a única maneira de avançar para um sistema energético mais sustentável. Para o futuro próximo, as iniciativas nacionais e regionais, incluindo iniciativas de baixo para cima da sociedade civil, do setor privado ou das cidades e governos locais, serão igualmente importantes para fazer avançar as agendas rumo aos objetivos de sustentabilidade.

Integração

Só uma abordagem integrada em relação à política de energia pode alcançar os objetivos políticos mencionados acima. Essa abordagem permite levar em conta compromissos e sinergias que muitas vezes são esquecidos, tanto no desenvolvimento de políticas quanto em termos de investimentos concretos. Na maioria dos países, ministérios e agências separadas lidam com objetivos políticos individuais, em vez de se envolverem na elaboração de políticas integradas que são necessárias para soluções coerentes. Um problema relacionado é que os benefícios econômicos, especialmente aqueles acumulados durante longos períodos de tempo — por exemplo, de prédios que fazem uso eficiente de energia ou melhorias na saúde advindas do fornecimento de energia mais limpa — muitas vezes não são recuperados pelos investidores ou elaboradores de políticas.

Existem vários exemplos de áreas em que a integração poderia fornecer benefícios. Por exemplo, a descarbonização do sistema energético também levaria a

melhor qualidade do ar e maior segurança energética. No caso da bioenergia, as políticas só podem ser bem-sucedidas se considerarem os impactos sobre o clima, a segurança energética, os sistemas alimentares e a biodiversidade. As emissões de forças climáticas de curta duração (negro de fumo, por exemplo) oferecem outro exemplo de como as reduções de emissões podem levar a benefícios para a saúde e o clima (veja a seção Soluções para saber mais sobre a integração).

DESENVOLVER UMA “CIÊNCIA DE SOLUÇÕES” PARA O SISTEMA ENERGÉTICO

Caminhos energéticos possíveis

Vários estudos mostram que diferentes combinações de medidas podem levar a caminhos energéticos que estabeleceriam a concentração de gases de efeito estufa abaixo de 450 partes por milhão (ppm) de CO₂ equivalente (ppm CO₂ eq) (um nível necessário para manter a temperatura média global a menos de 2°C acima nos níveis pré-industriais). Esses caminhos indicam a necessidade de reduções das emissões de gases de efeito estufa de 40%-60% até 2050.

Melhorar a eficiência energética é a opção mais importante, pois pode criar benefícios em toda a gama de objetivos políticos simultaneamente. Isso é mostrado em uma ampla série de projeções diferentes realizadas pelo estudo comparativo de modelos EMF-22 e os cenários do Energy Modelling Forum. Estratégias bem-sucedidas devem incluir a rápida introdução de rigorosos códigos de construção e reforma de

edifícios, a introdução de modos de transporte eficiente (ou substituição do transporte pela comunicação virtual) e a adoção generalizada das melhores tecnologias disponíveis na indústria e no setor de eletrodomésticos.

A demanda por energia também pode ser reduzida pela mudança nos padrões de consumo e estilos de vida (por exemplo, adotando dietas vegetarianas e utilizando mais os sistemas de transporte público) e um crescimento menor da população, particularmente no longo prazo. Embora tais medidas possam ser eficazes, talvez não seja fácil introduzir essas mudanças por meio de políticas governamentais, uma vez que afetam tradições e normas sociais e culturais. Exemplos de políticas que afetaram o crescimento da população no passado incluem melhorias no nível de instrução das mulheres e o acesso gratuito aos serviços de saúde reprodutiva.

Do lado da oferta, existem várias opções importantes. Em uma série de cenários de 450 ppm CO₂ eq, a participação do uso contínuo de combustíveis fósseis diminui de 80% da energia primária total na linha de base para apenas 35% até 2050. O restante da oferta viria da bioenergia, de outros tipos de energia renovável, da energia nuclear e outros combustíveis fósseis combinados com a captura e o armazenamento de carbono (CCS). Embora muitas opções ajudem a lidar com um objetivo específico, elas também podem afetar a sustentabilidade em outras áreas. Por exemplo, a captura e o armazenamento de carbono e a energia nuclear podem ajudar a reduzir as emissões de gases de efeito estufa, mas podem enfrentar problemas relacionados ao armazenamento seguro de CO₂ e oposição local. As energias renováveis também têm limitações, por exemplo, no que diz respeito ao uso da terra. Ainda assim, elas podem reduzir as emissões de gases de efeito estufa, melhorar a segurança energética e oferecer conversão de energia centralizada e fora do local de instalação e produção. A maioria das energias renováveis, no entanto, também é intermitente e exige armazenamento ou capacidades de reserva (em geral, gás natural ou energia hidroelétrica). Isso, juntamente com os altos custos iniciais de capital, mantém elevados os preços da energia

renovável, apesar de baixos custos a longo prazo. E, embora toda a energia possa ser teoricamente produzida a partir de fontes renováveis, existem grandes restrições econômicas e de infraestrutura para alcançar esse objetivo.

Os investimentos de longo prazo precisam aumentar

Alcançar a transformação energética requer esforços dedicados a fim de aumentar os investimentos globais relacionados à energia. O investimento presente não é suficiente nem compatível com uma carteira de investimento sustentável. Os investimentos globais necessários para alcançar as metas de sustentabilidade estão estimados em US\$ 1,7 a 2,2 trilhões anuais (para alcançar a oferta adequada e eficiência), em comparação com o atual nível de cerca de US\$ 1,3 trilhão (menos de 2% do atual produto interno bruto mundial). Para fins de comparação, estima-se que os subsídios de combustíveis fósseis anuais globais estejam acima de US\$ 0,4 trilhão, enquanto os gastos atuais com políticas ambientais nos países da OCDE representam cerca de 1% a 2% do PIB. As prioridades de investimento incluem energias renováveis, eficiência e infraestrutura (ver Tabela 1); esses investimentos estão em ordem de grandeza acima do necessário para alcançar o acesso universal à energia. Há quatro principais ações de curto prazo necessárias para financiar a transformação a longo prazo dos sistemas energéticos: 1) proporcionar condições-quadro estáveis para os investimentos em energia, com base nas condições políticas estáveis com metas ambiciosas; 2) abrir novas fontes de financiamento para países em desenvolvimento e recentemente industrializados no âmbito da UNFCCC; 3) fortalecer os mecanismos para incentivar o investimento privado; e 4) estimular novos modelos de negócios a fim de superar o ônus de altos investimentos iniciais para investidores individuais.

A necessidade de incentivos de políticas

Diferentes mecanismos políticos devem ser postos em prática para implementar várias opções de tecnologia e atrair o nível necessário de recursos. A combinação correta de

mecanismos políticos depende dos tipos de tecnologias e objetivos. A Tabela 1 identifica mecanismos políticos que podem apoiar uma transição para sistemas energéticos sustentáveis. Estes incluem regulamentos e padrões tecnológicos em combinação com outros instrumentos, tais como preços de externalidades (por exemplo, um imposto de carbono para promover a difusão de energias renováveis, eficiência ou CCS) e subvenções específicas que podem promover opções específicas e melhorar a acessibilidade.

A transformação baseia-se em esforços de PD&D

Há um descompasso acentuado entre o foco em PD&D e as tecnologias que seriam necessárias para permitir a transformação. Em particular, existe um viés para o lado da oferta, com muito pouca PD&D e investimento na eficiência do lado da demanda. A eficiência requer significativos investimentos iniciais, cujos retornos só serão vistos a longo prazo. A eficiência do financiamento é, portanto, um desafio em condições de mercado atuais, que exigem taxas de retorno altas e imediatas. Um maior esforço em projetos públicos de PD&D, estimulado por quadros políticos que ofereçam incentivos, podem ajudar a reduzir os custos e tornar a transformação mais atraente. Além disso, para serem eficazes no contexto das transições de desenvolvimento sustentável, as políticas de PD&D precisam se tornar mais integradas, estimulando simultaneamente o desenvolvimento e a adoção de tecnologias e medidas energéticas eficientes e mais limpas.

A formulação integrada de políticas oferece mais por menos

A soma dos investimentos necessários para a resolução de três desafios globais relacionados à energia de forma independente — mitigar a mudança climática, reduzir a poluição e aumentar a segurança energética — é muito maior do que os custos de assumir um enfoque integrado para alcançar os mesmos três objetivos simultaneamente. Se essa abordagem vai funcionar ou não dependerá em parte de saber se impedimentos

políticos e institucionais para alcançar um processo mais integrado de elaboração de políticas podem ser superados, em função dos interesses pessoais envolvidos.

A política energética deve levar em conta as diferenças

Aproximadamente metade da população mundial agora vive em áreas urbanas e representa 60% a 80% da produção econômica e do uso energia global. Essa porcentagem deverá aumentar ainda mais. Em função dessas tendências, o uso de energia nas cidades vai dominar a demanda futura. A urbanização pode fornecer oportunidades, tais como maior eficiência em comparação com ambientes rurais e acesso mais fácil a financiamentos. Em uma situação rural, outras formas de demanda por energia são predominantes (por exemplo, irrigação e transporte). Políticas energéticas bem-sucedidas precisam levar em conta essa heterogeneidade.

Melhor governança e apoio da sociedade

A reformulação das estruturas de incentivo e da máquina governamental de “cima para baixo” para um processo de tomada de decisão mais integrado é apenas parte da solução. O apoio da sociedade a uma perspectiva de “baixo

para cima” também será um elemento essencial de uma transformação bem-sucedida. No entanto, os interesses locais nem sempre combinam com os interesses globais (por exemplo, oposição enfrentada pelo programa de captura e armazenamento de carbono e pela energia eólica em partes da Europa). Conquistar aceitação para a implementação de grandes mudanças no sistema energético dependerá de um processo transparente e responsável de tomada de decisão, que precisa ocorrer como parte de um processo geral de fortalecimento das capacidades institucionais para regular o desenvolvimento de sistemas energéticos.

Na transição para sistemas energéticos sustentáveis, o estado é um agente central, mas não é o único. A transição deve mobilizar os fatores de mudança da sociedade como um todo. Nesse contexto, o Estado desempenha um papel como o definidor de objetivos, facilitador e regulador, bem como uma importante fonte de capital para os investimentos necessários em infraestrutura e PD&D. A capacidade de os governos fornecerem mecanismos regulatórios e incentivos oportunos para promover a análise, o *feedback*, a aprendizagem e os ajustes das políticas em vigor será crucial para transformar os sistemas energéticos. Também é importante que os instrumentos para administrar as transformações tecnológicas sejam

diferenciados, dependendo do estágio e da maturidade da tecnologia.

Cooperação internacional para acelerar a implementação

A maior parte do aumento do consumo de energia deve ocorrer em países de baixa renda, justamente onde a maioria dos investimentos terá de ser realizada. No entanto, os países em desenvolvimento apresentam elevadas barreiras à implementação, tais como falta de capital e de mecanismos financeiros adequados. A cooperação internacional — em parte com base nos instrumentos financeiros existentes, desenvolvidos para apoiar a política climática internacional — pode ajudar a remover essas barreiras.

Além disso, condições institucionais estáveis são essenciais para reduzir os altos riscos percebidos pelos investidores. O papel crescente das economias emergentes, por meio das quais ocorrerá boa parte do desenvolvimento econômico, será foco de negociações internacionais e deve ser levado em conta em arranjos institucionais. De modo mais geral, a cooperação global para possibilitar a transformação da energia depende em certa medida dos Estados colocarem as preocupações globais e o bem comum na frente de seus próprios interesses de curto prazo.

Referências e leituras complementares

AGECC. 2010. *Energy for a Sustainable Future. Summary Report and Recommendations*. Nova York, EUA: The Secretary-General's Advisory Group on Energy and Climate Change.

Van Vuuren, D.P. et al. 2011. Representative concentration pathways: an overview. *Climatic Change* 109: 5–31.

Riahi, K. et al. 2012. Energy pathways for sustainable development. In *The Global Energy Assessment: Toward a More Sustainable Future*. Laxenburg, Áustria: International Institute for Applied Systems Analysis; e Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press.

Compilado por:

D.P. van Vuuren, N. Nakicenovic, K. Riahi, A. Brew-Hammond, D.M. Kammen, V. Modi, M. Nilsson and K.R. Smith.

Agradecimentos

A maior parte dos autores deste trabalho contribuiu para a iniciativa Global Energy Assessment (GEA) e se beneficiou enormemente das interações e do trabalho em conjunto com outros autores da GEA. A contribuição indireta de outros autores da GEA para este trabalho é reconhecida com apreço.

Os três autores coordenadores são empregados pela Agência de Avaliação Ambiental (PBL) da Holanda e pelo International Institute for Applied System Analysis (IIASA), cuja contribuição é reconhecida.

**GLOBAL
IGBP
CHANGE** International
Geosphere-Biosphere
Programme
Brazil Regional Office

REDE
CLIMA

INCT
PARA PLANEJAMENTO E POLÍTICAS

Versão em português coordenada pelo Escritório Regional do IGBP no Brasil
Revisão científica: Patrícia Pinho e Fabiano Scarpa
Revisão de linguagem: Ana Paula Soares
Edição, projeto e diagramação: Green Ink, UK (www.greenink.co.uk)